UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba - Faculdade de Odontologia

BRUNA LETÍCIA FANIELA MATARUCCO DE OLIVEIRA

ATUALIDADES DE CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO: REVISÃO DE LITERATURA

Araçatuba - SP
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba - Faculdade de Odontologia

BRUNA LETÍCIA FANIELA MATARUCCO DE OLIVEIRA

ATUALIDADES DE CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO: REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araçatuba, para a obtenção do título de Cirurgião-dentista.

Orientador: Profa. Dra. Ticiane Cestari Fagundes

Araçatuba - SP
2025

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me permitiu realizar este sonho e guiou cada etapa desta jornada. E para as mulheres que mais amo e admiro no mundo, minha mãe e minha irmã, sem o apoio de vocês essa conquista não seria possível. Gratidão por tudo!

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, toda honra, glória e gratidão. Obrigada, Senhor, por ser meu guia e meu refúgio em todos os momentos.

À minha orientadora, **Profa. Dra. Ticiane Cestari Fagundes**, agradecimento especial, por sua dedicação e orientação, por acreditar no meu potencial e compartilhar seus conhecimentos com tanta generosidade. Levarei para sempre os ensinamentos de profissionalismo que tive o privilégio de vivenciar ao seu lado. Muito obrigada por tudo!

Aos professores, **Prof. Dr. Caio César Pavani** e **Profa. Dra. Isis Almela Endo Hoshino**, meus sinceros agradecimentos pelo desenvolvimento e documentação do caso clínico, bem como pela gentileza de cedê-lo, contribuindo significativamente para o enriquecimento do meu trabalho.

À minha mãe, **Aparecida de Fátima Matarucco** e à minha irmã, **Fani Roberta Matarucco de Oliveira**, minha eterna gratidão por serem a minha base e por acreditarem nos meus sonhos. Essa conquista é fruto não só do meu esforço, mas também do amor e apoio incondicionais que recebo de vocês todos os dias. Obrigada por estarem sempre ao meu lado e por serem meu maior motivo de orgulho e inspiração.

Às minhas amigas, **Aisha Ravena Oliveira Dias Pinto** e **Ana Laura Ferreira Bortoleto**, meu mais sincero agradecimento por toda amizade, apoio e incentivo ao longo dessa jornada. A companhia de vocês tornou esse caminho mais leve e me mostrou o valor da verdadeira amizade. Levo cada uma de vocês no coração.

“Nada se cria sem um sonho. E nenhum sonho se realiza se não se acredita nele”

Bruna Lombardi

OLIVEIRA, B. L. F. M. de. **Atualidades de cimentos de ionômero de vidro: revisão de literatura.** 2025. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

RESUMO

O cimento de ionômero de vidro (CIV) é um material resultante da combinação entre ácidos poliméricos associados ao pó de vidro inorgânico. Desde a sua introdução em meados de 70 por Wilson e Kent, muitas foram as modificações em busca de aperfeiçoamentos em sua composição e propriedades. O CIV é amplamente utilizado em diversas áreas da Odontologia e seu sucesso se deve, principalmente, à liberação de flúor e sua biocompatibilidade, que configuram o caráter benéfico intrinsecamente ligado aos preceitos preventivos e de técnicas minimamente invasivas da odontologia restauradora. Tomando por base sua natureza físico-química e composição, se dá sua classificação em: cimentos convencionais, cimentos reforçados por partículas de metal, cimentos modificados por resina, cimentos de alta viscosidade e, ainda, cimentos híbridos de vidro. O propósito deste trabalho é revisar a literatura conceitual relacionada ao CIV, abordando tendências atuais de pesquisas, com enfoque na tecnologia híbrida de vidro, norteando o cirurgião-dentista em sua prática clínica. Assim como, descrever um caso clínico demonstrando a utilização do cimento híbrido de vidro, onde um paciente do sexo masculino, com 19 anos, apresentou-se à Faculdade de Odontologia de Araçatuba, insatisfeito com a estética do seu sorriso e com cárie dentária localizada nos dentes maxilares e mandibulares. Inicialmente, o paciente recebeu instruções sobre higiene bucal e adequação da dieta, com o objetivo de promover mudanças de hábitos que contribuam para a eficácia do tratamento a longo prazo. Posteriormente, as lesões cariosas foram removidas com colheres e curetas de dentina. Em sequência, foram feitos limpeza e condicionamento das cavidades. Para a restauração das lesões de cárie, foi utilizado material restaurador híbrido de vidro (Equia Forte, GC, Tóquio, Japão). O material restaurador apresentou comportamento clínico estável após 8 meses de acompanhamento. Conforme demonstrado na literatura, embora os CIVs apresentem limitações clássicas, como baixa resistência mecânica e estética insatisfatória, avanços significativos vêm sendo alcançados nos últimos anos. O sistema EQUIA Forte configura-se como uma importante inovação, desenvolvida com o objetivo de aprimorar as propriedades físicas iniciais desses materiais, sem abrir mão das vantagens inerentes aos CIVs convencionais. Dessa forma, os CIVs reafirmam sua relevância na prática odontológica contemporânea, especialmente por suas propriedades físico-químicas superiores, como a capacidade de recarga e a liberação contínua de flúor nas regiões adjacentes à sua aplicação, favorecendo a prevenção de cáries secundárias e promovendo a longevidade dos tratamentos.

Palavras chave: Caso Clínico. Cimento de ionômero de vidro. Cimento híbrido de vidro. Revisão de literatura.

OLIVEIRA, B. L. F. M. de. **Current developments in glass ionomer cements: literature review.** 2025. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

ABSTRACT

Glass ionomer cement (GIC) is a material resulting from the combination of polymeric acids associated with inorganic glass powder. Since its introduction in the mid-70s by Wilson and Kent, there have been many modifications in search of improvements in its composition and properties. GIC is widely used in several areas of Dentistry and its success is mainly due to the release of fluoride and its biocompatibility, which configure the beneficial character intrinsically linked to the preventive precepts and minimally invasive techniques of restorative dentistry. Based on their physical-chemical nature and composition, they are classified into: conventional cements, cements reinforced by metal particles, resin-modified cements, high viscosity cements and even hybrid glass cements. The purpose of this work is to review the conceptual literature related to GIC, addressing current research trends, with a focus on hybrid glass technology, guiding dentists in their clinical practice. As well as describing a clinical case report demonstrating the use of hybrid glass cement, in which a 19-year-old male patient came to the Araçatuba School of Dentistry dissatisfied with the aesthetics of his smile and with dental caries located in his maxillary and mandibular teeth. Initially, the patient received instructions on oral hygiene and dietary adjustment, with the aim of promoting changes in habits that would contribute to the long-term effectiveness of the treatment. Subsequently, the carious lesions were removed with dentine spoons and curettes. The cavities were then cleaned and etched. Glass hybrid restorative material (Equia Forte, GC, Tokyo, Japan) was used to restore the caries lesions. The restorative material showed stable clinical behavior after 8 months of follow-up. As demonstrated in the literature, although GICs have classic limitations, such as low mechanical resistance and unsatisfactory aesthetics, significant advances have been achieved in recent years. The EQUIA Forte system is an important innovation, developed with the aim of improving the initial physical properties of these materials, without giving up the advantages inherent to conventional GICs. In this way, GICs reaffirm their relevance in contemporary dental practice, especially due to their superior physicochemical properties, such as rechargeability and continuous release of fluoride in the regions adjacent to their application, favoring the prevention of secondary caries and promoting the longevity of treatments.

Keywords: Case report. Glass ionomer cement. Glass hybrid cement. Literature review.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caso clínico: condição clínica inicial 29
Figura 2 – Remoção das lesões cariosas com instrumento manual cortante 30
Figura 3 – Aspecto clínico imediato após a remoção das lesões cariosas 30
Figura 4 – Aplicação de ácido poliacrílico 31
Figura 5 – Lavagem da cavidade com bolinha de algodão e água.....31
Figura 6 – Secagem da cavidade com bolinha de algodão.....32
Figura 7 – Inserção do material restaurador (EQUIA Forte) 32
Figura 8 – Acomodação do material com espátula 33
Figura 9 – Aplicação de vaselina sólida 33
Figura 10 – Remoção de excessos com auxílio de hollemback 34
Figura 11 – Aplicação do EQUIA Forte Coat 34
Figura 12 – Resultado imediato 35
Figura 13 – Controle após 8 meses 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Requisitos ISO para Cimentos de Ionômero de Vidro de grau clínico..... 20

LISTA DE ABREVIATURAS

ART - Tratamento Restaurador Atraumático

CIV - Cimento de Ionômero de Vidro

FAS - Fluoro-aluminossilicato

HEMA - Hidroxietil Metacrilato

HT - *Hybrid Technology* (Tecnologia Híbrida)

HV-CIVs - Cimentos de Ionômero de Vidro de Alta Viscosidade

ISO - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)

MgO - Óxido de magnésio

NaF - Fluoreto de Sódio

RM-CIVs - Cimentos de Ionômero de Vidro Modificados por Resina

SiO_2 - Dióxido de silício

TiO_2 - Dióxido de titânio

ZnO - Óxido de zinco

ZrO_2 - Dióxido de zircônio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 OBJETIVOS 15
3 REVISÃO DE LITERATURA 16
3.1 Histórico 16
3.2 Propriedades do cimento de ionômero de vidro 18
3.3 Classificação do cimento de ionômero de vidro 20
3.4 Aplicações clínicas do cimento de ionômero de vidro e limitações 25
3.5 Avanços 27
4 DESCRIÇÃO DO CASO CLÍNICO 29
5 DISCUSSÃO 36
6 CONCLUSÃO 38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39

1 INTRODUÇÃO

A ascensão da busca por tratamentos restauradores dentais nas últimas décadas tem refletido em progressos significativos na ciência dos biomateriais, a fim de solucionar exigências tanto quanto à estética, como no correto desempenho clínico, com base em conceitos atuais associados a prática odontológica minimamente invasiva (Contreras et al., 2022).

A designação do termo biomaterial é atribuída a materiais que apresentam efeitos biológicos no tecido vivo quando em contato com o remanescente dentário, uma vez que possuem ou liberam moléculas capazes de inibir a adesão bacteriana ou impedir a formação de biofilme, além de induzirem a precipitação química de minerais como Flúor, Cálcio, dentre outros (Contreras et al., 2022). Como resultado, tem-se a promoção de uma resposta biológica ao elemento dental, o que reforça os fatores atrelados ao sucesso das restaurações dentais (Sonarkar, Purba, 2015).

