

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 30/03/2028.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Maria Laura Grotto Nogueira

**Efeito da aplicação de biovidro dopado por cobre e do silicato
tricálcico no tratamento da dentina intrarradicular, da guta-percha e
na interação com cimentos obturadores**

Araraquara

2026



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Maria Laura Grotto Nogueira

Efeito da aplicação de biovidro dopado por cobre e do silicato tricálcico no tratamento da dentina intrarradicular, da guta-percha e na interação com cimentos obturadores

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Mario Tanomaru Filho

Araraquara

2026

N778e

Nogueira, Maria Laura Grotto

Efeito da aplicação de biovidro dopado por cobre e do silicato tricálcico no tratamento da dentina intrarradicular, da guta-percha e na interação com cimentos obturadores / Maria Laura Grotto Nogueira. -- Araraquara, 2026
85 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientador: Mario Tanomaru-Filho

1. Guta-percha. 2. Materiais biocompatíveis. 3. Materiais dentários.
4. Materiais restauradores do canal radicular. I. Título.

Maria Laura Grotto Nogueira

Efeito da aplicação de biovidro dopado por cobre e do silicato tricálcico no tratamento da dentina intrarradicular, da guta-percha e na interação com cimentos obturadores

Comissão julgadora

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Odontologia

Presidente e orientador Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho

2º Examinador Prof. Dr. José Mauricio dos Santos Nunes Reis

3º Examinador Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia

Araraquara, 30 de março de 2026.

DADOS CURRICULARES

Maria Laura Grotto Nogueira

NASCIMENTO: 16/06/1999 – Catanduva – São Paulo

FILIAÇÃO: Elia Aparecida Grotto e Sebastião Nogueira

2019 – 2024 – Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

2023 – 2024 – Curso de Extensão em Endodontia - FAEPO

2024 – 2026 – Mestrado em Endodontia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, agradeço a Deus e à Espiritualidade pelo amparo constante e pela presença em minha vida. Tentar conduzir minha vida aos ensinamentos do Pai me orientam a buscar ser cada dia melhor e me ajudam a compreender, através do Seu amor, os verdadeiros valores da vida. Em todos os momentos que clamei por Sua ajuda, fui acolhida e guiada. Neste momento, sei que cada experiência vivida contribuiu para minha evolução. Sigo com fé no Senhor e confiança de Seus planos para minha vida.

Agradeço aos meus pais, Elia Aparecida Grotto e Sebastião Nogueira, à minha irmã, Maria Carolina Grotto Nogueira e à minha avó, Santina Pazin Grotto. Este título pertence a vocês, pois foi somente com o cuidado, esforço e incentivos constantes que consegui passar por esta etapa da minha vida. Estar longe de casa e acompanhar a vida de vocês à distância sempre será um dos maiores sacrifícios para mim! Muito obrigada por todo o amor, por todo apoio e por todos os valores que sempre me ensinaram. Vocês sempre serão minhas maiores inspirações. Eu amo muito vocês!

Ao meu namorado, Pedro Luís Busto Rosim, este título também é seu. Ele me acompanhou na graduação e durante todo o mestrado, sempre me incentivando e tendo paciência comigo. Ele acreditou em mim quando eu não acreditava. Muito obrigada por estar do meu lado me apoiando em todos os momentos, todos os dias. Eu admiro muito quem você é, como pessoa e como profissional, e tenho certeza que você irá chegar muito longe! A vida me fez viver esta etapa com você e continuar com você em tantas outras. Eu te amo muito e, mais uma vez, muito obrigada!

Agradeço à minha querida amiga Marcela de Come Ramos, a quem, da mesma forma, este título também pertence, pois me ajudou e acompanhou em todas as etapas do meu mestrado. Seus conselhos sempre foram essenciais para meu aprendizado. Com você, pude desenvolver, com muito carinho, uma verdadeira relação de amizade e confiança. Eu também te admiro muito, como profissional e como pessoa. Muito obrigada!

Agradeço aos meus sogros, Maria Lia Buzzá Busto Rosim e Luís Gustavo de Mendonça Rosim, por sempre serem tão gentis e acolhedores comigo!

Agradeço aos amigos, colegas e funcionários do Departamento de Endodontia pela convivência, parcerias e apoios constantes nesta trajetória. Muito obrigada por tornarem esse caminho mais leve e enriquecedor.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Mario Tanomaru Filho, por ter me aceitado como aluna de iniciação científica e de mestrado, e por todas as orientações ao longo deste trabalho.

