

## RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 27/02/2027.



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



**Pedro Luís Busto Rosim**

**Desenvolvimento e avaliação de medicações intracanaais à base de  
silicato de cálcio e Biosilicato em associação ao hidróxido de cálcio**

**Araraquara**  
**2025**



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



**Pedro Luís Busto Rosim**

**Desenvolvimento e avaliação de medicações intracanaais à base de  
silicato de cálcio e Biosilicato em associação ao hidróxido de cálcio**

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

**Orientadora: Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru**

**Araraquara**  
**2025**

R819d

Rosim, Pedro Luis Busto

Desenvolvimento e avaliação de medicações intracanais à base de silicato de cálcio e Biosilicato em associação ao hidróxido de cálcio / Pedro Luis Busto Rosim. -- Araraquara, 2025

54 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientadora: Juliane Maria Guerreiro-Tanomaru

1. Tratamento do canal radicular. 2. Hidróxido de cálcio.  
3. Materiais biocompatíveis. 4. Calcarea silicata I. Título.

**Pedro Luís Busto Rosim**

**Desenvolvimento e avaliação de medicações intracanaais à base de silicato de cálcio e biosilicato em associação ao hidróxido de cálcio**

**Comissão julgadora**

**Dissertação para obtenção do título de Mestre em Odontologia**

Presidente e orientadora: Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

2º Examinador: Prof. Dr. Gustavo Sivieri de Araujo

3º Examinador: Prof. Dr. Evandro Watanabe

Araraquara, 27 de fevereiro de 2025.

## **DADOS CURRICULARES**

**Pedro Luís Busto Rosim**

NASCIMENTO: 19/12/1999 – Ribeirão Bonito – São Paulo

FILIAÇÃO: Maria Lia Buzzá Busto Rosim e Luís Gustavo de Mendonça Rosim

2017/2021: Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB-USP, Bauru, SP.

2021-2022: Curso de Especialização em Endodontia pela Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas – APCD, Bauru, SP.

2023/Atual: Curso de pós-graduação em Odontologia na área de concentração de Endodontia, nível de Mestrado, pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, Araraquara, SP.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pelas bênçãos recebidas, pelo discernimento em momentos de tempestade, pela paz que habita em minha vida e pela vida das pessoas tão importantes para mim. Sem a força dessas pessoas, que foram colocadas por Ti de forma especial, a jornada seria muito mais difícil, e nenhum objetivo seria alcançado sem a Sua vontade.

Aos meus pais, **Luis Gustavo** e **Maria Lia**, que me trouxeram a este mundo sob os mandamentos de Deus, minha eterna gratidão. Pai e mãe, pelos sacrifícios de vocês, pelo amor, suporte e incentivo incondicionais, eu consegui chegar aonde cheguei. O mais importante de tudo, é que busco espelhar minha vida na de vocês, pois são exemplos de carinho, disciplina e fé. Eu seguirei o caminho que vocês me mostraram, com os mesmos valores e dedicação.

Ao meu irmão, **Antônio**, que mesmo tão jovem, esteve ao meu lado nessa jornada e me inspirou a me esforçar para ser um exemplo para ele, dedico minha gratidão e carinho.

Aos meus avós, **Maria Zélia**, **Ademir**, **Maria Cecilia** e **Pedro** que não mediram esforços para que eu recebesse sempre do melhor e que ajudaram a me criar e a educar em momentos difíceis. Agradeço sempre a confiança que colocaram em mim. Saibam que serei eternamente grato.

À **Maria Laura**, minha parceira e namorada, agradeço profundamente por estar ao meu lado nessa jornada. Sua dedicação e esforço nos momentos mais difíceis foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Sou imensamente grato por todo o tempo que compartilhamos, pelas palavras e gestos de incentivo.

À minha orientadora, **Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro-Tanomaru**, expresso minha profunda gratidão pela oportunidade de aprendizado e crescimento no mundo acadêmico, bem como pelo suporte, orientação e, principalmente, paciência ao longo dessa jornada.