O êxito em procedimentos restauradores se deve à três principais fatores: o primeiro é relativo ao paciente, haja vista a constância de desafios e variantes do ambiente bucal a que são expostos os materiais restauradores, como atividades bioquímicas e degradações por alterações térmicas e de pH (Demarco et al., 2012; Pallesen et al., 2014). O segundo diz respeito a execução correta da técnica por parte do operador. O terceiro e último fator, corresponde às propriedades mecânicas e físicas do material empregado (Demarco et al., 2012).

Os requisitos ideais de um material restaurador são representados pela passividade, estabilidade, ausência de interação inadequada com o ambiente circundante da cavidade bucal, boa resistência à compressão e tração para resistir às forças mastigatórias oclusais, e capacidade de mimetizar as propriedades ópticas das estruturas dentinárias o mais próximo possível (Rekow et al., 2013).

Diante disso, resina composta e cimento de ionômero de vidro (CIV) são os materiais odontológicos preconizados e de uso rotineiro para realizar restaurações diretas. Ambos apresentam atributos específicos que explicam sua popularidade e limitações (François et al., 2020).

O CIV consiste em um material composto por partículas inorgânicas de vidro dispersas em uma matriz insolúvel de hidrogel, desenvolvido por Wilson e Kent no ano de 1972, como uma proposta de evolução dos cimentos de silicato e policarboxilato

de zinco, resultando em um material com especificidades similares (Muniz et al., 2020).

Em comparação com as propriedades das resinas compostas, o CIV exibe quantidade inferior de retenção de biofilme, em razão de sua capacidade de liberar agentes como íons flúor, os quais interferem no processo cariogênico, modulando o biofilme quantitativa e qualitativamente (Svanberg et al., 1990; Fujimoto et al., 2010). Além disso, a viabilidade de inserção deste material em um único incremento nas cavidades minimiza a incorporação de bolhas, bem como, a contaminação entre camadas (Fronza et al., 2015).

Os CIVs são tidos como materiais restauradores autoadesivos graças a sua capacidade de estabelecer uma ligação química com os tecidos duros dentais (Perondi et al., 2014). Por tratar-se de um material quimicamente ativado, não apresenta problemas vinculados à contração de fotopolimerização, como a formação de fendas marginais e infiltração de bactérias, cruciais para o desenvolvimento de lesões cariosas secundárias (Kuper et al., 2014; Montagner et al., 2016).

Esta particularidade do CIV está atrelada, em especial, ao coeficiente de expansão térmica próximo ao da estrutura dentária, o que oportuniza alterações dimensionais similares ao elemento dental, produzindo menos tensões na interface e assegurando um efetivo selamento marginal, com diminuição da ocorrência de microinfiltração e seus possíveis desfechos (Contreras, 2022). Entretanto, os CIVs ainda têm sido insuficientes em seu desempenho estético devido sua alta opacidade e clínico devido à baixa resistência abrasiva, não se adequando em restaurações amplas, com alta carga mastigatória (Wilson, Lynch, 2013; Frankenberger et al., 2009).

A indústria odontológica em paralelo à literatura científica tem demonstrado uma tendência em relação à criação de novos materiais restauradores híbridos. A abordagem inovadora engloba a fusão das propriedades benéficas das resinas compostas, como estética, alta resistência mecânica e de união, combinadas aos CIVs e suas características autoadesiva, tolerância à umidade e liberação de íons (Klee et al., 2020). Como fruto desta, tem-se a variante resinosa e autoadesiva dos CIVs convencionais, obtida pela modificação por resina (RM-CIVs) e cujos testes e pesquisas vigentes evidenciaram boas características mecânicas (Imataki et al., 2019), além de valores razoáveis de resistência de união (Hung et al., 2019).

Com base no estudo realizado por François et al. (2020), foi considerada bioativa toda a família de ionômeros de vidro, incluindo formulações modificadas por resina e altamente viscosas.

O estudo dos materiais restauradores dentários e dos avanços nos biomateriais evidencia a importância de uma abordagem cada vez mais sofisticada e precisa na prática odontológica. O desenvolvimento e a aplicação de materiais que atendam as características biocompatíveis e funcionais, além dos requisitos estéticos, são essenciais para o sucesso das restaurações a longo prazo. A evolução dos materiais, como os ionômeros de vidro modificados por resina, mostra a busca continua por inovações, refletindo diretamente na qualidade do tratamento odontológico, promovendo uma estética mais natural. Portanto, o trabalho realizado nesse campo é crucial, pois a escolha adequada dos materiais restauradores impacta diretamente na qualidade, durabilidade e evolução dos tratamentos dos pacientes.

2 OBJETIVOS

O presente estudo é uma revisão de literatura conceitual relacionada ao CIV, abordando tendências atuais de pesquisas, com enfoque na tecnologia híbrida de vidro, norteando o cirurgião-dentista em sua prática clínica. Assim como, a descrição de um caso clínico utilizando-se uma nova formulação de CIVs, denominados cimentos híbridos de vidro.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Histórico

Os CIVs foram retratados na literatura primeiramente por Wilson, Kent em 1972. A contar desse tempo, os CIVs conquistaram popularidade e têm sido utilizados em diversas situações clínicas (Paradella, 2004).

Conforme o proposto pelas normas da *International Organization for Srandardization* – ISO, os CIVs devem ser nomeados como cimentos de polialcenoato (ISO; Genebra, Suiça: 2003). Todavia, o termo ionômero de vidro, atribuído pelos inventores (Wilson et al., 1971), é comumente utilizado e aceito na literatura científica (Mclean et al., 1994).

Pertencentes à classe de materiais conceituados como cimentos ácido-base, os CIVs são determinados pelo produto da reação de ácidos poliméricos fracos com vidros em pó de caráter básico. A presa se dá em soluções concentradas em água e a estrutura final apresenta uma porção considerável de vidro não reagido que funciona como carga para reforçar o cimento (Sidhu e Nicholson, 2016). A composição do pó é formada por três elementos indispensáveis: sílica (SiO_2), alumina (AlO_3) e fluoreto de cálcio (CaF_2). Já o líquido, constitui-se por uma solução aquosa de ácidos polialcenóicos com a integração de catalisadores de presa (Navarro et al., 2004).

Existem duas apresentações comerciais para esses materiais: uma mistura manual de pó-líquido ou uma cápsula pré-dosada que precisa ser vibrada mecanicamente (François et al., 2020).

Desde o início do seu desenvolvimento na década de 70, diversas foram as modificações em sua composição com o intuito de aperfeiçoar suas características clínicas (Spezzia, 2017). A mais antiga configuração do CIV foi inserida como cimentos poliacrílicos de aluminossilicato. Esses cimentos exibiam alta proporção de alumínio para sílica em sua composição em pó em comparação com os cimentos de silicato tradicionais. Adicionalmente, utilizavam também ácido poliacrílico, conhecido por ser um ácido mais fraco em relação ao ácido fosfórico usado em cimentos de silicato (Cattani-Lorente et al., 1993). Sua formulação originária já apresentava adesão às estruturas dentais e liberação de flúor, no entanto, resultou também em uma pasta que se espessava durante a manipulação, com prolongado tempo de presa e baixa resistência mecânica. Fato que levou a posterior incorporação do ácido tartárico, de

modo a aprimorar as propriedades físicas do CIV, que passou a apresentar maior tempo de trabalho e maior resistência mecânica e ao ataque ácido (Junior et al., 2022).

A forma pioneira de líquido utilizada para o CIV foi um homopolímero em que 50% de sua composição era à base de ácido poliacrílico. Entretanto, este sofreu uma reação de geleificação em razão à ligação de hidrogênio presente (Matsuya et al., 1996). O copolímero de ácido itacônico foi introduzido visando anular a reação de geleificação (Navarro et al., 2004).

O polímero influi sob as propriedades do CIV gerado a partir deles. Altos pesos moleculares intensificam a resistência do cimento endurecido, em contrapartida, dificultam a mistura por apresentar alta viscosidade. Desta forma, os pesos moleculares são escolhidos a fim de equiparar esses efeitos concorrentes. As propriedades de excelência são atingidas com pesos moleculares médios de 11.000 (média numérica) e 52.000 (média de massa), fornecendo polidispersidade de 4.7 (Fareed et al., 2014).

A busca constante por melhorias nas propriedades mecânicas do CIV impulsionou a inclusão de partículas de metais, zircônia e reforço por fibras de vidro ao material, com o propósito de aumentar a sua resistência ao desgaste e a fratura (Lohbauer et al., 2003). No ano de 1991, foram lançados no mercado os RM-CIVs, que, além da composição básica dos ionômeros convencionais, passaram a apresentar, como componente da sua constituição, o monômero HEMA (2-hidroxietil metacrilato) e o iniciador canforoquinona (Sidhu e Nicholson, 2016).

Posteriormente, com o surgimento da técnica restauradora atraumática (ART), houve a necessidade de refinamento das propriedades físicas dos CIVs convencionais, para se obter melhores resultados no uso em áreas sujeitadas a esforços mastigatórios. Com isso, foram desenvolvidos os CIVs de alta viscosidade (HV-CIVs), por meio do aumento na proporção pó-líquido do CIV convencional, exibindo partículas de menor tamanho e em maiores quantidades, que contribuem para o aumento da viscosidade e resistência a compressão do material (Navarro et al., 2004).

A formulação mais recente dos CIVs pertence à categoria dos cimentos híbridos de vidro, nos quais a matriz convencional é aprimorada com partículas vítreas ultrafinas e de alta reatividade, proporcionando melhorias significativas nas propriedades mecânicas e estéticas (Joshi; Heiss, 2021).

Apesar de contrastes em sua composição, notam-se propriedades químicas e físicas similares entre os CIVs (Mesquita et al., 2020).

