

Análise de metodologias para avaliação da solubilidade do cimento à base de silicato de cálcio Bio-C Sealer

Analysis of methodologies for evaluating the solubility of calcium silicate-based sealer Bio-C Sealer

Mário TANOMARU-FILHO^{a*}, Alessandra Alves GONÇALVES^a,
Airtton Oliveira SANTOS-JUNIOR^a, Karina Ines Medina Carita TAVARES^a,
Jáder Camilo PINTO^{b,c}, Juliane Maria GUERREIRO-TANOMARU^a

^aUNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Odontologia de Araraquara, Departamento de Odontologia Restauradora, Araraquara, SP, Brasil

^bUNIPAC – Centro Universitário Presidente Antônio Carlos, Faculdade de Odontologia, Departamento de Odontologia, Barbacena, MG, Brasil

^cUNIPTAN – Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves, Faculdade de Odontologia, Departamento de Odontologia, São João del Rei, MG, Brasil

Como citar: Tanomaru-Filho M, Gonçalves AA, Santos-Junior AO, Tavares KIMC, Pinto JC, Guerreiro-Tanomaru JM. Análise de metodologias para avaliação da solubilidade do cimento à base de silicato de cálcio Bio-C Sealer. Rev Odontol UNESP. 2023;52:e20230035. <https://doi.org/10.1590/1807-2577.03523>

Resumo

Introdução: Cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio demonstram maior solubilidade em água destilada. Emprego de metodologias alternativas pode auxiliar em melhor compreensão sobre a solubilidade desses materiais. **Objetivo:** Avaliar o efeito da solução de imersão e do tipo de modelo experimental na solubilidade de cimento pronto para uso Bio-C Sealer. **Material e método:** Modelos circulares de polietileno ou dentina bovina (n = 16) foram confeccionados. Após inserção do cimento, os espécimes foram mantidos em estufa a 37 °C por 48 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança de precisão para determinação da massa inicial. Na sequência, os espécimes foram imersos em 7,5 mL de água destilada (pH 6,5) ou PBS (pH 7,0) (n = 8) por 28 dias. Após isso, as amostras foram removidas das soluções e pesadas a cada 24 horas até a estabilização da massa final (0,001g). Corpos de prova confeccionados com Bio-C Sealer foram empregados como controle. A solubilidade foi avaliada de acordo com a diferença entre a massa inicial e final em porcentagem. Teste ANOVA Two-Way e teste post-hoc de Tukey foram realizados ($\alpha = 0,05$). **Resultado:** Imersão em água destilada proporcionou maior solubilidade em comparação com PBS, independentemente do modelo experimental ($p < 0,05$). Corpos de prova apresentaram maior solubilidade, seguidos dos modelos de polietileno e dentina imersos em água destilada ($p < 0,05$). Não houve diferença entre os modelos experimentais imersos em PBS ($p > 0,05$). **Conclusão:** Bio-C Sealer apresenta solubilidade significativamente maior em água destilada do que em PBS em todas condições. Modelo experimental empregando dentina bovina e PBS como solução de imersão demonstra diminuir a perda de massa de Bio-C Sealer e pode ser uma alternativa valiosa para avaliar a solubilidade de cimentos biocerâmicos.

Descritores: Endodontia; propriedades físicas; solubilidade.

Abstract

Introduction: Calcium silicate-based sealers demonstrate greater solubility in distilled water. The use of alternative methodologies can help at better understanding the solubility of these materials. **Objective:** To evaluate the effect of the immersion solution and the type of experimental model on the solubility of ready-to-use Bio-C Sealer. **Material and method:** Circular models of polyethylene or bovine dentin (n = 16) were made. After insertion of the sealer, the specimens were kept in an oven at 37°C and 95% humidity for 48h. Subsequently, the samples were weighed on a precision balance to determine the initial mass. Next, the specimens were immersed in 7.5 mL of distilled water (pH 6.5) or PBS (pH 7.0) (n = 8) for 28 days. After that, the samples were removed from the solutions and weighed every 24 hours until the final mass