Agradeço também à Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru, pelos conhecimentos compartilhados e pela elaboração desta pesquisa.

Estendo meus agradecimentos às professoras que participaram da banca de qualificação deste trabalho, Profa. Dra. Fernanda Ferrari Esteves Torres Carvalho e Profa. Dra. Marina Trevelin Souza, e aos professores que participaram da banca avaliadora de defesa deste trabalho, Prof. Dr. José Mauricio dos Santos Nunes Reis e Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições. Muito obrigada por cada sugestão e consideração, que enriqueceram e fortaleceram ainda mais este trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, ao Departamento de Odontologia Restauradora e, principalmente, à Faculdade de Odontologia de Araraquara (Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho), que foi minha segunda casa por sete anos. Aqui, fui muito feliz com os amigos que fiz!

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo nº 130824/2024-0) pelo apoio financeiro concedido, fundamental para o desenvolvimento e a execução deste trabalho.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo nº 2024/15542-8) pelo apoio financeiro essencial para realização dessa pesquisa.

Nogueira MLG. Efeito da aplicação de biovidro dopado por cobre e do silicato tricálcico no tratamento da dentina intrarradicular, da guta-percha e na interação com cimentos obturadores [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2026.

RESUMO

Biomateriais podem favorecer a bioatividade da dentina, guta-percha (GP) e interface com os cimentos endodônticos. GP não apresenta propriedade adesiva na interface com cimento obturador. Biovidro dopado com cobre (BVCu) e silicato tricálcico (ST) podem contribuir para bioatividade e interação química do cimento endodôntico com a dentina intrarradicular e GP. **Publicação 1:** Este estudo avaliou o efeito do tratamento da dentina intrarradicular com BVCu. O tratamento da dentina intrarradicular foi avaliado após aplicação de soluções de BVCu na superfície dentinária por meio da avaliação da resistência de união (RU) com cimentos endodônticos. **Metodologia:** Canais radiculares de dentes humanos (n= 15) foram preparados até o instrumento 40/.05 (Easy Bassi, Brasil) e após tratamento da dentina por imersão em água destilada (AD), BVCu a 2,5% e 5%, foram analisados de acordo por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). Raízes de dentes bovinos foram utilizadas para confecção de discos circulares de 20 mm x 2 mm de espessura. Os canais radiculares foram padronizados com diâmetro de 1.5 mm. Os espécimes foram distribuídos de acordo com o tratamento da dentina intrarradicular (n=12): água destilada (AD), solução de BVCu 2,5%; BVCu 5% e subdivididos de acordo com os materiais: Bio-C Sealer (BCS, Angelus, Brasil), BioRoot RCS (BR, Septodont, França) e AH Plus Jet (AHP, Dentsply DeTrey, Alemanha). Teste mecânico de RU foi realizado por meio de máquina de ensaios mecânicos (EMIC DL 2000). Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) com *post-hoc* de Tukey com um nível de significância de 5% ($p<0,05$). **Resultados:** A análise em MEV demonstrou deposição de material sobre a superfície dentinária para os grupos tratados com BVCu. Análise de EDS demonstrou aumento na razão Ca/P compatível com a formação de apatita, evidenciando potencial bioativo. O tratamento com BVCu 2,5% apresentou os maiores valores de RU e BVCu 5% os menores valores para BCS e BR ($p<0,01$). Para AHP, foi observada maior RU para os tratamentos com BVCu nas duas concentrações avaliadas ($p<0,01$). **Conclusão:** BVCu demonstra potencial bioativo sobre a dentina intrarradicular e modifica a RU com cimentos obturadores. Maior RU foi observada para cimentos biocerâmicos no tratamento de BVCu 2,5% e para AHP, em ambas as concentrações. **Publicação 2:** Este estudo avaliou o efeito do revestimento ou incorporação da GP com BVCu. A GP foi associada ao BVCu por meio de revestimento de superfície (RS) ou incorporação física (IN). **Metodologia:** Discos de GP (n=3) foram divididos de acordo com o tratamento: grupo controle, RS (BVCu 2,5% e BVCu 5%) e IN (BVCu 2%). Metade das amostras foram mantidas em dessecador, enquanto outra metade foi imersa em solução salina tamponada (PBS) por 28 dias para análise por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Novos discos de GP (n=12) foram preparados de acordo com o tratamento: grupo controle, RS (BVCu 2,5% e BVCu 5%) e IN (BVCu 2%) para teste de tração após contato com cimento biocerâmico Bio-C Sealer (BCS, Angelus, Brasil) e AH Plus Jet (AHP, Dentsply DeTrey, Alemanha). O teste de tração foi realizado em máquina de ensaios mecânicos (EMIC DL 2000). Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) com *post-hoc* de Tukey com