3.2 Propriedades do ionômero de vidro

A seletiva de dado material implica na observância de suas propriedades (Silva et al., 2021). Assim sendo, as propriedades de destaque do CIV são: adesão aos tecidos mineralizados, coeficiente de expansão térmica linear similar a estrutura dental, liberação de flúor, resistência mecânica, biocompatibilidade, bioatividade e estética satisfatória, conferindo caráter preventivo e reabilitador ao elemento dental (Nicholson et al., 2020), além de inibir o metabolismo de microrganismos acidogênicos e retardar o progresso da lesão cariosa (Muniz et al., 2020).

A adesão envolve uma sequência de etapas, uma delas se trata da inserção da pasta de cimento recém-preparada que favorece a umidificação adequada da superfície dental, em virtude do caráter hidrofílico de ambos (Silva et al., 2021). Esta desenvolve-se de forma rápida pela ligação de hidrogênio entre os grupos carboxila livres presentes no cimento e a água aderida à superfície dentária. No entanto, tais ligações são substituídas por ligações iônicas legítimas resultantes da união entre cátions no dente e grupos funcionais aniônicos no cimento (Souza et al, 2020). De igual maneira, pode haver ligações entre os grupos carboxilato do ácido poliacrílico e a superfície do dente (Silva et al., 2021).

Os CIVs possuem coeficientes de expansão térmica muito próximos aos do elemento dental (Ferreira et al., 2018), fato que contribui para a manutenção do vedamento marginal e maior longevidade das restaurações realizadas (Navarro et al., 2004). Estudos apontam que esta particularidade é melhor nos CIVs convencionais em comparação aos RM-CIVs, os quais exibem valores similares aos do amálgama ou de resinas compostas híbridas (Oliveira et al., 2019).

É sabido que uma das singularidades principais do CIV está associada à absorção e liberação de flúor na cavidade oral (Silva et al., 2021). Estudos recentes apontam a capacidade do CIV em adquirir flúor de variadas fontes, e atuar como reservatório deste, o que permite sua constante liberação, prorrogando sua ação anticariogênica (Boaventura et al., 2017).

Nas primeiras 24 horas ocorre o chamado “efeito explosão”, que nada mais é do que a liberação de flúor em abundância, caracterizada pela dissolução do material e por troca iônica, por envolver fluoreto de sódio (NaF) em sua composição (Paradella, 2004).

A natureza combatente de cárie apresentada pelo flúor tem despertado grande interesse em pesquisas quanto ao mecanismo desta ação. É bastante provável a existência de um equilíbrio dinâmico entre o flúor solução e o flúor absorvido pela superfície dos cristais de esmalte, sendo o primeiro presente em líquidos para bochechos, e o segundo, atuante na inibição da desmineralização do esmalte. Para além disso, o flúor acelera a deposição mineral, transmuta a atividade metabólica da placa e, quando líquido, forma fluorapatita e fluoreto de cálcio, elementos com maior resistência à dissolução (Paradella, 2004). Relatos indicam integração constante do CIV com o esmalte adjacente, vinculado ao aumento de cálcio e fosfato na superfície, o que sugere uma “mineralização adicional” do material após o período de 2 a 3 anos em restaurações in vivo (Van Duinen et al., 2004). Além disso, uma mineralização adicional da estrutura dentária foi encontrada após 10 anos de acompanhamento clínico (Zanata et al., 2011).

Quanto à resistência mecânica, convêm ressaltar que as alterações sofridas pelos RM-CIVs a partir da inclusão de componentes fotopolimerizáveis (Fúcio et al., 2016), ocasionaram aumento da resistência à interação com a umidade e desidratação precoce, melhorando assim, as propriedades mecânicas, gerando maior estabilidade de cor e longevidade (Dornellas et al., 2018).

Cabe dizer que o CIV possui natureza biocompatível, haja vista a liberação de íons ativos, como fluoreto, fosfato, silicato e sódio, em meio aquoso circundante cujos níveis são biologicamente benéficos (Dornellas et al., 2018). Paralelamente, os CIVs têm capacidade de absorção de íons (Ferreira et al., 2018), como cálcio e fosfato, em meio a saliva natural, de forma a desenvolver uma superfície mais rígida (Machado et al., 2019).

As características estéticas e anatômicas foram radicalmente melhoradas a partir da incorporação de nanopartículas de vidro ou cerâmica à composição dos RM-CIVs, de modo a facilitar o polimento da superfície e possibilitar um maior índice de reflexão, o que não se alcançava com os CIVs convencionais (Muniz et al., 2020).

Atualmente, a norma ISO (ISO; Genebra, Suiça: 2003) para os CIVs provê valores mínimos para determinadas propriedades físicas. Tais valores são

apresentados na Tabela 1, e representam os de menor aceitação para que um material seja liberado no mercado.

O único tipo de resistência retratada pela norma ISO é a resistência à compressão, todavia, os CIVs possuem também resistência razoável à flexão. Assim como esperado, por ser um material composto, este tende a resistir à compressão, a qual é tipicamente melhor quando em proporções mais altas de pó: líquido e alta concentração de poliácido (Sidhu e Nicholson, 2016).

Tabela 1. Requisitos ISO para Cimentos de Ionômero de Vidro de grau clínico.

Propriedade	Cimento de Cimentação	Cimento Restaurador
Tempo de ajuste/min	2.5–8	2–6
Resistência à compressão/MPa	70 (mínimo)	100 (mínimo)
Erosão ácida (máximo)/mm $^{-1}$	-	0,05
Opacidade, $C_{0.70}$	-	0.35–0.90
As solúvel em ácido/mg kg $^{-1}$	2	2
Pb solúvel em ácido/mg kg $^{-1}$	100	100

Fonte: Adaptado de SIDHU e NICHOLSON, 2016

Vale pôr em evidência que as propriedades físicas do CIV estão diretamente ligadas a maneira como o cimento é preparado e fatores como a proporção entre pó e líquido, a concentração do poliácido, bem como o tamanho das partículas de pó de vidro são cruciais (Sidhu e Nicholson, 2016).

3.3 Classificação do ionômero de vidro

Os CIVs têm sua classificação segundo sua natureza ou aplicação clínica (Tagliaferro et al., 2017). Em relação à natureza, esses podem ser convencionais, uma vez compostos por pó de partículas de vidro e líquido poliacrílico. Reforçados por metais, se for adicionado ao pó convencional partículas de liga de amálgama ou prata. Modificados por resina, mediante a substituição parcial do líquido convencional por monômero de resina ou metacrilato, usualmente o hidroxietil metacrilato (HEMA)

(Dornellas et al., 2018). Há também os nomeados de alta viscosidade, que apresentam maior proporção pó-líquido e aumento do peso molecular do ácido poliacrílico (François et al., 2020), e ainda, cimentos híbridos de vidro, por meio da inclusão de partículas de vidro ultrafino e potencialmente reativo (Contreras, 2022).

O cirurgião-dentista deve ter ciência dessa classificação, facilitando sua escolha assertiva sobre o CIV a ser utilizado em sua prática clínica (Spezzia, 2017).

Os CIVs convencionais são assim nomeados por se apresentarem em sua forma clássica original. Sua produção é obtida a partir da reação ácido-base de uma mistura de pó-líquido. O líquido é formado por água e, em sua maior parte, por ácido poliacrílico (Wilson et al., 1971), além deste, outros poliácidos, como ácido tartárico, itacônico, maleico ou tricarbalílico também podem ser adicionados para modular a reação e propriedades reológicas do material (Hurrel-Gillinghan, et al., 2003; Sidhu e Nicholson, 2016). Já o pó, possui partículas de fluoroaluminossilicato (FAS) reativas básicas, entretanto, a depender da composição escolhida pelo fabricante, elementos como estrôncio, fosfato, zinco, cálcio e sódio podem ser também incorporados (Sidhu, 2011; Najeeb et al., 2016; Prabhakar et al., 2009).

A reação ácido-base tem seu início a partir da mistura entre o pó e o líquido, em sequência, a presa do material começa quando as partículas FAS são reagidas com a solução de poliácidos. Um gel silícico é parcialmente formado na superfície das partículas FAS. Ligações iônicas com grupos carboxílicos ionizados são formadas por meio da liberação de íons de cálcio, alumínio e flúor. Além disso, na água, estes íons (e eventualmente outros íons) são capazes de ser trocados com o ambiente oral (François et al., 2020). Esta reação de presa é muito lenta. Apesar de um tempo de trabalho relativamente curto, de alguns minutos, propriedades mecânicas aceitáveis carecem de mais tempo para serem alcançadas e são amplamente estabelecidas após 24h. A reação de presa se estende por várias semanas ou mesmo meses, o chamado processo de maturação (Nicholson, 1998; Pearson et al., 1991; Mitra et al., 1994; Zainuddin et al., 2009).

Com o objetivo de aumentar as propriedades mecânicas e a resistência do cimento, íons metálicos ou partículas metálicas, comumente prata, foram incorporadas ao pó, em distinção a composição convencional, resultando no CIV reforçado por metais. Estes eram empregados em superfícies com grande carga mastigatória e apresentavam melhor radiopacidade. Como produto dessas modificações surgiu os *Cermets*, porém, exibiam coloração semelhante ao amálgama,

o que configura desvantagem estética (Spezzia, 2017). Um pequeno número de pesquisas sobre esses materiais é encontrado na literatura (Paradella, 2004).

A fim de tornar melhor as propriedades mecânicas, bem como reduzir o tempo de presa e a sensibilidade do material à contaminação com água ou saliva, foi feita a adição de resina a composição, o que originou a variante RM-CIV. São adicionados ao líquido monômeros como o 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) e a canforoquinona como fotoiniciador (Kumari et al., 2019). A mistura do pó ao líquido desencadeia duas reações: uma reação ácido-base equivalente à dos CIVs convencionais, e uma reação de polimerização ativada por luz. Mesmo que ambas reações coexistam, estas competem entre si, de tal modo que quando se inicia a polimerização, a reação ácido-base é limitada (Logarde et al., 2018; Berzins et al., 2010; Roberts et al., 2015) e, simultaneamente, os monômeros HEMA não reagidos geram maior absorção de água em razão de sua hidrofilicidade (Mustafa et al., 2018).