Ao **Prof. Dr. Mario Tanomaru Filho**, expressei minha sincera gratidão por compartilhar seus conhecimentos com generosidade e pelo apoio indispensável ao longo do mestrado.

À Profa. Dra. Fernanda Ferrari Esteves Torres, agradeço pelos momentos descontraídos de aprendizado e pelos valiosos ensinamentos sobre como enfrentar os desafios da vida

Aos meus amigos do departamento de Endodontia, **Marcela, Pedro, José Leandro, Ayrton, Catarina, Larissa e Lucas**. Agradeço a amizade e os momentos de descontração, vocês fizeram muitas vezes os fardos serem mais leves, principalmente pela ajuda e suporte fornecido. Serei eternamente grato a vocês.

Aos meus amigos da **GV (Giovanni, Jhow, Carlos Eduardo, Sabrina, João e Vitor)** o grupo adolescente no qual mantenho amizade sincera e verdadeira até hoje. Saibam que essa conquista também é compartilhada por vocês.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a **todos os funcionários da UNESP-FOAr**. Sem a dedicação, o comprometimento e o esforço de cada um, nada do que realizamos seria possível. O trabalho de vocês é essencial.

À CAPES: O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“O mistério da vida me causa a mais forte emoção. É o sentimento que suscita a beleza e a verdade, cria a arte e a ciência. Se alguém não conhece esta sensação ou não pode mais experimentar espanto ou surpresa, já é um morto-vivo e seus olhos se cegaram.”  
Albert Einstein\*

---

\* Einstein A. Como vejo o mundo. Rio de Janeiro: Nova Fronteira; 1981.

Rosim PLB. Desenvolvimento e avaliação de medicações intracanais à base de silicato de cálcio e biosilicato em associação ao hidróxido de cálcio [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

## RESUMO

Medicações intracanais (MIC) devem apresentar propriedades físico-químicas e biológicas adequadas, além da atividade antimicrobiana. Materiais biocerâmicos endodônticos são desenvolvidos em função de sua bioatividade, sendo o silicato tricálcico o seu principal componente. Biosilicato (BSE, LaMaV/UFSCar, Brasil) é um vidro-cerâmico com a capacidade de promover osteogênese e efeito antimicrobiano. O objetivo deste estudo foi desenvolver e avaliar medicações intracanais experimentais à base de hidróxido de cálcio (HCEXP) com radiopacificador óxido de zircônio ( $ZrO_2$ ) e veículo polietilenoglicol 400 (PL) e sua associação com Silicato Tricálcico (STE) e Biosilicato (BSE). O presente estudo é dividido em 2 publicações:

**Publicação 1:** Visa desenvolver e avaliar o pH, a solubilidade e a atividade antimicrobiana da pasta de hidróxido de cálcio HCEXP, além da pasta de HCEXP associada ST (IFUSP, São Carlos, Brasil) nas proporções 50% e 75 % de HCE.

**Publicação 2:** Visa desenvolver e avaliar o pH, a solubilidade e a atividade antimicrobiana da pasta de hidróxido de cálcio (HCEXP) e HCEXP + BSE (LaMaV/UFSCar, Brasil); nas proporções de 50% e 75% de HCEXP.

**Metodologia:** Os testes de pH e solubilidade foram avaliados após preenchimento de tubos de polietileno com as medicações e imersão em água destilada, para o teste de pH os períodos avaliados foram 1, 3, 7, 14 e 21 dias e para o teste de solubilidade 7 e 14 dias. A atividade antimicrobiana foi avaliada por meio do teste de contato direto modificado sobre biofilme de *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*, por meio de contagem de unidade formadora de colônias (UFC/mL). Os dados obtidos foram submetidos a teste de normalidade e aos testes estatísticos de ANOVA e Tukey ( $P < 0,05$ ) **Resultados:** Na publicação 1, todas as medicações alcalinizaram o meio, HCEXP apresentou maior pH inicial e a associação com (STE) levou a um pH mais elevado no período de 21 dias. As associações com STE mostraram menor perda de massa nos dois períodos avaliados. Para a ação antimicrobiana não houve diferença estatística significativa entre as MICs, tanto no biofilme monoespécie quanto no dual-espécie para os grupos com HCEXP/STE e HCEXP. Na publicação 2, todas as medicações apresentaram aumento de pH, sendo maior para HCEXP em todos os períodos. HCEXP/BSE não apresentou diferença significativa na solubilidade e teve menor pH em comparação ao HCEXP. No caso do HCEXP/BSE, no biofilme monoespécie, não houve diferença significativa. No entanto, no biofilme dual-espécie, as MICs com BSE apresentaram menor ação antimicrobiana. **Conclusão:** A associação do STE a pasta HCEXP influenciou as propriedades físicas, diminuindo a solubilidade e aumentando o pH, e mantendo o potencial antimicrobiano.