um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). **Resultados:** A análise de MEV demonstrou deposição de biomaterial sobre a superfície da GP modificada. Para a técnica RS, BCS apresentou maiores valores com GP-BVCu 5%, seguido por GP-BVCu 2,5%, enquanto controle apresentou os menores valores ($p < 0,05$). Para AHP, após técnica RS, controle exibiu maior RU ($p < 0,05$). Para IN, BCS apresentou maior RU com GP-BVCu 2%, enquanto o AHP não apresentou diferença ($p < 0,05$). **Conclusão:** A modificação da GP por revestimento com BVCu aumentou a resistência de união com o cimento biocerâmico e não interferiu na RU para AHP.

Publicação 3: Este estudo avaliou o efeito do tratamento da dentina intrarradicular com ST. O tratamento da dentina intrarradicular foi avaliado após aplicação de soluções de ST na superfície dentinária por meio da avaliação em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) e da resistência de união (RU) com cimentos endodônticos. **Metodologia:** Canais radiculares de dentes humanos ($n=15$) foram preparados até o instrumento 40/05 (Easy Bassi, Brasil) e depois tratados por meio de imersão em água destilada (AD), ST a 2,5% e 5%, e foram analisados de acordo com os tratamentos de dentina por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). Raízes de dentes bovinos foram utilizadas para confecção de discos circulares de 20 mm x 2 mm de espessura. Os canais radiculares foram preparados com diâmetro de 1.5 mm. Os espécimes foram distribuídos de acordo com o tratamento da dentina intrarradicular ($n=12$): AD, solução de ST 2,5% e solução de ST 5% e subdivididos de acordo com os materiais: Bio-C Sealer (BCS, Angelus, Brasil), BioRoot RCS (BR, Septodont, França) e AH Plus Jet (AHP, Dentsply DeTrey, Alemanha). Teste mecânico RU foi realizado através de máquina de ensaios mecânicos (EMIC DL 2000). Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e teste *post-hoc* de Tukey com um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). **Resultados:** MEV demonstrou que o tratamento com soluções de ST promoveu deposição de material sobre a superfície dentinária. EDS evidenciou picos de cálcio antes da imersão em PBS. Após imersão em PBS por 28 dias, os valores da razão Ca/P foram compatíveis com formação de apatita, evidenciando o potencial bioativo. A RU não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com AD, ST 2,5% e ST 5% para BCS. Para BR, a RU apresentou menores valores após tratamento com ST 5% ($p < 0,01$). Para AHP, o tratamento com ST 2,5% apresentou maiores valores de RU ($p < 0,01$). **Conclusão:** Soluções de ST demonstraram potencial bioativo sobre a dentina intrarradicular. O tratamento da dentina com soluções de ST não interferiu na RU para BCS, aumentou a RU para BR com ST 5% e para AHP com ST 2,5%.

Palavras – chave: Guta-percha; Materiais biocompatíveis; Materiais dentários; Materiais restauradores do canal radicular.

Nogueira MLG. Effect of the application of copper-doped bioactive glass and tricalcium silicate on the treatment of intraradicular dentin, gutta-percha, and their interaction with root canal sealers [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2026.