Propriedades mecânicas, como a flexão, são aumentadas ao se comparar com as dos CIVs convencionais (Momoi et al., 1995; Peutzfeldt, 1996). Em contrapartida, a resistência ao desgaste em áreas de tensão mecânica se mantém baixa (De Gee et al., 1996). Os mecanismos de liberação e recarga de íons, em especial o flúor, são semelháveis aos CIVs convencionais e exibem um pico de liberação após a aplicação (Kumari et al., 2019; G Nigam et al., 2009; Mousavinasab et al., 2009). Apesar disso, a matriz de resina polimerizada restringe a troca iônica com o meio externo (G Nigam et al., 2009).

Visando o aumento da velocidade de reação, foram criados os HV-CIVs por meio da incorporação de pequenos enchimentos FAS. Houve um aumento da relação entre pó e líquido (Guggenberger et al., 1998; Yap et al., 2003; Young et al., 2004; Mitsuhashi et al., 2003; Prentice et al., 2005, Moshaverinia et al., 2011; De Caluwé et al., 2014), e do peso molecular do ácido poliacrílico (Wilson et al., 1989). A aplicação desse material é vinculada a um verniz fotopolimerizável que o isola do contato com o meio bucal durante a fase inicial da reação de presa, minimizando a sensibilidade as alterações do balanço hídrico (Zoergiebel et al., 2012; Bonifacio et al., 2011). Essas modificações proporcionam um aumento substancial da resistência à flexão e, por consequência, diminuem o risco de fratura coesiva do material, apontada como falha principal dos CIVs convencionais (Hesse et al., 2015; Van Gemert-Schriks et al., 2007; Xie et al., 2000). Atualmente, sua resistência ao desgaste é aceitável clinicamente (Diem et al., 2013).

São pertinentes aos HV-CIVs e CIVs convencionais os mesmos mecanismos de liberação e recarga de flúor, incluindo um pico de liberação no ato de sua aplicação, no entanto, o primeiro citado libera flúor em menor quantidade que seu precursor, o CIV convencional (Kumari et al., 2019; G Nigam et al., 2009). A liberação de íons é capaz de induzir a remineralização dos tecidos duros subjacentes como tem sido apontado em estudos in vitro (Pires et al., 2007; Watson et al., 2014; Neves et al., 2018; Massara et al., 2002; Corralo et al., 2013). Portanto, os HV-CIVs são amplamente utilizados em restaurações oclusais limitadas de Classe I e Classe II em adultos (Gurgan et al., 2020), restaurações cervicais (Boing et al., 2018), em crianças ou como base intermediária na técnica sanduíche (Magne et al., 2016).

Recentemente, a evolução dos CIVs ocorreu com um ionômero de vidro híbrido composto por uma nova tecnologia baseada na introdução de partículas de vidro ultrafino e potencialmente reativo, cuja finalidade é propiciar um material com melhores propriedades físicas, maior resistência ao desgaste e liberação de flúor, em comparação aos CIVs convencionais (Contreras., 2022).

A inovação da fórmula permite agilizar e melhorar a formação da matriz, fornecendo maior reforço, além de amplificar a disponibilidade de íons cálcio e fosfato, os quais detêm papel importante nos processos de remineralização e desmineralização das estruturas dentais (Contreras., 2022).

Esta inovação possui o nome comercial de EQUIA® Forte e tem seu uso recomendado para restaurações definitivas em cavidades profundas de classe I, classe V e até mesmo classe II, em virtude das melhorias em sua formulação (GC, Brazil, [2024]). O sistema atua conjuntamente com EQUIA Forte *Coat*, um material fotopolimerizável que confere textura superficial lisa e selada, com maior força e resistência ao desgaste, bem como aumenta o brilho, translucidez e estética da restauração (Contreras, 2022).

Estudos clínicos recentes foram elaborados com o propósito de comparar o sistema EQUIA Forte com diferentes tipos de resinas compostas em relação às taxas de sobrevivência, por meio da avaliação de restaurações confeccionadas em cavidades de classe II. Foram observadas taxas de sobrevivência em torno de 93,7% para restaurações feitas com o sistema EQUIA Forte, similares às taxas encontradas nas restaurações realizadas com resina composta (94,5%), num período de dois anos de avaliação (Gurgan et al., 2020; Miletić et al., 2020).

Segundo Koc Vural et al. (2020), as restaurações com o sistema EQUIA Forte realizadas em pacientes com lesões cervicais não cariosas (classe V) e bruxismo, demonstram comportamento clinicamente aceitável equivalente a uma resina composta nano-particulada (*Ceram X One Universal, Dentsply*) em período bienal.

A respeito da liberação de flúor, num estudo desenvolvido por Dasgupta et al. (2018), EQUIA Forte mostrou potencial superior em relação a outros materiais bioativos, como um CIV convencional (Fuji IX GP EXTRA, GC) e algumas resinas compostas com propriedades de liberação de flúor, atributo associado ao aumento da resistência à cárie secundária.

O sistema EQUIA Forte vem sendo apontado como material de restauração eficiente, com destaque para resistência à flexão e dureza superficial, bem como à compressão e fratura superiores ao seu antecessor, Fuji IX GP e ademais ionômeros de vidro comercializados (Moshaverinia et al., 2019).

Quanto a microdureza transversal, considerando amostras do sistema EQUIA Forte (EQUIA Forte Fil + EQUIA Forte Coat) em testes de imersão (ciclagem de pH, saliva e refrigerante) por um período quinzenal, apresentou bons resultados em relação a outros materiais de uso convencional (Oliveira et al., 2021).

Ademais, estudos tem apontado que esmalte e dentina em torno de cavidades restauradas com uso de EQUIA Forte obtiveram menor porcentagem de perda da microdureza superficial, provavelmente relacionado à sua composição (Contreras, 2022).

EQUIA Forte HT é um sistema restaurador híbrido de vidro, lançado em 2019, com a finalidade de melhorar ainda mais as propriedades estéticas de seu precursor, EQUIA Forte, apresentando maior translucidez. Tal característica se deve a redução do índice de refração, tornando-o mais compatível com a matriz (BinSaleh et al., 2023; GC Europe, 2020).

Em comparação ao seu antecessor (EQUIA Forte), o EQUIA Forte HT tem otimizada sua distribuição do tamanho de partículas e carregamento de matriz, com isso, obteve-se um aumento da resistência à flexão e à compressão. O tempo de extrusão aumentou enquanto o tempo de presa se manteve, facilitando o manuseio, uma vez que o profissional tem mais tempo para inserir o material e esculpir a restauração (GC Europe, 2020).

É recomendado o uso do EQUIA Forte HT nos seguintes casos: restaurações de classe I, II e V, restaurações intermediárias, construção de núcleo, alternativa ou

substituição ao amálgama, restauração de dentes com hipomineralização, restaurações para pacientes geriátricos, pediátricos e com alto risco de cárie (GC Europe, 2020).

O estudo conduzido por Kutuk et al. (2019), em relação ao desempenho do EQUIA Forte HT em restaurações de Classe II com suporte de estresse em dentes decíduos, conclui que esse supera em resistência e estética ao compósito microhíbrido (Gaenial Posterior, GC Corp., Tóquio, Japão) para dentes decíduos e permanentes.

Dentre os benefícios que podem ser citados, destacam-se: tolerância à umidade, que possibilita a restauração rápida e eficiente, enquanto o uso de isolamento absoluto é opcional, pois, devido à característica hidrofílica, tem melhor tolerância a umidade do ambiente oral e fluidos pulpares; resistência de longo prazo à microinfiltração por meio da ligação química à dentina, esmalte e cemento, criando uma estrutura rígida e estável; troca iônica com o meio bucal; coeficiente de expansão térmica próximo à estrutura do dente e baixa contração; mínima sensibilidade pós-operatória; translucidez melhorada para um aspecto mais natural (GC Europe, 2020).

Entretanto, são ainda escassos os estudos clínicos que autentiquem sucesso clínico referente a longevidade deste material (Balkaya, Arslan, 2020; Gurgan et al., 2020; Miletić et al., 2020; Koc Vural et al., 2020).

3.4 Aplicações clínicas do ionômero de vidro e limitações

Os CIVs são utilizados na odontologia para fins profiláticos e terapêuticos, tais como: ART, restauração de lesões cariosas, lesões cervicais não-cariosas, selamento de fóssulas e fissuras, forramento e bases de cavidades, cimentação de próteses, fixação de bráquetes ortodônticos e em especialidades endodônticas (Nicholson et al., 2020; Coelho et al., 2020; Paradella, 2004). Entretanto, a grande disponibilidade de marcas no mercado dificulta o selecionar de melhor material para dada situação clínica (Navarro et al., 2022).

Quando devidamente indicadas e executadas com o material correto, as restaurações feitas com o CIV não são mais consideradas temporárias. Seu uso tem sido promissor e democrático no ART, reduzindo tanto os riscos de contaminação quanto a geração de aerossóis (Navarro et al., 2022).

Algumas características dos CIVs têm sido primordiais para seu uso preventivo e restaurador na dentição infantil (Marakby et al., 2017). Estas aplicações se relacionam ao seu potencial anticariogênico, bacteriostático e remineralizador, promovendo estagnação do avanço da lesão cariosa e minimizando a chance de possível recidiva da cárie (cárie secundária) (Muniz, 2020), uma vez entendido que essa se comporta de modo peculiar na dentição decídua, tendo sua progressão acelerada em razão de menor quantidade de tecidos dentais e mineralização (Marthur, 2018). Os bons resultados também se associam ao fato de os dentes decíduos possuírem menor valor de dureza e de força aplicadas na mordida em comparação à do adulto, conferindo diferenças no desgaste entre decíduos e permanentes (Spezzia, 2017).

Além das propriedades citadas, a escolha do CIV para tratamento de indivíduos com alta propensão ao desenvolvimento de cárie (Paradella, 2004) se deve à sua atuação no reequilíbrio do pH do meio bucal, em virtude da liberação de íons em condições de maior acidificação salivar (Sidhu e Nicholson, 2016).

De acordo com Guimarães et al. (2017), tendo por base um caso clínico, o uso do CIV é apontado como opção de material adequado para capeamento pulpar indireto em cavidades profundas, em situações em que não há risco de exposição pulpar, em razão da liberação de fluoreto e consequente indução a remineralização do dente, além de atuar na redução da sensibilidade pós-operatória.

O CIV é um material de amplo uso em diversas especialidades odontológicas, mas tem sido requisitado em outras áreas médicas, sobretudo na otologia, para reparo de tímpano, implante coclear e outros, além de expansão de uso em cirurgias reconstrutivas ortopédicas (Muniz et al., 2020).