stabilized (0.001g). Test specimens made with Bio-C Sealer were used as a control. Solubility was evaluated according to the difference between the initial and final mass in percentage. Two-Way ANOVA test and Tukey post-hoc tests were performed ($\alpha=0.05$). **Result:** Immersion in distilled water provided greater solubility compared to PBS regardless of the experimental model ($p<0.05$). The test specimens showed greater solubility, followed by polyethylene and dentin models immersed in distilled water ($p<0.05$). There was no difference between the experimental models immersed in PBS ($p>0.05$). **Conclusion:** Bio-C Sealer presents significantly greater solubility in distilled water than in PBS under all conditions. Experimental model using bovine dentin and PBS as an immersion solution demonstrates reduction in the mass loss of Bio-C Sealer and can be a valuable alternative for evaluating the solubility of bioceramic sealers.

Descriptors: Endodontics; physical properties; solubility.

INTRODUÇÃO

Materiais à base de silicatos de cálcio são desenvolvidos como cimentos endodônticos ou materiais reparadores¹. Adequadas propriedades físico-químicas são essenciais para cimentos endodônticos², incluindo baixa solubilidade e estabilidade volumétrica^{3,4}, contribuindo com menor possibilidade de infiltração bacteriana⁵.

Alta solubilidade para cimentos obturadores pode diminuir o sucesso^{4,6}. De acordo com as diretrizes da *International Organization for Standardization (ISO)*⁷, *American National Standards Institute e American Dental Association (ANSI/ADA)*⁸, a solubilidade de cimentos endodônticos não deve exceder 3,0% de perda de massa. A avaliação da solubilidade é realizada pela diferença de massa, em gramas, antes e após imersão em água destilada por 24 horas. No entanto, períodos maiores de avaliação podem ser empregados para observar o comportamento dos materiais ao longo do tempo^{6,9-11}. Embora cimentos à base de silicato de cálcio apresentem propriedades físico-químicas adequadas, alta solubilidade após imersão em água destilada tem sido relatada^{4,6,11}. Teste de solubilidade ISO 6876 apresenta limitações para avaliar materiais hidrofílicos, como cimentos à base de silicato de cálcio^{12,13}. Por outro lado, o uso de fluidos corporais simulados, tais como solução salina tamponada com fosfato (PBS), proporciona maior semelhança com condições clínicas e demonstra menores valores de solubilidade para cimentos biocerâmicos em comparação com imersão em água destilada^{4,11,14}. A menor solubilidade pode estar relacionada com a precipitação de estruturas minerais nas superfícies de materiais biocerâmicos após imersão em soluções contendo fosfato^{4,11}.

A solubilidade de materiais endodônticos pode ser alternativamente avaliada através de corpos de prova com menores dimensões^{15,16}. Carvalho-Junior et al.¹⁵ propuseram modelos cilíndricos de teflon com diferentes dimensões para avaliar a solubilidade de cimentos endodônticos e concluíram que a redução de material nos espécimes não afeta a precisão do método. Ainda, amostras confeccionadas a partir de moldes plásticos circulares com diferentes diâmetros mostraram não influenciar o comportamento volumétrico de materiais endodônticos¹⁶. Por outro lado, modelos circulares de polietileno mostraram promover menor solubilidade para cimento pronto para uso NeoSEALER® Flo (Avalon Biomed, Houston, TX, Estados Unidos) em comparação com modelos circulares de dentina após imersão em água destilada por sete dias¹⁴.

Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil) é um cimento endodôntico biocerâmico disponibilizado na apresentação pronto para uso. Esta apresentação proporciona maior facilidade de manuseio e diminui a influência do operador¹⁷. Bio-C Sealer apresenta satisfatórias propriedades biológicas^{18,19} e capacidade antimicrobiana²⁰. Adequada radiopacidade, tempo de presa e escoamento também são descritos, além de capacidade de alcalinização³, boa capacidade de preenchimento²¹ e baixa alteração volumétrica em avaliações usando microtomografia computadorizada³. Ainda, Bio-C Sealer apresenta maior penetração tubular quando comparado ao AH Plus²². No entanto, esse material não está em conformidade com os valores de solubilidade estabelecidos pelas normativas ISO 6876:2012^{3,4,23}. Assim, o desenvolvimento de estudos que avaliem a perda de massa de Bio-C Sealer usando modelos experimentais alternativos em

polietileno ou dentina bovina após imersão em PBS ou água destilada pode permitir melhor compreensão para avaliação da solubilidade de materiais à base de silicato de cálcio.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do ambiente de imersão (água destilada ou PBS) e do tipo de modelo experimental (modelo circular de polietileno, dentina bovina ou corpos de prova) na solubilidade de cimento pronto para uso Bio-C Sealer. A hipótese nula era que os meios de imersão e os modelos experimentais não influenciariam na solubilidade desse material.

MATERIAL E MÉTODO

A Tabela 1 descreve as informações do cimento endodôntico e das variáveis que foram testadas no presente estudo.

Tabela 1. Grupos experimentais, material com seu respectivo fabricante, tipo de amostra, solução de imersão e período de avaliação da solubilidade

| Grupos | Material/ fabricante | Tipo de amostra | Solução de imersão | Período |
|----------------------------------|-------------------------------|---|------------------------|---------|
| <i>BCS/MCP/AD</i> | Bio-C Sealer | Modelo circular de polietileno (n = 16) | Água destilada (n = 8) | 28 dias |
| <i>BCS/MCP/PBS</i> | Angelus, Londrina, PR, Brasil | | PBS (n = 8) | |
| <i>BCS/MCD/AD</i> | Bio-C Sealer | Modelo circular de dentina (n = 16) | Água destilada (n = 8) | 28 dias |
| <i>BCS/MCD/PBS</i> | Angelus, Londrina, PR, Brasil | | PBS (n = 8) | |
| <i>Grupo controle BCS/CP/AD</i> | Bio-C Sealer | Corpos de prova (n = 16) | Água destilada (n = 8) | 28 dias |
| <i>Grupo controle BCS/CP/PBS</i> | Angelus, Londrina, PR, Brasil | | PBS (n = 8) | |

BCS: Bio-C Sealer, **MCP:** Modelo Circular de Polietileno, **MCD:** Modelo Circular de Dentina, **CP:** Corpos de Prova, **AD:** Água destilada, **PBS:** Solução salina tamponada com fosfato.

Cálculo do Tamanho da Amostra

O programa G* Power 3.1.7 para Windows (Heinrich-Heine-Universität Dusseldorf, Dusseldorf, Alemanha) foi usado para realizar o cálculo amostral. O teste ANOVA foi empregado com um erro tipo Alpha de 0,05 e poder Beta de 0,80. Estudo prévio²⁴ foi utilizado para determinar o tamanho do efeito específico para variável de solubilidade, 0,62. Um total de sete espécimes foi indicado como sendo o tamanho ideal necessário. Um n = 8 foi empregado.

Seleção dos Dentes Bovinos e Confecção dos Modelos Circulares de Dentina ou Polietileno

Dentes incisivos bovinos extraídos foram radiografados por meio de sistema digital (Kodak RVG 6100, Marne-la-Vallée, France) para confirmação dos critérios de inclusão, e posteriormente as coroas foram seccionadas empregando disco de carborundum (Fabras, São Paulo, SP, Brasil). As raízes bovinas foram seccionadas transversalmente empregando máquina de corte Isomet 1000 (Buehler Ltda, Lake Bluff, IL, Estados Unidos), obtendo espécimes com 1,5 mm de altura (n = 16). Posteriormente, as amostras foram inseridas em silicone de condensação (pasta pesada) (Zetaplus; Zhermark SpA, Badia Polesine, Itália) para fixação das amostras. Após isso, os espécimes foram alocados em furadeira de bancada FSB 16 Pratika (Schulz, Joinville, SC, Brasil) e, com o auxílio de uma broca para vidro com diâmetro interno de 5 mm (Dinser, São Paulo, SP, Brasil), foi padronizado o diâmetro interno das amostras (Figura 1).