**Palavras – chave:** Materiais biocompatíveis. Calcarea silicata. Hidróxido de Cálcio. Tratamento do canal radicular.

Rosim PLB. Development and evaluation of intracanal medications based on calcium silicate and biosilicate in association with calcium hydroxide [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

## ABSTRACT

Intracanal medications (ICM) must have adequate physicochemical and biological properties, in addition to antimicrobial activity. Endodontic bioceramic materials are developed based on their bioactivity, with tricalcium silicate being their main component. Biosilicate (BSE, LaMaV/UFSCar, Brazil) is a glass-ceramic with the ability to promote osteogenesis and antimicrobial effect. The aim of this study was to develop and evaluate experimental intracanal medications based on calcium hydroxide (HCEXP) with the radiopacifier zirconium oxide (ZrO<sub>2</sub>) and polyethylene glycol 400 (PL) vehicle, and their association with Tricalcium Silicate (STE) and Biosilicate (BSE). This study is divided into 2 publications: **Publication 1:** Aims to develop and evaluate the pH, solubility, and antimicrobial activity of the calcium hydroxide paste HCEXP, as well as the HCEXP paste associated with STE (IFUSP, São Carlos, Brazil) in the proportions of 50% and 75% of HCEXP. **Publication 2:** Aims to develop and evaluate the pH, solubility, and antimicrobial activity of the calcium hydroxide paste (HCEXP) and HCEXP + BSE (LaMaV/UFSCar, Brazil) in the proportions of 50% and 75% of HCEXP. **Methodology:** pH and solubility tests were evaluated after filling polyethylene tubes with the medications and immersion in distilled water. For the pH test, the periods evaluated were 1, 3, 7, 14, and 21 days, and for the solubility test, the periods were 7 and 14 days. Antimicrobial activity was evaluated through a modified direct contact test on biofilms of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*, by counting colony-forming units (CFU/mL). The data obtained were submitted to normality tests and statistical tests of ANOVA and Tukey ( $P < 0.05$ ). **Results:** In Publication 1, all medications alkalinized the medium, with HCEXP showing the highest initial pH. The association with STE led to a higher pH at the 21-day period. The associations with STE showed lower mass loss. For antimicrobial activity, no statistically significant difference was found between the MICs, both in the monospecies biofilm and the dual-species biofilm for the HCEXP/STE and HCEXP groups. In Publication 2, all medications showed an increase in pH, with HCEXP presenting the highest pH in all periods. HCEXP/BSE did not show a significant difference in solubility and had a lower pH compared to HCEXP. In the case of HCEXP/BSE, no significant difference was observed in the monospecies biofilm. However, in the dual-species biofilm, MICs with BSE showed lower antimicrobial activity. **Conclusion:** The association of STE with the HCEXP paste influenced the physical properties, reducing solubility and increasing pH, while maintaining antimicrobial potential.