O artigo realizado por Navarro et al. (2022), objetivado pela reunião consensual à cerca das limitações de uso clínico dos CIVs convencionais, implica na determinação de propriedades do material, sendo considerada primária a resistência à compressão, microdureza, erosão ácida e liberação de flúor, e secundária, sua relação de contraste e parâmetro de translucidez.

Em comparação às restaurações feitas por amálgama e as feitas por CIVs, a literatura conclui que ambas sejam igualmente satisfatórias, em situações selecionadas (Dias et al., 2018; Mickenautsch, 2015). Todavia, em muitos países há uma gama de marcas CIV de baixo custo sendo vendidas como apropriadas para restaurações (Olegário et al., 2017; Moura et al., 2020), isto associado ao regulamento

de compra, tende à escolha de materiais de menor custo. Assim, ao validar cientificamente o desempenho clínico de um CIV restaurador, será priorizado sua qualidade e não seu preço (Navarro et al., 2022).

É importante mencionar que o CIV é dotado de limitações para uso clínico, como baixa resistência à tração e compressão, rugosidade, perda de contorno, desgaste em razão da escovação e alimentos abrasivos, é passível de fraturas, possui prolongado tempo de geleificação, além de questões estéticas por sua limitada translucidez (Muniz et al., 2020; Spezzia, 2017), sendo contraindicado para emprego em dadas situações.

Alguns aspectos, com o passar do tempo, podem prejudicar a estética e a durabilidade das restaurações, como: a colonização superficial por microorganismos, incrementando o biofilme; manchas e comprometimento do brilho da superfície restaurada (Kramer et al., 2003; Spezzia, 2017).

Para alcançar resultados mais eficazes, deve-se seguir à risca as orientações dos fabricantes em relação à proporção do material, sua manipulação, aplicação e proteção, evitando propriedades não favoráveis, como a sinérese (perda de água) e embebição (ganho de água), as quais resultam em alterações de dimensão, comprometimento das propriedades mecânicas e surgimento de fissuras (Marakby, et al 2017; Nicholson et al., 2020). Para proteger a superfície são aplicados vernizes do próprio cimento ou cavitários, sistemas adesivos, vaselina ou esmalte cosmético (Ferreira et al., 2018).

3.5 Avanços

A nanotecnologia é compreendida como uma ciência e engenharia de sistemas funcionais baseada na escala nanométrica (um bilionésimo de metro), desse modo, quando um material apresenta tamanho dimensional inferior a 100nm, diz-se que esse é um nanomaterial (Elkassas e Arafa, 2017).

A implementação dessa tecnologia no contexto odontológico tem como principal objetivo a reprodução da arquitetura dos tecidos naturais perdidos, o mais próximo possível, por meio da adaptação de biomateriais dentários, além de oferecer atividade antimicrobiana (Pokrowiecki et al., 2018). Isso se deve ao fato de as nanopartículas possuírem comprovada ação potencialmente antimicrobiana contra o biofilme bacteriano, em razão da presença de uma grande área superficial e elevada

densidade de carga, a qual os íons das nanopartículas, quando em contato com os microrganismos, promovem efeito germicida (Naguib et al., 2023).

Cabe ainda dizer, que o emprego da nanotecnologia na odontologia é amplamente diversificado e abrange diferentes áreas, como: diagnóstico e prevenção, materiais odontológicos e prótese dentária, implantodontia, periodontia, endodontia, odontologia conservadora e estética e odontologia regenerativa (Alkahtani, 2018).

Estudos vigentes apontam que a associação de nanopartículas de óxidos metálicos e metaloides, como TiO_2, ZnO, MgO, Al_2O_3, ZrO_2, SiO_2, bem como a adição de nanopartículas de apatita em CIVs convencionais, resulta em melhoria nas propriedades mecânicas e biológicas do material, a saber: redução da colonização bacteriana em restaurações dentais, aumento da resistência à compressão e desgaste, aumento da flexibilidade, maior estabilidade química e durabilidade, além de um aumento na liberação de fluoreto (Xia et al., 2008; Swetha et al., 2019; Gjorgievska et al., 2015; Sadat-Shojai et al., 2010; Najeeb et al., 2016).

No entanto, apesar de existirem vários exemplares de estudos laboratoriais a respeito da influência positiva da incorporação de nanomateriais aos CIVs, escassos são os ensaios clínicos que validem esses resultados na prática odontológica (Silva et al., 2024).

Concomitantemente, foram também explorados os efeitos da adição de partículas bioativas à composição dos CIVs, visando aprimorar características prévias ou a incorporação de novas propriedades (Khoroushi et al., 2013). Uma das principais vantagens dessa união está atrelada ao uso de vidro bioativo, o qual, uma vez aliado a materiais como cimentos e hidrogéis, é capaz de estimular a proliferação celular, a regeneração do tecido, reduz a necessidade de procedimentos invasivos e atua na prevenção e tratamento de lesões de cárie (Silva et al., 2024).

Algumas pesquisas apontam que os CIVs modificados com vidro bioativo e quitosana exibem maior potencial osteogênico em comparação aos resultados observados com o CIV convencional. Contudo, ainda não suficientes considerando sua resistência mecânica (Ranjani et al., 2021).

Diante o exposto, essas inovações poderão aprimorar o desempenho clínico dos CIVs em suas múltiplas aplicações no cenário odontológico e a tendência é de que estas continuem a transformar a prática da odontologia, possibilitando tratamentos restauradores duradouros, estéticos e funcionais, com benfeitorias tanto para os profissionais quanto para os pacientes.

4 DESCRIÇÃO DO CASO CLÍNICO

Um paciente do sexo masculino, com 19 anos, apresentou-se à Faculdade de Odontologia de Araçatuba, insatisfeito com a estética do seu sorriso e com cárie dentária localizada nos dentes maxilares e mandibulares (Figura 1). O mesmo relatou que havia passado por tratamento ortodôntico e devido ao desenvolvimento das lesões cariosas, este foi interrompido há dois anos.

Figura 1 – Caso clínico: condição clínica inicial.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Condição clínica inicial.

Durante o exame clínico, observou-se higiene bucal deficitária, que, em conjunto com dieta rica em açúcares e carboidratos, classifica o paciente como portador de alto risco para cárie. Desse modo, diante das opções terapêuticas disponíveis, definiu-se que a primeira etapa do tratamento consistiria na redução do risco de cárie e na restauração das lesões cariosas identificadas.

Inicialmente, o paciente recebeu instruções sobre higiene bucal e adequação da dieta, com o objetivo de promover mudanças de hábitos que contribuam para a eficácia do tratamento a longo prazo.

Posteriormente, as lesões cariosas foram removidas com colheres e curetas, sem muita pressão (Figura 2), realizando a remoção seletiva do tecido cariado, visando a máxima preservação da estrutura dentária (Figura 3). Em sequência, foi aplicado ácido poliacrílico 20% (Cavity Conditioner, GC, Tóquio, Japão) para limpeza

e condicionamento das cavidades (Figura 4), seguido de lavagem da cavidade com água (Figura 5), e secagem (Figura 6).

Figura 2 – Remoção das lesões cariosas com instrumento manual cortante.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Remoção das lesões cariosas com instrumento manual cortante.

Figura 3 – Aspecto clínico imediato após a remoção das lesões cariosas.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Aspecto clínico imediato após a remoção das lesões cariosas.

Figura 4 – Aplicação de ácido poliacrílico.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Aplicação de ácido poliacrílico na cavidade com bolinha de algodão e pinça.

Figura 5 – Lavagem da cavidade com bolinha de algodão e água.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Lavagem da cavidade com auxílio de bolinha de algodão e pinça.

Figura 6 – Secagem da cavidade com bolinha de algodão.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Secagem da cavidade com auxílio de bolinha de algodão e pinça.

Para a restauração das lesões de cárie, foi utilizado material restaurador híbrido de vidro (Equia Forte, GC, Tóquio, Japão). Após a inserção do material na cavidade em um único incremento (Figura 7), foi realizada a acomodação com espátula de resina (Figura 8), aplicação de vaselina sólida com auxílio de um microbrush (Figura 9) e remoção do excesso com Hollemback (Figura 10). Para melhorar as propriedades do material e seguindo as recomendações do fabricante, o Equia Forte Coat (Equia Forte Coat, GC, Tóquio, Japão) foi aplicado na superfície da restauração (Figura 11) e fotoativado (Valo, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) por 20 segundos.

Figura 7 – Inserção do material (EQUIA Forte).

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Inserção do material restaurador (EQUIA Forte) na cavidade.

Figura 8 – Acomodação do material com espátula.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Acomodação do material restaurador com espátula de resina.

Figura 9 – Aplicação de vaselina.

Fonte: Prof, Dr. *Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino*.
Legenda: Aplicação de vaselina sólida com auxílio de microbrush.

Figura 10 – Remoção dos excessos com auxílio de hollemback.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Remoção dos excessos de material restaurador com auxílio de hollemback.

Figura 11 – Aplicação do Equia Forte Coat.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Aplicação do material protetor de superfície (EQUIA Forte Coat) com auxílio de microbrush.

Uma vez realizados os procedimentos de remoção e restauração de todas as lesões de cárie (Figura 12), o paciente passou a ser mensalmente monitorado e constantemente retomadas as orientações preventivas de higiene bucal e dieta. Em ação complementar aos seus cuidados diários, foi prescrito uso de enxaguante bucal de fluoreto (Solução de Fluoreto de Sódio 0,05%, Farmácia Apothicário, Araçatuba-SP, Brasil).

Após 8 meses de controle, o EQUIA Forte Coat foi reaplicado na superfície das restaurações (Figura 13).

Figura 12 – Resultado imediato.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Aspecto clínico imediato após finalização das restaurações.

Figura 13 – Controle após 8 meses.

Fonte: Prof. Dr. Caio César Pavani e Profª Drª. Isis Almela Endo Hoshino.
Legenda: Aspecto clínico após 8 meses de acompanhamento.