ABSTRACT

Biomaterials may enhance the bioactivity of dentin, gutta-percha (GP), and the interface with endodontic sealers. GP does not exhibit adhesive properties at the interface with root canal sealers. Copper-doped bioactive glass (BVCu) and tricalcium silicate (TS) may contribute to bioactivity and chemical interaction between endodontic sealers, intraradicular dentin, and GP. **Publication 1:** This study evaluated the effect of intraradicular dentin treatment with BVCu. Dentin treatment was assessed after the application of BVCu solutions on the dentin surface by evaluating bond strength (BS) with endodontic sealers. **Methodology:** Root canals of human teeth ($n = 15$) were prepared up to instrument size 40/.05 (Easy Bassi, Brazil). After dentin treatment by immersion in distilled water (DW), 2.5% BVCu, and 5% BVCu, samples were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Bovine tooth roots were used to prepare circular discs (20 mm $\times$ 2 mm thick). Root canals were standardized to a diameter of 1.5 mm. Specimens were distributed according to intraradicular dentin treatment ($n = 12$): distilled water (DW), 2.5% BVCu solution, and 5% BVCu solution, and subdivided according to the materials: Bio-C Sealer (BCS, Angelus, Brazil), BioRoot RCS (BR, Septodont, France), and AH Plus Jet (AHP, Dentsply DeTrey, Germany). Mechanical bond strength testing was performed using a universal testing machine (EMIC DL 2000). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) with Tukey's post-hoc test at a 5% significance level ($p < 0.05$). **Results:** SEM analysis showed material deposition on the dentin surface in BVCu-treated groups. EDS analysis demonstrated an increased Ca/P ratio compatible with apatite formation, indicating bioactive potential. Treatment with 2.5% BVCu showed the highest BS values, while 5% BVCu showed the lowest values for BCS and BR ($p < 0.01$). For AHP, higher BS values were observed for BVCu treatments at both concentrations ($p < 0.01$). **Conclusion:** BVCu demonstrates bioactive potential on intraradicular dentin and modifies bond strength with root canal sealers. Higher BS was observed for bioceramic sealers with 2.5% BVCu treatment and for AHP at both concentrations. **Publication 2:** This study evaluated the effect of coating or incorporating BVCu into GP. GP was associated with BVCu through surface coating (SC) or physical incorporation (IN). **Methodology:** GP discs ($n = 3$) were divided according to treatment: control group, SC (2.5% BVCu and 5% BVCu), and IN (2% BVCu). Half of the samples were kept in a desiccator, while the other half was immersed in phosphate-buffered saline (PBS) for 28 days for SEM analysis. New GP discs ($n = 12$) were prepared according to treatment: control, SC (2.5% BVCu and 5% BVCu), and IN (2% BVCu) for tensile testing after contact with the bioceramic sealer Bio-C Sealer (BCS, Angelus, Brazil) and AH Plus Jet (AHP, Dentsply DeTrey, Germany). Tensile testing was performed using a universal testing machine (EMIC DL 2000). Data were analyzed using ANOVA with Tukey's post-hoc test at a 5% significance level ($p < 0.05$). **Results:** SEM analysis showed biomaterial deposition on the surface of modified GP. For the SC technique, BCS showed higher values with GP-BVCu 5%, followed by GP-BVCu 2.5%, while the control group showed the lowest values ($p < 0.05$). For AHP, after SC, the control group exhibited higher BS ($p < 0.05$). For IN,

BCS showed higher BS with GP-BVCu 2%, while AHP showed no difference ($p < 0.05$). **Conclusion:** Modification of GP by BVCu coating increased bond strength with the bioceramic sealer and did not affect BS for AHP. **Publication 3:** This study evaluated the effect of intraradicular dentin treatment with TS. The treatment was assessed after applying TS solutions to the dentin surface using SEM and bond strength (BS) evaluation with endodontic sealers. **Methodology:** Root canals of human teeth ($n = 15$) were prepared up to instrument size 40/.05 (Easy Bassi, Brazil) and then treated by immersion in distilled water (DW), 2.5% TS, and 5% TS. Samples were analyzed according to dentin treatments using SEM and EDS. Bovine tooth roots were used to prepare circular discs (20 mm $\times$ 2 mm thick), with root canals standardized to a diameter of 1.5 mm. Specimens were distributed according to intraradicular dentin treatment ($n = 12$): DW, 2.5% TS solution, and 5% TS solution, and subdivided according to materials: Bio-C Sealer (BCS, Angelus, Brazil), BioRoot RCS (BR, Septodont, France), and AH Plus Jet (AHP, Dentsply DeTrey, Germany). Bond strength testing was performed using a universal testing machine (EMIC DL 2000). Data were analyzed using ANOVA with Tukey's post-hoc test at a 5% significance level ($p < 0.05$). **Results:** SEM showed that treatment with TS solutions promoted material deposition on the dentin surface. EDS revealed calcium peaks before immersion in PBS. After 28 days of PBS immersion, Ca/P ratio values were compatible with apatite formation, indicating bioactive potential. No significant differences in BS were observed among DW, 2.5% TS, and 5% TS treatments for BCS. For BR, lower BS values were observed after treatment with 5% TS ($p < 0.01$). For AHP, treatment with 2.5% TS showed higher BS values ($p < 0.01$). **Conclusion:** TS solutions demonstrated bioactive potential on intraradicular dentin. Dentin treatment with TS solutions did not affect BS for BCS, increased BS for BR with 5% TS, and increased BS for AHP with 2.5% TS.