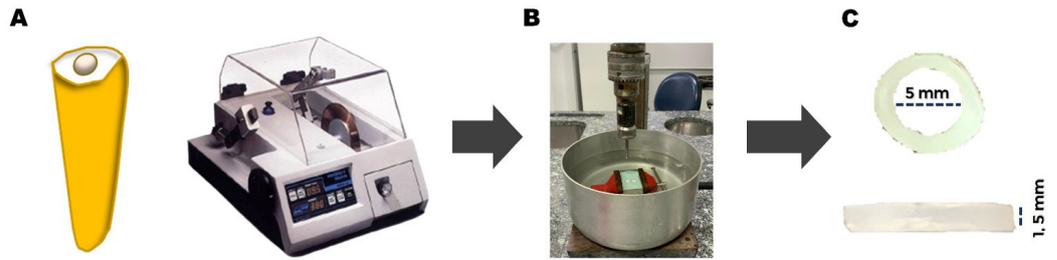


Figura 1. Figura esquemática da confecção dos modelos circulares de dentina. (A) Raízes de dentes bovinos foram seccionadas em máquina de corte Isomet 1000; (B) Perfuração dos modelos de dentina foi realizada usando broca acoplada à furadeira de bancada FSB 16 Pratika; (C) Modelos circulares de dentina com 5 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de espessura foram obtidos.

Tubos de polietileno com diâmetro interno de 5 mm e 1,5 mm de altura foram seccionados transversalmente usando disco de carborundum, e em seguida lixas de gramatura 100 e 200 foram utilizadas para lixar e polir cada espécime. A confirmação do comprimento de cada modelo circular de polietileno (n = 16) foi realizada por meio de paquímetro digital (Mitutoyo, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 2).



Figura 2. Figura esquemática da confecção dos modelos circulares de polietileno. (A) Tubos de polietileno foram seccionados transversalmente em máquina de corte Isomet 1000; (B) Obtenção de modelos circulares de polietileno com 5 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de espessura.

Preenchimento dos Espécimes

Os modelos circulares de dentina e polietileno foram preenchidos com cimento Bio-C Sealer e armazenados em estufa a 37 °C e umidade de 95% por 48 horas.

Confecção dos Corpos de Prova

Corpos de prova confeccionados a partir de Bio-C Sealer com 1,5 de altura e 5 mm de diâmetro (n = 16) foram empregados como grupo controle (Figura 3). Modelos feitos a partir de silicone de condensação foram empregados para alocação do cimento e posterior armazenamento em estufa a 37 °C e umidade de 95% por 48 horas.

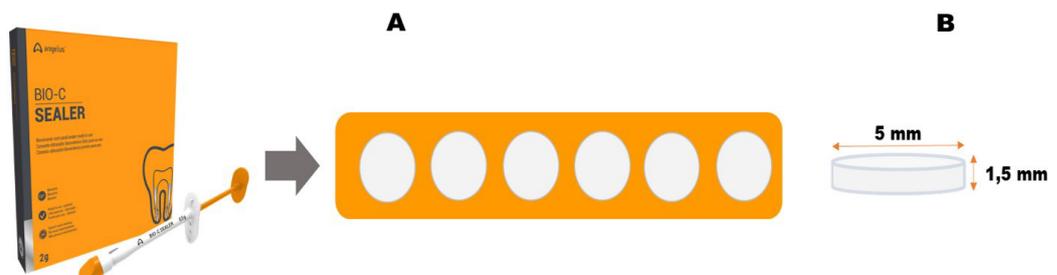


Figura 3. Figura esquemática da confecção dos corpos de prova. (A) Corpos de prova produzidos usando o cimento Bio-C Sealer e alocados em silicone de condensação; (B) Corpos de prova de Bio-C Sealer com 5 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de espessura.