5 DISCUSSÃO

Pesquisas apontam que os procedimentos ortodônticos estão relacionados a um aumento na suscetibilidade ao desenvolvimento de lesões cariosas. Esse fenômeno pode ser atribuído à utilização de dispositivos ortodônticos, os quais dificultam a higienização bucal e, consequentemente, promovem o acúmulo de biofilme bacteriano. Ademais, a maioria dos indivíduos que passam por tratamento ortodôntico são adolescentes, um grupo etário com maior tendência à baixa adesão às práticas de controle e prevenção do acúmulo de placa (Chaussain et al., 2010).

Sob a perspectiva cariológica, torna-se essencial, primeiramente, identificar os pacientes com maior predisposição ao risco antes do início da terapia ortodôntica. Em seguida, faz-se necessário implementar um programa preventivo individualizado, fundamentado na vulnerabilidade específica de cada paciente (Baeshen et al., 2019).

Nessa perspectiva, o ART constitui a estratégia terapêutica de primeira escolha, uma vez que representa um modelo de cuidado odontológico que integra a intervenção minimamente invasiva a métodos educativos e preventivos no controle da cárie dentária. O princípio do ART fundamenta-se na remoção do tecido dentário acometido por cárie por meio exclusivo de instrumentos manuais cortantes, seguida da restauração e selamento das fissuras adjacentes à lesão com um material restaurador adesivo, o CIV (Navarro et al., 2004).

Os CIVs possuem características distintivas que, ao longo dos anos, os consolidaram como o material preferencial tanto para a aplicação de selantes quanto para a realização de restaurações pelo método do ART. Dentre essas propriedades, destaca-se a adesão química ao esmalte e à dentina, tempo de presa adequado, baixa contração de polimerização, efeito cariostático, potencial remineralizador e a não exigência de eletricidade para sua aplicação (Brasil, 2024).

Na abordagem do ART, os CIVs mais utilizados são os quimicamente ativados, classificados como de alta viscosidade, disponíveis tanto na forma de pó e líquido quanto na versão encapsulada. Os materiais encapsulados apresentam a vantagem de minimizar erros operatórios, uma vez que garantem a proporção exata entre pó e líquido, além de padronizar o processo de espatulação (Brasil, 2024).

Mais recentemente, surgiram no mercado os chamados híbridos de vidro, que também são indicados para selantes e restaurações do ART. Esses materiais

preservam as propriedades benéficas dos CIVs convencionais, mas oferecem melhorias significativas em termos de resistência mecânica e durabilidade frente ao desgaste e à erosão. Isso é possível devido à incorporação de partículas de vidro de maior dimensão combinadas com cargas ultrafinas e altamente reativas, que reforçam a estrutura da restauração (Brasil, 2024). Entre esses materiais inovadores, o sistema EQUIA Forte tem se destacado como uma solução eficiente no contexto do ART, proporcionando restaurações com maior longevidade e resistência ao desgaste, tornando-se, assim, uma excelente opção terapêutica para o manejo da cárie dentária em pacientes ortodônticos.

Estudos clínicos têm demonstrado os bons resultados desse material na aplicação do ART, evidenciando altas taxas de sobrevivência em restaurações oclusoproximais em dentes molares decíduos, em comparação aos compósitos de resina Riva Self Cure (RSC) e Giomer - GCR (Beautifil Bulk Restorative ® - Shofu Inc), por um período de 24 meses de observação. Foram encontradas taxas de sobrevivência de 45% a 58,1% para as restaurações feitas com os materiais EQUIA Forte (Equia Forte ® - GC Corp), em comparação às taxas de sobrevivência de 32% e 49,1% para as restaurações realizadas com os compósitos de resina RSC e GCR, respectivamente (Garbim et al., 2024; Pássaro et al., 2022).

Em dentes permanentes, o cimento híbrido de vidro alcançou taxa de sucesso de 81,9% em molares com restaurações de classe II, após 5 anos de acompanhamento clínico (Milétic et al, 2024). Altas taxas de sucesso também foram encontradas após 1 ano de acompanhamento clínico em restaurações classe I (Uyumaz et al., 2023).

De acordo com ensaios clínicos em que foram realizadas restaurações em cavidades de classe II utilizando duas versões de cimentos híbridos de vidro (Equia Fil e EQUIA Forte Fil), foram evidenciadas taxas de sucesso de 90 a 97%, com base em critérios distintos de avaliação para o cimento híbrido de vidro, após 2 anos de acompanhamento clínico (Menezes-Silva et al., 2021; Molina et al., 2020; Rozniatowski et al., 2021).

Vale ressaltar, que o caso clínico apresentado assim como estudos clínicos precisam ser avaliados a longo prazo para ser possível estimar a longevidade dessa nova categoria de CIV.

6 CONCLUSÃO

Os CIVs, portanto, representam materiais de grande relevância na prática clínica, considerando suas propriedades físico-químicas superiores, como a capacidade de recarga e a liberação contínua de flúor nas regiões adjacentes à sua aplicação. Essa característica contribui para a prevenção da progressão da cárie, conferindo ao material versatilidade e eficácia. Para a obtenção de melhores resultados clínicos, é essencial que o profissional se mantenha constantemente atualizado, acompanhando as pesquisas mais recentes que embasem a adoção de protocolos clínicos corretos e eficazes. O domínio das propriedades, particularidades e técnicas adequadas de utilização dos materiais é fundamental para a excelência na prática odontológica. Nesse contexto, o cimento híbrido de vidro surge como uma evolução promissora dos CIVs convencionais, demonstrando comportamento estável quando empregado na técnica ART, mesmo após oito meses de acompanhamento clínico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKAHTANI, R. N. The implications and applications of nanotechnology in dentistry: A review. **The Saudi dental journal**, v. 30, n. 2, p. 107–116, 2018.

BAESHEN, H. A. et al. Dental caries and risk factors in Swedish adolescents about to start orthodontic treatment with fixed appliances. **The journal of contemporary dental practice**, v. 20, n. 5, p. 537–542, 2019.

BALKAYA, H.; ARSLAN, S. A two-year clinical comparison of three different restorative materials in Class II cavities. **Operative dentistry**, v. 45, n. 1, p. E32–E42, 2020.

BERZINS, D. W. et al. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. **Journal of dental research**, v. 89, n. 1, p. 82–86, 2010.

BINSALEH, S. et al. Evaluation of the shear bond strength of a tricalcium silicate-based material to four self-adhering glass ionomer materials: an in vitro study. **Frontiers in pediatrics**, v. 11, p. 1303005, 2023.

BOAVENTURA, J. M. C. et al. Importância da biocompatibilidade de novos materiais: revisão para o cimento de ionômero de vidro. **Revista de odontologia da UNICID**, v. 24, n. 1, p. 42, 2017.

BOING, T. F. et al. Are glass-ionomer cement restorations in cervical lesions more long-lasting than resin-based composite resins? A systematic review and metaanalysis. **The journal of adhesive dentistry**, v. 20, n. 5, p. 435–452, 2018.

BONIFÁCIO, C. C.; WERNER, A.; KLEVERLAAN, C. J. Coating glass-ionomer cements with a nanofilled resin. **Acta odontologica Scandinavica**, v. 70, n. 6, p. 471–477, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Saúde Indígena. Departamento de Atenção Primária à Saúde Indígena. Tratamento Restaurador Atraumático (ART) [recurso eletrônico]. **Brasília: Ministério da Saúde**, 2024. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/tratamentorestauradoratraumatico.pdf . Acesso em: 4 mar. 2025.

CATTANI-LORENTE, M.-A.; GODIN, C.; MEYER, J. M. Early strength of glass ionomer cements. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 9, n. 1, p. 57–62, 1993.

CHAUSSAIN, C. et al. Interest in a new test for caries risk in adolescents undergoing orthodontic treatment. **Clinical oral investigations**, v. 14, n. 2, p. 177–185, 2010.

COELHO, C. S. et al. Evolução da técnica odontológica do tratamento restaurador atraumático. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e74932439, 2020.

CONTRERAS, S.C.M. Restaurações diretas com materiais bioativos: observações clínicas, in vitro e revisão sistemática. São José dos Campos: [s.n.], 2022.

CORRALO, D. J.; MALTZ, M. Clinical and ultrastructural effects of different liners/restorative materials on deep carious dentin: a randomized clinical trial. **Caries research**, v. 47, n. 3, p. 243–250, 2013.

DASGUPTA, S. et al. Comparative evaluation of fluoride release and recharge potential of novel and traditional fluoride-releasing restorative materials: An in vitro study. **Journal of conservative dentistry: JCD**, v. 21, n. 6, p. 622–626, 2018.

DE CALUWÉ, T. et al. The influence of particle size and fluorine content of aluminosilicate glass on the glass ionomer cement properties. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 30, n. 9, p. 1029–1038, 2014.

DE GEE, A. J. et al. Early and long-term wear of conventional and resin-modified glass ionomers. **Journal of dental research**, v. 75, n. 8, p. 1613–1619, 1996.

DEMARCO, F. F. et al. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 28, n. 1, p. 87–101, 2012.

DIAS, A. G. A. et al. Clinical performance of glass ionomer cement and composite resin in Class II restorations in primary teeth: A systematic review and meta-analysis. **Journal of dentistry**, v. 73, p. 1–13, 2018.

DIEM, V. T. K. et al. The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. **Clinical oral investigations**, v. 18, n. 3, p. 753–759, 2014.

DORNELLAS, A. P. et al. Molar decíduo infraocluido: Relato de um caso restaurado com cimento ionômero de vidro encapsulado, um ano de acompanhamento. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 2, p. 124, 2018.

ELKASSAS, D.; ARAFA, A. The innovative applications of therapeutic nanostructures in dentistry. **Nanomedicine: nanotechnology, biology, and medicine**, v. 13, n. 4, p. 1543–1562, 2017.

EQUIA® FORTE. **GC Brazil**, [2024]. Disponível em: <https://gcbrazil.dental/producto/equia_forte>. Acesso em: 05 nov. 2024.

FAREED, M. A.; STAMBOULIS, A. Nanoclay addition to a conventional glass ionomer cements: Influence on physical properties. **European journal of dentistry**, v. 8, n. 4, p. 456–463, 2014

FERREIRA, M. S. et al. Avaliação dos agentes protetores para restaurações com cimento de ionômero de vidro. **Clínica e Pesquisa em Odontologia – UNITAU**, v. 9, n. 1, p. 25, 2018.