Keywords: Gutta-percha; Biocompatible materials; Dental materials; Root canal filling materials.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 PROPOSIÇÃO	14
3 PUBLICAÇÕES	15
3.1 Publicação 1	15
3.2 Publicação 2	32
3.3 Publicação 3.....	46
4 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICE.....	67
ANEXO.....	74

1 INTRODUÇÃO

A obturação dos canais radiculares visa estabelecer um selamento tridimensional, contribuindo para o sucesso do tratamento endodôntico¹. Neste contexto, a adaptação e adesão entre materiais obturadores e dentina intrarradicular, é uma característica desejável².

A dentina é um tecido mineralizado com setenta por cento de material inorgânico, vinte por cento de material orgânico e dez por cento de água³ e atua como substrato para adesão dos cimentos endodônticos. Sua estrutura tubular permite a penetração dos cimentos endodônticos e a formação de uma interface entre dentina intrarradicular e cimento endodôntico⁴, sendo essa interface determinante para a integridade do selamento do sistema de canais principais⁵⁻⁷. Uma adaptação marginal adequada evita a formação de espaços vazios, aos quais poderiam favorecer a microinfiltração e reinfecção, colaborando para o insucesso do tratamento endodôntico⁵⁻⁷.

Cones de guta-percha (GP) são amplamente utilizados na etapa de obturação, sendo compostos por aproximadamente vinte por cento de uma matriz de trans-1,4- poliisopreno, e setenta a oitenta por cento de óxido de zinco, além de elementos como sulfato de bário e pequenas quantidades de corantes, antioxidantes, ceras e resinas^{5,8}. No entanto, este material não apresenta adesividade à dentina intrarradicular, sendo utilizado em associação aos cimentos endodônticos para proporcionar o selamento dos canais⁶. Entretanto, a interface entre GP e cimentos endodônticos também pode conter lacunas, resultando em possíveis falhas entre os materiais obturadores⁹.

Como alternativa para superar as possíveis falhas que ocorrem nas interfaces entre cimento e dentina intrarradicular e entre os materiais obturadores, a bioatividade se torna uma propriedade promissora¹⁰. Materiais bioativos, ao interagirem com fluídos corporais, promovem a deposição de camadas de apatita carbonatada nas interfaces¹⁰. Nesse contexto, a utilização de biomateriais, como vidros bioativos e silicato tricálcico (ST) no tratamento da superfície dentinária, poderia aprimorar a interação na interface entre superfície dentinária e materiais obturadores. A utilização de vidros bioativos em materiais obturadores, como estratégia para melhorar a interação na interface entre materiais obturadores é descrita¹¹⁻¹⁴. Maldonado et al. (2026)¹⁴ avaliaram as técnicas de incorporação ou

revestimento de GP com biovidro F18, e verificaram que aumento da resistência de união à tração após tratamento da GP, indicando que tratamento com substâncias bioativas podem proporcionar melhor interface com cimentos endodônticos.

O Bioglass ® 45S5, considerado como o padrão-ouro entre os materiais bioativos, possui composição de 45% de dióxido de silício (SiO_2), 24.5% de óxido de sódio (Na_2O), 24.5% de óxido de cálcio (CaO) e 6% de pentóxido de fósforo (P_2O_5), sendo reconhecido por seu elevado índice de bioatividade¹⁵. Sua bioatividade ocorre, a partir de trocas iônicas com o meio e quando exposto em fluídos corporais, possibilita a formação de uma camada apatítica em sua superfície^{16,17}. Alterações na composição química dos vidros bioativos foram descritas para otimizar seu desempenho biológico^{18,19}. A adição de íons metálicos, como o cobre (Cu) ao biovidro, pode conferir propriedades antimicrobianas ao material, além de potencializar a angiogênese e melhorar a regeneração óssea¹⁹. O cobre pode estimular a diferenciação de células-tronco mesenquimais em osteoblastos, favorecendo a mineralização óssea²⁰.