**Keywords:** Biocompatible materials. *Calcareo silicata*. Calcium Hydroxide. Root canal therapy.

## SUMÁRIO

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>              | <b>12</b> |
| <b>2 PROPOSIÇÃO .....</b>              | <b>16</b> |
| <b>2.1 Objetivos Específicos .....</b> | <b>16</b> |
| <b>3 PUBLICAÇÕES .....</b>             | <b>17</b> |
| <b>3.1 Publicação 1 .....</b>          | <b>17</b> |
| <b>3.2 Publicação 2 .....</b>          | <b>29</b> |
| <b>4 DISCUSSÃO .....</b>               | <b>41</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>               | <b>44</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                | <b>45</b> |
| <b>APÊNDICE A .....</b>                | <b>50</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende da desinfecção do sistema de canais radiculares<sup>1</sup>. O preparo biomecânico promove limpeza e desinfecção deste sistema, prevenindo ou reparando a periodontite apical<sup>2</sup>. Entretanto, o preparo não atinge todo o sistema de canais radiculares, permitindo a presença de microrganismos resistentes<sup>3</sup>, tornando a medicação intracanal importante na complementação da desinfecção endodôntica<sup>4</sup>.

O hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) é amplamente utilizado como medicação intracanal, por apresentar atividade antimicrobiana<sup>3,4</sup>, promover dissolução de matéria orgânica<sup>5</sup>, inibição da reabsorção dentária<sup>6</sup>, além da capacidade de inativar endotoxinas bacterianas<sup>7</sup> e estimular a formação de tecido mineralizado<sup>8</sup> (Mizuno e Banzai, 2008). O efeito antimicrobiano ocorre pela dissociação, quando em meio aquoso, do  $\text{Ca(OH)}_2$  em íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), alcalinizando o sistema de canais radiculares<sup>4</sup>.

A pasta Calen (S. S. White Art. Dent. Ltda., Petrópolis, RJ, Brazil) é uma medicação intracanal à base de  $\text{Ca(OH)}_2$ , pronta para uso. Contém em sua composição um veículo viscoso, o polietilenoglicol 400, além de colofônia e óxido de zinco, como radiopacificador<sup>10</sup>. O veículo da pasta à base de hidróxido de cálcio influencia diretamente na liberação e dissociação em íons cálcio e hidroxila, assim como na penetração nos túbulos dentinários<sup>11</sup>. O veículo ideal deve permitir a liberação gradual e lenta dos íons, permitir a difusão entre os tecidos e não causar efeito adversos ao organismo<sup>12</sup>. O polietilenoglicol 400 apresenta baixa toxicidade, além de ser um polímero hidrossolúvel<sup>13</sup>, este veículo permite liberação de íons cálcio e hidroxila de forma lenta e por períodos mais longos em relação as medicações associadas a veículos aquosos<sup>10</sup>. Embora inúmeros estudos tenham mostrado as excelentes propriedades da pasta Calen como medicação intracanal<sup>14,15</sup>, o produto não está mais sendo comercializado, levando à necessidade do desenvolvimento de substitutos apropriados.

Materiais biocerâmicos, silicatos de cálcio e biovidros são desenvolvidos devido à sua biocompatibilidade e bioatividade, caracterizada pela deposição de hidroxiapatita na superfície, o que favorece o reparo<sup>16,17,18</sup>. Esses materiais são amplamente utilizados como cimentos reparadores, cimentos endodônticos obturadores e, mais recentemente, como medicação intracanal<sup>19</sup>. Os cimentos

reparadores e obturadores da Angelus® (Londrina, PR, Brasil) são produzidos a partir do Clinker, composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e óxido de cálcio<sup>20</sup>. O silicato tricálcico, principal componente do cimento Portland (MTA), apresenta propriedades biocompatíveis e bioativas<sup>21,22</sup>, induzindo a deposição de fosfato de cálcio, que é fundamental para a bioatividade dos cimentos de silicato de cálcio<sup>23</sup>. Durante a hidratação desses cimentos, forma-se silicato de cálcio hidratado, responsável pela nucleação de hidroxiapatita e pela deposição de tecido mineralizado<sup>24</sup>.