FRANCOIS, P. et al. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: A review and a proposal for classification. **Materials**, v. 13, n. 10, p. 2313, 2020.

FRANKENBERGER, R.; GARCIA-GODOY, F.; KRÄMER, N. Clinical performance of viscous glass ionomer cement in posterior cavities over two years. **International journal of dentistry**, v. 2009, p. 781462, 2009.

FREITAS, M. C. C. DE A. et al. Randomized clinical trial of encapsulated and hand-mixed glass-ionomer ART restorations: one-year follow-up. **Journal of applied oral science**, v. 26, n. 0, 2018.

FRONZA, B. M. et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 31, n. 12, p. 1542– 1551, 2015.

FÚCIO, S. B. P. et al. Streptococcus mutans biofilm influences on the antimicrobial properties of glass ionomer cements. **Brazilian dental journal**, v. 27, n. 6, p. 681–687, 2016.

FUJIMOTO, Y. et al. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. **Dental materials journal**, v. 29, n. 4, p. 392–397, 2010.

GARBIM, J. R. et al. 2-year survival and cost analysis of occlusoproximal ART restorations using encapsulated glass ionomer cement in primary molars: a randomized controlled trial. **BMC oral health**, v. 24, n. 1, p. 647, 2024.

GC EUROPE N.V. *EQUIA Forte HT: guia abrangente*. Leuven, Bélgica: **GC Europe N.V.**, 2020. Disponível em: https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/equiaforteht/manual/MAN_Comprehensive_Guide_EQUIA_Forte_HT.pdf. Acesso em: 05 nov. 2024.

GJORGIEVSKA, E. et al. The incorporation of nanoparticles into conventional glass-ionomer dental restorative cements. **Microscopy and microanalysis: the official journal of Microscopy Society of America, Microbeam Analysis Society, Microscopical Society of Canada**, v. 21, n. 2, p. 392–406, 2015.

G NIGAM, A. et al. Estimation of fluoride release from various dental materials in different media-an in vitro study. **International journal of clinical pediatric dentistry**, v. 2, n. 1, p. 1–8, 2009.

GUIMARÃES, P. C. F. et al. Proteção do complexo dentino-pulpar: capeamento pulpar indireto com ionômero de vidro (relato de caso). **Revista Saúde Multidisciplinar - FAMA Mineiros/GO**, v. IV, n. 1, p. 217-226, 2017.

GUGGENBERGER, R.; MAY, R.; STEFAN, K. P. New trends in glass-ionomer chemistry. **Biomaterials**, v. 19, n. 6, p. 479–483, 1998.

GURGAN, S. et al. Clinical performance of a glass hybrid restorative in extended size Class II cavities. **Operative dentistry**, v. 45, n. 3, p. 243–254, 2020.

HESSE, D. et al. Bilayer technique and nano-filled coating increase success of approximal ART restorations: a randomized clinical trial. **International journal of paediatric dentistry**, v. 26, n. 3, p. 231–239, 2016.

HIRANI, R. T.; BATRA, R.; KAPOOR, S. Comparative evaluation of postoperative sensitivity in bulk fill restoratives: A randomized controlled trial. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, v. 8, n. 6, p. 534– 539, 2018.

HUNG, C.-Y. et al. Shear bonding strength and thermal cycling effect of fluoride releasable/rechargeable orthodontic adhesive resins containing LiAl-F layered double hydroxide (LDH) filler. **Materials**, v. 12, n. 19, p. 3204, 2019.

HURRELL-GILLINGHAM, K. et al. Devitrification of ionomer glass and its effect on the in vitro biocompatibility of glass-ionomer cements. **Biomaterials**, v. 24, n. 18, p. 3153–3160, 2003.

IMATAKI, R. et al. Mechanical and functional properties of a novel apatiteionomer cement for prevention and remineralization of dental caries. **Materials**, v. 12, n. 23, p. 3998, 2019.

ISO 9917-1:2007. Odontologia — Cimentos à base de água — Parte 1: Cimentos ácido-base em pó/líquido. **ISO**; Genebra, Suíça: 2003.

JUNIOR, L. V. B. et al. Cimento de ionômero de vidro: revisão de literatura / Glass ionomer cement: literature review. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 2, p. 6893–6902, 2022.

JOSHI, G.; HEISS, M. Glass-hybrid technology for long-term restorations. **Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)**, v. 42, n. Suppl 1, p. 2–5, 2021.

KHOROUSHI, M.; KESHANI, F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. **Dental research journal**, v. 10, n. 4, p. 411–420, 2013

KLEE, J. E.; RENN, C.; ELSNER, O. Development of novel polymer technology for a new class of restorative dental materials. **The journal of adhesive dentistry**, v. 22, n. 1, p. 35–45, 2020.

KOC VURAL, U. et al. Twenty-four-month clinical performance of a glass hybrid restorative in non-carious cervical lesions of patients with bruxism: a split-mouth, randomized clinical trial. **Clinical oral investigations**, v. 24, n. 3, p. 1229–1238, 2020.

KRAMER, P. F. et al. Grau de infiltração marginal de duas técnicas restauradoras com cimento de ionômero de vidro em molares decíduos: estudo comparativo " in vitro. **Journal of applied oral science**, v. 11, n. 2, p. 114–119, 2003.

KUMARI, P. D. et al. Factors influencing fluoride release in atraumatic restorative treatment (ART) materials: A review. **Journal of oral biology and craniofacial research**, v. 9, n. 4, p. 315–320, 2019.

KUPER, N. K. et al. Gap size and wall lesion development next to composite. **Journal of dental research**, v. 93, n. 7 Suppl, p. 108S-113S, 2014.

KUTUK, Z. B. et al. Mechanical performance of a newly developed glass hybrid restorative in the restoration of large MO Class 2 cavities. **Nigerian journal of clinical practice**, v. 22, n. 6, p. 833–841, 2019.

LOHBAUER, U. et al. Reactive fibre reinforced glass ionomer cements. **Biomaterials**, v. 24, n. 17, p. 2901–2907, 2003.

MACHADO, K. D. D. S. et al. Efeito da Manipulação e Proporção Pó e Líquido do Cimento de Ionômero de Vidro Reforçado com Zinco na Rugosidade Superficial Parte 1. **Revista Ciências e Odontologia**, v. 3, n. 1, p. 20–24, 2019.

MAGNE, P. et al. Fatigue resistance and crack propensity of novel “super-closed” sandwich composite resin restorations in large MOD defects. **The international journal of esthetic dentistry**, v. 11, n. 1, p. 82–97, Primavera 2016.

MARAKBY, A. et al. Evaluation of Anti-Cariogenic Properties among Four Types of Glass Ionomer Cements. **Journal of Oral Dental Health**, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2017.

MASSARA, M. L. A.; ALVES, J. B.; BRANDÃO, P. R. G. Atraumatic restorative treatment: clinical, ultrastructural and chemical analysis. **Caries research**, v. 36, n. 6, p. 430–436, 2002.

MATHUR, V. P.; DHILLON, J. K. Dental caries: A disease which needs attention. **Indian journal of pediatrics**, v. 85, n. 3, p. 202–206, 2018.

MATSUYA, S.; MAEDA, T.; OHTA, M. IR and NMR analyses of hardening and maturation of glass-ionomer cement. **Journal of dental research**, v. 75, n. 12, p. 1920–1927, 1996.

MCLEAN, J. W.; NICHOLSON, J. W.; WILSON, A. D. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. **Quintessence international**, v. 25, n. 9, p. 587–589, 1994.

MENEZES-SILVA, R. et al. A prospective and randomized clinical trial evaluating the effectiveness of ART restorations with high-viscosity glass-ionomer cement versus conventional restorations with resin composite in Class II cavities of permanent teeth: two-year follow-up. **Journal of applied oral science**, v. 29, p. e20200609, 2021.

MESQUITA, D. C. M. et al. Perfilometria dimensional do cimento de ionômero de vidro frente aos diferentes ph e tempos de armazenamento. **Revista Ciências e Odontologia**, v. 4, n. 2, p. 44–50, 2020.

MICKENAUTSCH, S. Are high-viscosity glass-ionomer cements inferior to silver amalgam as restorative materials for permanent posterior teeth? A Bayesian analysis. **BMC oral health**, v. 15, n. 1, 2015.

MILETIĆ, I. et al. Clinical performance of a glass-hybrid system compared with a resin composite in the posterior region: Results of a 2-year multicenter study. **The journal of adhesive dentistry**, v. 22, n. 3, p. 235–247, 2020.

MILETIĆ, I. et al. Clinical performance of a glass-hybrid system in comparison with a resin composite in two-surface class II restorations: a 5-year randomised multi-centre study. **Clinical oral investigations**, v. 28, n. 1, p. 104, 2024.

MITRA, S. B.; KEDROWSKI, B. L. Long-term mechanical properties of glass ionomers. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 10, n. 2, p. 78–82, 1994.

MITSUHASHI, A.; HANAOKA, K.; TERANAKA, T. Fracture toughness of resinmodified glass ionomer restorative materials: effect of powder/liquid ratio and powder particle size reduction on fracture toughness. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 19, n. 8, p. 747–757, 2003.

MOLINA, G. F. et al. Randomized controlled trial of class II ART high-viscosity glass-ionomer cement and conventional resin-composite restorations in permanent dentition: Two-year survival. **The journal of adhesive dentistry**, v. 22, n. 6, p. 555–565, 2020.

MOMOI, Y. et al. Flexural properties of resin-modified “hybrid” glass-ionomers in comparison with conventional acid-base glass-ionomers. **Dental materials journal**, v. 14, n. 2, p. 109–119, 1995.

MONTAGNER, A. F. et al. Behavior of failed bonded interfaces under in vitro cariogenic challenge. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 32, n. 5, p. 668–675, 2016.

MOSHAVERINIA, A. et al. A review of powder modifications in conventional glassionomer dental cements. **Journal of materials chemistry**, v. 21, n. 5, p. 1319–1328, 2011.

MOSHAVERINIA, M. et al. Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material. **The journal of prosthetic dentistry**, v. 122, n. 2, p. 154–159, 2019.

MOURA, M. S. DE et al. Does low-cost GIC have the same survival rate as high-viscosity GIC in atraumatic restorative treatments? A RCT. **Brazilian oral research**, v. 33, p. e125, 2020.