Materiais à base de silicato tricálcico, com formulação Ca_3SiO_5 , apresentam reação de hidratação, formando gel de silicato de cálcio hidratado e hidróxido de cálcio. Quando exposto a fluídos corporais, ocorre a precipitação de hidroxiapatita e fosfato de cálcio, podendo penetrar em túbulos dentinários e criar ligações micromecânicas^{21-23,2}, o que poderia melhorar a capacidade de adesão entre cimento biocerâmico e dentina intrarradicular, ou mesmo com o cone de GP impregnado ou revestido com silicato de cálcio².

No atual estudo, silicato tricálcico (ST; Instituto de Física de São Carlos – IFSC-USP) fabricado pelo método sol-gel, técnica de baixo custo em relação aos produtos comerciais disponíveis, apresenta partículas de homogeneidade química e estrutural através de processos químicos de hidrólise, condensação e tratamento térmicos, para desenvolver partículas coloidais (sol) e convertê-las em rede (gel) de partículas²⁴.

Cimentos à base de silicato de cálcio merecem destaque na Endodontia devido à capacidade seladora, escoamento, biocompatibilidade e bioatividade, aprimorando a adesão do cimento à dentina intrarradicular²⁵⁻²⁸. Bio-C Sealer (BCS; Angelus, Londrina, Brasil) é um cimento endodôntico biocerâmico pronto para uso, composto por silicatos de cálcio, aluminato de cálcio, óxido de cálcio, óxido de zircônio, óxido de ferro, dióxido de silício e agente dispersante. Suas propriedades

incluem tempo de presa, capacidade de alcalinização, radiopacidade e escoamento (fluxo) adequados²⁵, além de propriedades biológicas de biocompatibilidade e bioatividade²⁶. BioRoot RCS (BR; Septodont, Saint Maur des Fosses, França), cimento à base de silicato tricálcico, disponível na apresentação pó-líquido. O pó é composto por silicato tricálcico, óxido de zircônio e povidona e o líquido composto de policarboxilato e cloreto de cálcio. Este cimento apresenta tempo de presa, radiopacidade, escoamento e pH de acordo com as diretrizes ISO 6876:2012²⁹, além de biocompatibilidade e atividade antimicrobiana³⁰. Entretanto, alguns cimentos endodônticos, como os biocerâmicos, são descritos por apresentarem alta solubilidade, o que pode favorecer para a formação de espaços vazios e lacunas na interface entre materiais obturadores e dentina intrarradicular^{13,31,32}.

AH Plus Jet (AHP; Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha), é um cimento endodôntico à base de resina epóxi, de apresentação pasta/pasta e composto de tungstato de cálcio, resina epóxi Araldite GY 250, óxido de zircônio, resina epóxi Araldite GY 285, sílica amorfa, pigmentos de óxido de ferro, dibenzylldiamine, amantadina, polidimetilssiloxano e tricyclodecane-diamine. AHP é amplamente utilizado e considerado como padrão ouro devido às suas excelentes propriedades físico-químicas, como baixa solubilidade, alta estabilidade dimensional, boa radiopacidade, adequado escoamento e adesão com a dentina intrarradicular^{25,33}. No entanto, AHP não apresenta propriedade bioativa^{25,34}.

Por meio da análise por microscópio eletrônico de varredura (MEV) é possível obter imagens com aparência tridimensional de elevada resolução para avaliação detalhada de características microestruturais de amostras sólidas³⁵. Ainda, a análise por espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS) permite a identificação da caracterização química de materiais³⁶. Além disso, o teste de *push-out* e teste de tração têm sido empregados para avaliar a resistência de união de materiais à dentina radicular e entre materiais obturadores, através da análise da força necessária para deslocar o material, demonstrando a capacidade de adesão³⁷⁻⁴¹.

Considerando as propriedades bioativas dos materiais biovidro dopado por íons cobre (BVCu) e silicato tricálcico (ST), o tratamento da GP e da dentina intrarradicular com estes materiais é uma abordagem inovadora, com a finalidade de melhorar a interação das interfaces entre GP e os cimentos obturadores e dos cimentos obturados com a dentina intrarradicular, diminuindo a possibilidade de

espaços vazios e, conseqüentemente, de microinfiltração, melhorando as chances de sucesso do tratamento endodôntico.