Bio-C Temp(Angelus®, Londrina, PR, Brasil) foi desenvolvido para ser uma medicação à base de silicatos de cálcio pronta para uso. Segundo o fabricante, o Bio-C Temp apresenta em sua composição silicatos de cálcio, tungstato de cálcio e óxido de titânio (radiopacificador). Segundo Villa et al. (2020) <sup>25</sup>, o Bio-C Temp apresenta radiopacidade, potencial de alcalinização e liberação de cálcio, porém menor penetração tubular. A presença em sua composição de veículo resinoso impede a presa por meio da reação de hidratação, mas resulta em uma menor liberação de íons OH<sup>-</sup> e um menor potencial de alcalinização. Lopes et al. (2024) <sup>26</sup> demonstraram que o Bio-C Temp apresenta melhor capacidade de preenchimento e menor solubilidade, corroborando o estudo de Villa et al. (2020) <sup>25</sup>. Embora promova formação de tecido mineralizado, sua ação antimicrobiana é menor que as pastas à base de hidróxido de cálcio<sup>14</sup>. Essa limitação pode comprometer sua eficácia na desinfecção do sistema de canais radiculares, essencial para o sucesso do tratamento<sup>27</sup>. Portanto, o desenvolvimento de medicação com propriedades bioativas, além de propriedades antimicrobianas e físico-químicas adequadas, ainda é um desafio para a ciência endodôntica.

Embora biomateriais comerciais estejam disponíveis, o emprego de silicatos de cálcio puros apresenta alto custo e apresenta menor efetividade antimicrobiana, o que limita maior aplicação clínica. Desta forma, o silicato tricálcico (CaSiO<sub>3</sub>) (IFSC-USP-NACa- São Carlos, Brasil) pode ser produzido pelo método sol-gel, que apresenta menor custo e possibilita a obtenção de partículas com elevada homogeneidade química e estrutural. O processo envolve etapas de hidrólise e condensação, seguidas de tratamentos térmicos em baixa temperatura, que culminam na formação inicial de partículas coloidais (sol) e sua conversão subsequente em uma rede de nanopartículas (gel) <sup>28</sup>. Essa abordagem não apenas

aprimora as propriedades do silicato tricálcico, mas também abre novas perspectivas para sua aplicação em diversas áreas da odontologia e medicina regenerativa.

Ainda com relação ao desenvolvimento de materiais bioativos, o Biosilicato (IFSC-USP-NACa- São Carlos, Brasil) é um vidro-cerâmico bioativo desenvolvido por tratamento térmico controlado para uso nas áreas médica e odontológica<sup>29</sup>. Biosilicato é um material com amplo espectro antimicrobiano, incluindo bactérias anaeróbicas<sup>30,31</sup>. O efeito antimicrobiano do Biosilicato ocorre devido à sua fase bioativa altamente cristalina de elevada área superficial e distribuição de partículas ultrafinas (entre 0,1 e 20  $\mu\text{m}$ ), fazendo com que a sua superfície seja altamente reativa na presença de água<sup>31</sup>. Além disso, o Biosilicato apresenta rápida deposição de hidroxiapatita quando exposto ao PBS, demonstrando o potencial bioativo do material<sup>32</sup>. Moura et al. (2007) <sup>33</sup> demonstraram *in vitro* que Biosilicato apresenta bioatividade e favorece a mineralização. Azenha et al. (2010) <sup>34</sup>, demonstraram que Biosilicato favorece reparo ósseo quando utilizado como um material de enxerto.

Araújo-Lopes et al. (2020) <sup>30</sup> sugeriram o uso do Biosilicato como uma pasta intracanal através da manipulação do pó de Biosilicato com água destilada na proporção 2:1. A pasta experimental foi biocompatível, induziu a imunoexpressão de marcadores osteogênicos e mostrou atividade contra *E. faecalis*, característica relevante no contexto endodôntico, uma vez que *E. faecalis* e *C. albicans* representam os principais microrganismos relacionados ao insucesso endodôntico<sup>14,35,36</sup>, sendo resistentes à medicação intracanal de hidróxido de cálcio<sup>37</sup>. Isso torna necessário o desenvolvimento de novas propostas de materiais ou associações de materiais com potencial antimicrobiano às pastas de hidróxido de cálcio<sup>38</sup>. Desta forma, a associação da pasta de hidróxido de cálcio com novas substâncias para composição da medicação intracanal à base de silicato de cálcio ou vidros bioativos visa ampliar o espectro antimicrobiano, mantendo a biocompatibilidade e proporcionando bioatividade.