Análise da Massa Inicial e Imersão dos Espécimes

Após dois dias em estufa, as amostras foram pesadas em balança de precisão HM-200 (A & D Engineering, Inc., Bradford, MA, Estados Unidos) para determinação da massa inicial. Na sequência, os modelos circulares de polietileno, dentina bovina ou corpos de prova foram imersos em 7,5 mL de água destilada ou PBS (n = 8) e acondicionados em estufa a 37 °C e umidade 95% por 28 dias.

Análise da Massa Final dos Espécimes

Após período experimental, os espécimes foram removidos das soluções de imersão e pesados em balança de precisão a cada 24 horas até a estabilização da massa final (0,001 g). Durante esse período, as amostras foram armazenadas em dessecador com sílica. A Figura 4 ilustra a metodologia em relação a determinação da massa inicial, imersão nas soluções e definição da massa final dos espécimes usando diferentes modelos experimentais.

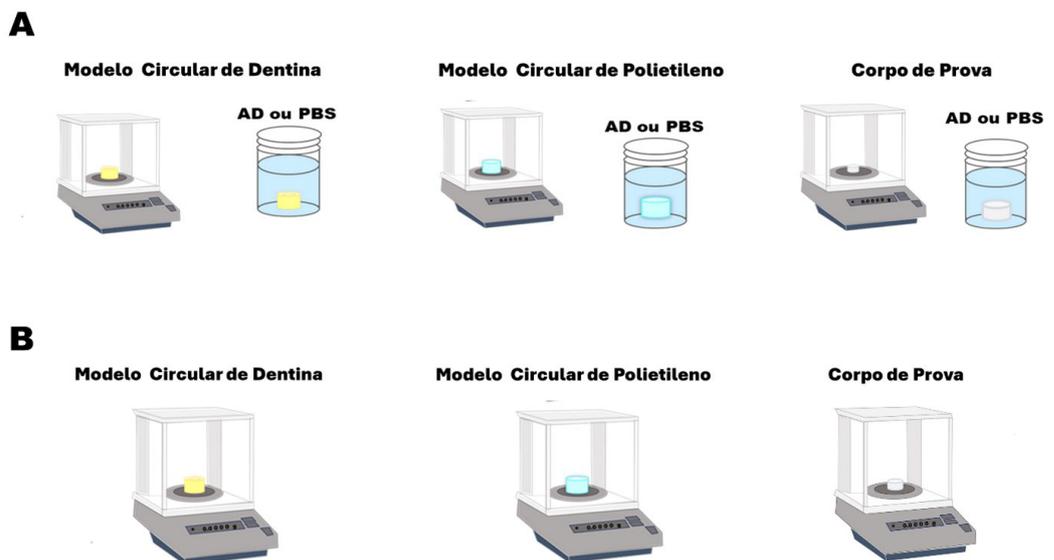


Figura 4. Figura esquemática ilustrando o processo de avaliação da solubilidade de Bio-C Sealer.

(A) Determinação da massa inicial em balança de precisão e imersão dos espécimes nas diferentes soluções pelo período de 28 dias; (B) Determinação da massa final das amostras em balança de precisão para os diferentes modelos experimentais.

Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e apresentaram distribuição normal. Teste ANOVA Two-Way com post-hoc de Tukey foram utilizados para comparar os efeitos das variáveis (meios de imersão e modelos de preenchimento). O nível de significância adotado foi de 5% para todas as análises.