4 CONCLUSÃO

Com base nos experimentos realizados, pode-se concluir:

- BVCu demonstra potencial bioativo sobre a dentina intrarradicular e modifica a RU com cimentos obturadores. Maior RU foi observada para cimentos biocerâmicos no tratamento de BVCu 2,5% e para AHP, em ambas as concentrações
- a modificação da GP por revestimento com BVCu aumentou a resistência de união com o cimento biocerâmico e não interferiu na RU para AHP.
- soluções de ST demonstraram potencial bioativo sobre a dentina intrarradicular. O tratamento da dentina com soluções de ST não interferiu na RU para BCS, aumentou a RU para BR com ST 5% e para AHP com ST 2,5%.

REFERÊNCIAS*

1. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Present status and future directions: microbiology of endodontic infections. *Int Endod J*. 2022; 55 Suppl 3: 512-30.
 2. Banphakarn N, Yanpiset K, Banomyong D. Shear bond strengths of calcium silicate-based sealer to dentin and calcium silicate-impregnated gutta-percha. *J Investig Clin Dent*. 2019; 10(4): e12444.
 3. Fu X, Kim HS. Dentin mechanobiology: bridging the gap between architecture and function. *Int J Mol Sci*. 2024; 25(11): 5642.
 4. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers. *J Dent*. 2014; 42(3): 336-50.
 5. Taddei P, Di Foggia M, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Guttapercha improves in vitro bioactivity and dentin remineralization ability of a bioglass containing polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *Molecules*. 2023; 28(20): 7088.
 6. Gatewood RS. Endodontic materials. *Dent Clin North Am*. 2007; 51(3): 695-712.
 7. Alhashimi R, Mannocci F, Foxton R, Deb S. Fabrication and characterization of polymer composites for endodontic use. *Int Endod J*. 2014; 47(6): 574-82.
 8. Tomson RM, Polycarpou N, Tomson PL. Contemporary obturation of the root canal system. *Br Dent J*. 2014; 216(6): 315-22.
 9. Zare S, Shen I, Zhu Q, Ahn C, Primus C, Komabayashi T. Micro-computed tomographic evaluation of single-cone obturation with three sealers. *Restor Dent Endod*. 2021;46(2):e25.
 10. Renno AC, Bossini PS, Crovace MC, Rodrigues AC, Zanotto ED, Parizotto NA. Characterization and in vivo biological performance of biosilicate. *Biomed Res Int*. 2013; 2013: 141427.
 11. Al-Haddad AY, Kutty MG, Hayaty AKN, Aziz ZACA. Physicochemical properties of calcium phosphate based coating on gutta-percha root canal filling. 2015; 1: 414521.
 12. Skallevoid HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive glass applications in dentistry. *Int J Mol Sci*. 2019; 20(23): 5960.
 13. Marending M, Bubenhofer SB, Sener B, De-Deus G. Primary assessment of a self-adhesive gutta-percha material. *Int Endod J*. 2013; 46(4): 317-22.
 14. Maldonado DH, Jampani JLA, Santos-Júnior AO, Souza MT, Zanotto ED, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Effect of f18 bioactive glass-treated
-