MOUSAVINASAB, S. M.; MEYERS, I. Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. **Dental research journal**, v. 6, n. 2, p. 75–81, Outono 2009.

MUNIZ, A. B. et al. Cimento de ionômero de vidro em odontopediatria: revisão narrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 12, n. 10, p. e3853, 2020.

MUSTAFA, R.; ALSHALI, R. Z.; SILIKAS, N. The effect of desiccation on water sorption, solubility and hygroscopic volumetric expansion of dentine replacement materials. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 34, n. 8, p. e205–e213, 2018.

NAGUIB, G. et al. Influence of inorganic nanoparticles on dental materials' mechanical properties. A narrative review. **BMC oral health**, v. 23, n. 1, p. 897, 2023.

NAJEEB, S. et al. Modifications in glass ionomer cements: Nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. **International journal of molecular sciences**, v. 17, n. 7, p. 1134, 2016.

NAVARRO, M.F. de L. et al. Tratamento restaurador atraumático (ART) e o programa de saúde da família. **Bio Odonto**, v. 2, n. 4, p. 09-111, 2004.

NAVARRO, M. F. de L. et al. Consenso sobre os limites dos cimentos de ionômero de vidro para indicações restauradoras. **Gestão e políticas públicas em Odontologia 2**. Ponta Grossa: Atena, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.22533/at.ed.370223003.

NEVES, A. B. et al. Mineral density changes in bovine carious dentin after treatment with bioactive dental cements: a comparative micro-CT study. **Clinical oral investigations**, v. 23, n. 4, p. 1865–1870, 2019.

NICHOLSON, J. W. Chemistry of glass-ionomer cements: a review. **Biomaterials**, v. 19, n. 6, p. 485–494, 1998.

NICHOLSON, J. W.; SIDHU, S. K.; CZARNECKA, B. Enhancing the mechanical properties of glass-ionomer dental cements: A review. **Materials**, v. 13, n. 11, p. 2510, 2020.

OLEGÁRIO, I. C. et al. Low-cost GICs reduce survival rate in occlusal ART restorations in primary molars after one year: A RCT. **Journal of dentistry**, v. 57, p. 45–50, 2017.

OLIVEIRA, G. L. et al. The influence of mixing methods on the compressive strength and fluoride release of conventional and resin-modified glass ionomer cements. **International journal of dentistry**, v. 2019, p. 6834931, 2019.

OLIVEIRA, L. C. et al. Wear, roughness and microhardness analyses of single increment restorative materials submitted to different challenges in vitro. European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric **Dentistry**, v. 22, n. 2, p. 247–255, 2021.

PALLESEN, U. et al. A prospective 8- year follow-up of posterior resin composite restorations in permanent teeth of children and adolescents in Public Dental Health Service: reasons for replacement. **Clin Oral Investig**, [s.d.].

PARADELLA, T. C. Cimentos de ionômero de vidro na odontologia moderna. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 44, p. 157–161, 2004.

PÁSSARO, A. L. et al. Giomer composite compared to glass ionomer in occlusoproximal ART restorations of primary molars: 24-month RCT. **Australian dental journal**, v. 67, n. 2, p. 148–158, 2022.

PEARSON, G. J.; ATKINSON, A. S. Long-term flexural strength of glass ionomer cements. **Biomaterials**, v. 12, n. 7, p. 658–660, 1991.

PERONDI, P. R. et al. Ultimate tensile strength and microhardness of glass ionomer materials. **Brazilian dental science**, v. 17, n. 1, p. 16–22, 2014.

PEUTZFELDT, A. Compomers and glass ionomers: bond strength to dentin and mechanical properties. **American journal of dentistry**, v. 9, n. 6, p. 259–263, 1996.

PIRES, R. A. et al. The role of aluminium and silicon in the setting chemistry of glass ionomer cements. **Journal of materials science. Materials in medicine**, v. 19, n. 4, p. 1687–1692, 2008.

POKROWIECKI, R.; PAŁKA, K.; MIELCZAREK, A. Nanomaterials in Dentistry: a Cornerstone Or a Black box? **Nanomedicine** (London, England), v. 13, n. 6, p. 639–667, 2018.

PRABHAKAR, A. R.; SEKHAR, V. R.; KURTHUKOTI, A. J. Leaching of ions from materials used in alternative restorative technique under neutral and acidic conditions: a comparative evaluation. **The journal of clinical pediatric dentistry**, v. 34, n. 2, p. 125–130, Inverno 2009.

PRENTICE, L. H.; TYAS, M. J.; BURROW, M. F. The effect of particle size distribution on an experimental glass-ionomer **cement. Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 21, n. 6, p. 505–510, 2005.

RANJANI, M. S.; KAVITHA, M.; VENKATESH, S. Comparative evaluation of osteogenic potential of conventional glass-ionomer cement with chitosan- modified glass-ionomer and bioactive glass-modified glass-ionomer cement an in vitro study. **Contemporary clinical dentistry**, v. 12, n. 1, p. 32–36, 2021.

REKOW, E. D. et al. What constitutes an ideal dental restorative material? **Advances in dental research**, v. 25, n. 1, p. 18–23, 2013.

ROBERTS, H. W.; BERZINS, D. W. Early reaction kinetics of contemporary glassionomer restorative materials. **The journal of adhesive dentistry**, v. 17, n. 1, p. 67–75, 2015.

ROŻNIATOWSKI, P. et al. Clinical study on resin composite and glass ionomer materials in II class restorations in permanent teeth. **Journal of clinical and experimental dentistry**, v. 13, n. 2, p. e165–e171, 2021.

SADAT-SHOJAI, M. et al. Hydroxyapatite nanorods as novel fillers for improving the properties of dental adhesives: Synthesis and application. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 26, n. 5, p. 471– 482, 2010.

SIDHU, S. K. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? **Australian dental journal**, v. 56, n. s1, p. 23–30, 2011.

SIDHU, S. K.; NICHOLSON, J. W. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. **Journal of functional biomaterials**, v. 7, n. 3, p. 16, 2016.

SILVA, D. O. C. DA et al. Cimento de ionômero de vidro e sua aplicabilidade na Odontologia: Uma revisão narrativa com ênfase em suas propriedades**. Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e20110514884, 2021.

SILVA, B. A. C. et al. Novas formulações e perspectivas futuras dos cimentos de ionômero de vidro: Uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 11, p. e67131147401, 2024.

SONARKAR, S.; PURBA, R. Bioactive materials in conservative dentistry. **Int J Contemp Dent Med Rev**, p. 1–4, 2015.

SOUZA, M. R. P. DE; SOUZA, C. L. S. DE; LIMA, T.M. O uso dos diferentes tipos de cimentos de ionômero de vidro restauradores utilizados na prática clínica em cavidades classe v: revisão de literatura/The use of diferente types of restorative glass ionomer cements used in clinical practice in class V cavities: literature review. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 97628–97641, 2020.

SPEZZIA, S. Cimento de ionômero de vidro: revisão de literatura. **Journal of Oral Investigations**, v. 6, n. 2, p. 74, 2017.

SVANBERG, M.; MJÖR, I. A.; ORSTAVIK, D. Mutans streptococci in plaque from margins of amalgam, composite, and glass-ionomer restorations. **Journal of dental research**, v. 69, n. 3, p. 861–864, 1990.

SWETHA, D. L. et al. Antibacterial and mechanical properties of pit and fissure sealants containing zinc oxide and calcium fluoride nanoparticles. **Contemporary clinical dentistry**, v. 10, n. 3, p. 477–482, 2019.

TAGLIAFERRO, E. P. DA S. et al. Influence of caries risk on the retention of a resin-modified glass ionomer used as occlusal sealant: a clinical trial. **Revista de odontologia da UNESP**, v. 46, n. 4, p. 208–213, 2017.

UYUMAZ, F. Ü.; ABAKLI İNCI, M.; ÖZER, H. Could bulk fill glass hybrid restorative materials replace composite resins in treating permanent teeth? A randomized controlled clinical trial. **et al [Journal of esthetic and restorative dentistry]**, v. 36, n. 5, p. 702–709, 2024.

VAN DUINEN, R. N. B. et al. In situ transformation of glass-ionomer into an enamel-like material. **American journal of dentistry**, v. 17, n. 4, p. 223–227, 2004.

VAN GEMERT-SCHRIKS, M. C. M. et al. Three-year survival of single- and twosurface ART restorations in a high-caries child population. **Clinical oral investigations**, v. 11, n. 4, p. 337–343, 2007.

WATSON, T. F. et al. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 30, n. 1, p. 50–61, 2014.

WILSON, A. D.; KENT, B. E. The glass-ionomer cement, a new translucent dental filling material. **Journal of applied chemistry and biotechnology**, v. 21, n. 11, p. 313–313, 1971.

WILSON, A. D. et al. The influence of polyacid molecular weight on some properties of glass-ionomer cements. **Journal of dental research**, v. 68, n. 2, p. 89–94, 1989.

WILSON, N.; LYNCH, C. Amalgam and minimal intervention: an incompatible relationship. **Primary dental journal**, v. 2, n. 4, p. 18, 2013.

XIA, Y. et al. Nanoparticle-reinforced resin-based dental composites. **Journal of dentistry**, v. 36, n. 6, p. 450–455, 2008.

XIE, D. et al. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. **Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 16, n. 2, p. 129–138, 2000.

YAP, A. U. J.; PEK, Y. S.; CHEANG, P. Physico-mechanical properties of a fastset highly viscous GIC restorative: PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF HIGHLY VISCOUS GICS. **Journal of oral rehabilitation**, v. 30, n. 1, p. 1–8, 2003.

YOUNG, A. M.; RAFEEKA, S. A.; HOWLETT, J. A. FTIR investigation of monomer polymerisation and polyacid neutralisation kinetics and mechanisms in various aesthetic dental restorative materials. **Biomaterials**, v. 25, n. 5, p. 823–833, 2004.

ZANATA, R. L. et al. Ten-year survival of ART restorations in permanent posterior teeth. **Clinical oral investigations**, v. 15, n. 2, p. 265–271, 2011.

ZOERGIEBEL, J.; ILIE, N. Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging and storage agents. **Clinical oral investigations**, v. 17, n. 2, p. 619–626, 2013.