RESULTADO

Água destilada proporcionou maior solubilidade em comparação ao PBS independentemente do modelo de preenchimento ($p < 0,05$). Corpos de prova apresentaram maior solubilidade, seguidos dos modelos circulares de polietileno e dentina quando imersos em água destilada ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre os modelos de preenchimento quando imersos em PBS ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Média e \pm desvio padrão da solubilidade de cimento pronto para uso Bio-C Sealer após imersão em água destilada ou PBS em diferentes modelos de preenchimento pelo período de 28 dias.

| Meio de imersão | Modelo de preenchimento | | |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Modelo circular de polietileno | Modelo circular de dentina | Corpos de prova |
| Água destilada* | 17,36 (2,52) ^B | 13,07 (4,24) ^C | 24,68 (5,64) ^A |
| PBS | 7,52 (1,32) ^A | 9,05 (0,82) ^A | 10,83 (3,27) ^A |

*Indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) entre os meios (Água destilada versus PBS) independentemente do modelo utilizado. Letras maiúsculas diferentes significam diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) entre os modelos testados dentro de cada meio utilizado.

DISCUSSÃO

Altos valores de solubilidade são relatados para cimentos biocerâmicos com base nas recomendações ISO 6876^{3,4,11,23,25,26}. No entanto, as condições de teste são limitadas para avaliação de cimentos à base de silicato de cálcio usando modelo ISO¹¹. Assim, este estudo foi conduzido para testar alternativas metodológicas na avaliação da solubilidade de um cimento pré-misturado e pronto para uso Bio-C Sealer após imersão em água destilada ou PBS usando diferentes modelos de preenchimento. A hipótese nula foi rejeitada, considerando que alguns resultados entre os meios de imersão e modelos de preenchimento mostraram influenciar a solubilidade deste material.

Os presentes achados revelam que a imersão em PBS proporcionou menor perda de massa para Bio-C Sealer usando qualquer um dos modelos de preenchimento quando comparada à imersão em água destilada. Essa descoberta é corroborada por outros estudos que também reportaram menor solubilidade para cimentos biocerâmicos após imersão em PBS^{4,11}. A deposição de cristais de apatita na superfície dos materiais à base de silicato de cálcio em contato com soluções fosfatadas possibilita a diminuição da solubilidade ao longo do tempo^{6,26,27}. No entanto, nossos resultados também demonstram que, mesmo após imersão em PBS, os valores de solubilidade de Bio-C Sealer continuavam acima daqueles recomendados pela ISO 6876.

Ao avaliarmos o impacto do modelo de preenchimento na solubilidade de Bio-C Sealer, nossos resultados indicam que os espécimes confeccionados em dentina apresentaram a menor perda de massa após imersão em água destilada por 28 dias, seguidos pelos modelos de polietileno e corpos de prova. A interação da dentina com o material induz à formação de uma camada mineralizada, mostrando diminuir a solubilidade e porosidade^{11,28,29}. Além disso, a umidade e a capacidade tampão da dentina representam condições favoráveis para correta avaliação da propriedade de solubilidade de materiais com característica hidrofílica, como cimentos à base de silicato de cálcio³⁰. Por outro lado, corpos de prova confeccionados com Bio-C Sealer demonstraram sofrer a maior perda de massa em comparação com todos os modelos testados. A alta resistência à água do polietileno pode ter contribuído positivamente para o menor percentual de solubilidade ao compará-lo com os corpos de prova. No entanto, indo em desconformidade com os resultados da presente investigação, modelos circulares de polietileno preenchidos com o cimento pronto para uso NeoSEALER® Flo (Avalon) mostraram menor perda de massa em comparação com modelos de dentina após imersão por sete dias em água destilada¹⁴. Neste estudo, todos os modelos de preenchimento foram avaliados por período prolongado (28 dias) após imersão em água destilada, podendo essa diferença entre os estudos explicar os atuais achados. A literatura tem atribuído grande importância para o estabelecimento de estudos que avaliem a solubilidade de materiais endodônticos em períodos prolongados^{6,11}, considerando que o processo de hidratação desses cimentos ocorre mesmo após tempo de presa final²⁶.

Com base nas atuais descobertas, este estudo revelou que o emprego de modelo de preenchimento usando dentina bovina e PBS como meio de imersão demonstrou diminuir significativamente a perda de massa para cimento biocerâmico Bio-C Sealer. Tomados em conjunto, esses achados podem representar alternativas metodológicas importantes para correta avaliação e determinação da solubilidade de cimentos à base de silicato de cálcio, aproximando-se de um cenário clínico.