- gutta-percha on interaction with endodontic sealers. *Braz Dent J.* 2026; 36: e256767.
15. Crovace MC, Souza MT, Chinaglia CR, Peitl O, Zanotto ED. Biosilicate®—A multipurpose, highly bioactive glass-ceramic. In vitro, in vivo and clinical trials. *Journal of Non-Crystalline Solids* 2016; 432: 90-110.
 16. Cannio, M.; Bellucci, D.; Roether, J.A.; Boccaccini, D.N.; Cannillo, V. Bioactive glass applications: a literature review of human clinical trials. *Materials (Basel)*. 2021, 14(18): 5440.
 17. Jafari N, Habashi MS, Hashemi A, Shirazi R, Tanideh N, Tamadon A. Application of bioactive glasses in various dental fields. *Biomater Res.* 2022; 26(1): 31.
 18. Baino F, Hamzehlou S, Kargozar S. Bioactive glasses: where are we and where are we going? *J Funct Biomater.* 2018; 9(1): 25.
 19. Hoppe A, Güldal NS, Boccaccini AR. A review of the biological response to ionic dissolution products from bioactive glasses and glass-ceramics. *Biomaterials.* 2011; 32(11): 2757-74.
 20. Hammami I, Gavinho SR, Jakka SK, Valente MA, Graça MPF, Pádua AS et al. Antibacterial biomaterial based on bioglass modified with copper for implants coating. *J Funct Biomater.* 2023; 14(7): 369.
 21. Zhao W, Wang J, Zhai W, Wang Z, Chang J. The self-setting properties and in vitro bioactivity of tricalcium silicate. *Biomaterials.* 2005; 26(31): 6113-21.
 22. Leiendecker AP, Qi YP, Sawyer AN, Niu LN, Agee KA, Loushine RJ et al. Effects of calcium silicate-based materials on collagen matrix integrity of mineralized dentin. *J Endod.* 2012; 38(6): 829-33.
 23. Camilleri J. Characterization and hydration kinetics of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial. *Dent Mater.* 2011; 27(8): 836-44.
 24. Balbinot GS, Leitune VCB, Nunes JS, Visioli F, Collares FM. Synthesis of sol-gel derived calcium silicate particles and development of a bioactive endodontic cement. *Dent Mater.* 2020; 36(1): 135-44.
 25. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, bio-c sealer. *J Endod.* 2019; 45(10): 1248-52.
 26. Alves Silva EC, Tanomaru Filho M, Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Tanomaru JMG. Biocompatibility and bioactive potential of new calcium silicate-based endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* 2020; 46(10): 1470-7.
 27. Gandolfi MG, Siboni F, Primus CM, Prati C. Ion release, porosity, solubility, and bioactivity of MTA Plus tricalcium silicate. *J Endod.* 2014; 40(10): 1632-7.

28. Girelli CFM, Lima CO, Silveira FF, Lacerda MFLS, Nunes E. Marginal gaps and voids using two warm compaction techniques and different sealers: a micro-CT study. *Clin Oral Investig*. 2023; 27(6): 2805-11.
29. Saavedra FM, Pelepenko LE, Boyle WS, Zhang A, Staley C, Herzberg MC et al. In vitro physicochemical characterization of five root canal sealers and their influence on an ex vivo oral multi-species biofilm community. *Int Endod J*. 2022; 55(7): 772-83.
30. Colombo M, Poggio C, Dagna A, Meravini MV, Riva P, Trovati F et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent*. 2018; 10(2): e120-e6.
31. Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrocola G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: a comparative study. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9(10): e1189-e94.
32. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: a review. *Int J Biomater*. 2016; 2016: 9753210.
33. Almeida MM, Rodrigues CT, Matos AA, Carvalho KK, Silva EJ, Duarte MA et al. Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill BC Sealer. *J Clin Exp Dent*. 2020; 12(11): e1058-e65.
34. Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? a systematic review of in vitro studies. *J Endod*. 2017; 43(4): 527-35.
35. Majumdar TK, Mukherjee S, Mazumdar P. Microscopic evaluation of sealer penetration and interfacial adaptation of three different endodontic sealers: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2021; 24(5): 435-9.
36. Miculescu F, Luță C, Constantinescu AE, et al. Considerations and influencing parameters in eds microanalysis of biogenic hydroxyapatite. *J Funct Biomater*. 2020; 11(4): 82.
37. Peña Bengoa F, Magasich Arze MC, Macchiavello Noguera C, Moreira LFN, Kato AS, Bueno CEDS. Effect of ultrasonic cleaning on the bond strength of fiber posts in oval canals filled with a premixed bioceramic root canal sealer. *Restor Dent Endod*. 2020; 45(2): e19.
38. Veeramachaneni C, Aravelli S, Dundigalla S. Comparative evaluation of push-out bond strength of bioceramic and epoxy sealers after using various final irrigants: an in vitro study. *J Conserv Dent*. 2022; 25(2): 145-50.
39. Frassetto KS, Piasecki L, Kowalczyk A, Carneiro E, Westphalen VPD, Neto UXDS. Effect of different root canal drying protocols on the bond strength of two bioceramic sealers. *Eur J Dent*. 2023; 17(4): 1229-34.

40. Nesello R, Silva IA, Bem IA, Bischoff K, Souza MA, Só MVR et al. Effect of bioceramic root canal sealers on the bond strength of fiber posts cemented with resin cements. *Braz Dent J.* 2022; 33(2): 91-8.
41. Sano H, Chowdhury AFMA, Saikaew P, Matsumoto M, Hoshika S, Yamauti M. The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020; 56(1): 24-31.