CONCLUSÃO

Imersão em água destilada proporcionou alta solubilidade para Bio-C Sealer em todas as condições testadas. Modelo de preenchimento usando dentina bovina e PBS como meio de imersão representa alternativa reprodutível e adequada para avaliação da solubilidade de cimentos à base de silicato de cálcio.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Mário Tanomaru-Filho – Conceitualização, recebimento de financiamento, pesquisa, administração do projeto, supervisão, redação do manuscrito original, revisão e edição.

Alessandra Alves Gonçalves – curadoria de dados, análise de dados, pesquisa, metodologia, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, redação do manuscrito original.

Airton Oliveira Santos-Junior – Conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, pesquisa, metodologia, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, redação do manuscrito original.

Karina Ines Medina Carita Tavares – Conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, pesquisa, metodologia, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, redação do manuscrito original.

Jáder Camilo Pinto – Conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, pesquisa, metodologia, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, redação do manuscrito original.

Juliane Maria Guerreiro-Tanomaru – Conceitualização, recebimento de financiamento, pesquisa, administração do projeto, supervisão, redação do manuscrito original, revisão e edição.

*Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito conforme submetido e estão qualificados quanto à autoria. Além disso, os autores acreditam que a presente submissão representa um trabalho honesto e assumem total responsabilidade pelas descobertas relatadas.

FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Pibic/CNPq (Processo: 120233/2022-3) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp (Processos: 2020/11012-3, 2020/11011-7 e 2021/11496-3).

REFERÊNCIAS

1. Almeida LHS, Moraes RR, Morgental RD, Cava SS, Rosa WLO, Rodrigues P, et al. Synthesis of silver-containing calcium aluminate particles and their effects on a MTA-based endodontic sealer. *Dent Mater*. 2018;34(8):214-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.011>. PMID:29789161.
2. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-physical properties and bioactivity of new premixed calcium silicate-bioceramic root canal sealers. *Int J Mol Sci*. 2022;23(22):13914. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms232213914>. PMID:36430393.
3. 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.006>. PMID:31447172.
4. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility,

volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2020;53(3):385-91. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13225>. PMID:31566768.

5. Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, et al. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2014;47(2):120-6. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.12120>. PMID:23647286.
6. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T. Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation. *J Endod.* 2018;44(11):1736-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2018.07.026>. PMID:30243663.
7. International Organization for Standardization – ISO. ISO 6876: dental root canal sealing materials. Geneva: ISO; 2012.
8. American National Standards Institute/American Dental Association (ANSI/ADA). Specification no. 57 ADA. Laboratory testing methods: endodontic filling and sealing materials: endodontic sealing materials. Chicago: ANSI/ADA; 2000.
9. Tanomaru-Filho M, Cristine Prado M, Torres FFE, Viapiana R, Pivoto-João MMB, Guerreiro-Tanomaru JM. Physicochemical properties and bioactive potential of a new epoxy resin-based root canal sealer. *Braz Dent J.* 2019;30(6):563-8. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201802861>. PMID:31800750.
10. Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Espir CG, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Solubility, porosity, dimensional and volumetric change of endodontic sealers. *Braz Dent J.* 2019;30(4):368-73. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201902607>. PMID:31340227.
11. Silva EJNL, Ferreira CM, Pinto KP, Barbosa AFA, Colaço MV, Sassone LM. Influence of variations in the environmental pH on the solubility and water sorption of a calcium silicate-based root canal sealer. *Int Endod J.* 2021;54(8):1394-402. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13526>. PMID:33829659.
12. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2015;13(1):43-60. <http://dx.doi.org/10.5301/jabfm.5000201>. PMID:25199071.
13. Camilleri J, Wang C, Kandhari S, Heran J, Shelton RM. Methods for testing solubility of hydraulic calcium silicate cements for root-end filling. *Sci Rep.* 2022;12(1):7100. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-11031-z>. PMID:35501338.
14. Gonçalves AA, Santos-Junior AO, Tavares KIMC, Pinto JC, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Influence of immersion solution and dentin interaction on the solubility of ready-to-use or powder-liquid bioceramic endodontic sealers. *RSD.* 2023;12(3):e5512340216.
15. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod.* 2007;33(9):1110-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2007.06.004>. PMID:17931945.
16. Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of different dimensions of test samples on the volumetric change assessment of endodontic materials. *Braz Dent J.* 2021;32(1):42-7. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440202103507>. PMID:33914001.
17. Benetti F, Queiroz IOA, Cosme-Silva L, Conti LC, Oliveira SHP, Cintra LTA. Cytotoxicity, biocompatibility and biomineralization of a new ready-for-use bioceramic repair material. *Braz Dent J.* 2019;30(4):325-32. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201902457>. PMID:31340221.
18. López-García S, Pecci-Lloret MR, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A, Llena C, et al. Comparative cytocompatibility and mineralization potential of Bio-C Sealer and TotalFill BC sealer. *Materials (Basel).* 2019;12(19):3087. <http://dx.doi.org/10.3390/ma12193087>. PMID:31546696.
19. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.011>. PMID:32682789.
20. Barbosa VM, Pitondo-Silva A, Oliveira-Silva M, Martorano AS, Rizzi-Maia CC, Silva-Sousa YTC, et al. Antibacterial activity of a new ready-to-use calcium silicate-based sealer. *Braz Dent J.* 2020;31(6):611-6. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440202003870>. PMID:33237232.
21. Girelli CFM, de 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-023-04866-x>. PMID:36695972.
22. Caceres C, Larrain MR, Monsalve M, Peña Bengoa F. Dentinal tubule penetration and adaptation of Bio-C sealer and AH-Plus: a comparative SEM evaluation. *Eur Endod J.* 2021 Apr;6(2):216-20. PMID:34047295.
23. Silva EJNL, Cardoso ML, Rodrigues JP, De-Deus G, Fidalgo TKDS. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: a systematic review and meta-analysis. *Aust Endod J.* 2021;47(3):690-702. <http://dx.doi.org/10.1111/aej.12487>. PMID:33523574.
24. Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(4):374-80. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0454>. PMID:28877275.
25. Elyassi Y, Moinzadeh AT, Kleverlaan CJ. Characterization of leachates from 6 root canal sealers. *J Endod.* 2019;45(5):623-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.011>. PMID:30905572.
26. Camilleri J, Atmeh A, Li X, Meschi N. Present status and future directions: hydraulic materials for endodontic use. *Int Endod J.* 2022;55(Suppl 3):710-77. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13709>. PMID:35167119.
27. Prüllage RK, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T. Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. *J Endod.* 2016;42(12):1784-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.09.018>. PMID:27769676.
28. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2009;35(5):731-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.02.011>. PMID:19410094.
29. Gandolfi MG, Parrilli AP, Fini M, Prati C, Dummer PM. 3D micro-CT analysis of the interface voids associated with Thermafil root fillings used with AH Plus or a flowable MTA sealer. *Int Endod J.* 2013;46(3):253-63. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02124.x>. PMID:23039158.
30. De-Deus G, Santos GO, Monteiro IZ, Cavalcante DM, Simões-Carvalho M, Belladonna FG, et al. Micro-CT assessment of gap-containing areas along the gutta-percha-sealer interface in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2022;55(7):795-807. <http://dx.doi.org/10.1111/iej.13744>. PMID:35383977.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não ter conflito de interesses.

*AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Mario Tanomaru-Filho, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araraquara, Departamento de Odontologia Restauradora, Rua Humaitá, 1680, 14801-903 Araraquara, SP, Brasil, e-mail: tanomaru@uol.com.br

Recebido: Novembro 5, 2023

Aprovado: Novembro 5, 2023