Materiais biocerâmicos como silicato tricálcico apresentam reação de presa quando em contato com água, impossibilitando o uso de um veículo aquoso para a confecção de uma medicação intracanal. Dessa forma, é necessária a incorporação de um veículo que não permita sua hidratação, mantendo bioatividade e atividade antimicrobiana. O veículo é importante para manter a consistência da pasta. Duarte et al. (2012) <sup>39</sup> avaliaram o efeito do veículo propilenoglicol 400 nas propriedades físico-químicas do MTA e observaram melhor fluidez, aumento de pH e liberação de

íons  $\text{Ca}^{2+}$ . Em relação ao tempo de presa, quando o MTA foi manipulado com 100% de propilenoglicol (sem água), este material não tomou presa. Além disso, o propilenoglicol 400 associado ao MTA, sem água, apresentou os maiores índices de liberação de íons cálcio e hidroxila. Desta forma, a associação de 100% de polietilenoglicol 400 ao Silicato Tricálcico e ao Biosilicato apresenta potencial para uso como medicação intracanal, pois espera-se que não ocorra a presa total do material mantendo a capacidade antimicrobiana, bioatividade e físico-químicas.

Radiopacificadores podem ser usados nas medicações intracanal, visando a observação radiográfica do preenchimento adequado nos canais radiculares<sup>40</sup>. O óxido de zircônio ( $\text{ZrO}_2$ ) na proporção de 30% pode promover radiopacidade para materiais endodônticos segundo ISO 6876 ( $> 3\text{mm Al}$ )<sup>41</sup>. Ainda, o  $\text{ZrO}_2$  induz a proliferação de fibroblastos e regressão da reação inflamatória<sup>42</sup>, não provoca descoloração dentária<sup>43</sup>; apresenta baixa solubilidade, pH alcalino e liberação de íons cálcio<sup>44</sup>, além de atividade antibacteriana, citocompatibilidade e indução de mineralização<sup>45</sup>, tornando este material um importante radiopacificador de materiais endodônticos.

Desta forma, o efeito das medicações propostas sobre a dentina merece ser investigada. Silicato tricálcio (IFSC-USP-NACa- São Carlos, Brasil) pode ser usado para composição de uma medicação intracanal biocerâmica bioativa e com baixo custo em relação aos produtos comerciais. Biosilicato (Lamav, UFSCAR, São Carlos, Brasil) apresenta propriedades promissoras para formulação de uma pasta bioativa e antimicrobiana. Também, a associação de Silicato Tricálcio e/ou Biosilicato ao hidróxido de cálcio pode incorporar propriedades bioativas mantendo atuação biológica e aumentando a ação antimicrobiana.

## 5 CONCLUSÃO

Com base na metodologia empregada e nos achados deste estudo, conclui-se que a associação do STE e BSE à pasta HCEXP influenciou suas propriedades físicas, reduzindo a solubilidade e aumentando o pH aos 21 dias no grupo HCEXP/STE. As MIC com STE apresentaram desempenho semelhante ao HCEXP, mantendo o potencial antibiofilme para biofilmes monoespécie e dual. No grupo HCEXP/BSE, a solubilidade em períodos mais longos não apresentou diferença estatística significativa, e o pH foi menor em comparação ao HCEXP. Em relação à atividade antimicrobiana, as MIC com BSE e HCEXP puro demonstraram potencial antibiofilme semelhante para biofilmes monoespécie, porém as pastas contendo BSE apresentaram menor eficácia contra *E. faecalis*. No entanto, para *C. albicans*, todas as MIC exibiram o mesmo potencial antibiofilme.

## REFERÊNCIAS\*

1. Kim D, Kim E. Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review - Part I. In vitro studies. *Restor Dent Endod*. 2014; 39(4):241-52.
2. Tomson PL, Simon SR. Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J*. 2016;5(2):46-53.
3. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spångberg LS. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011 ;112(6):825-42.
4. Byström A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endodontics and Dental Traumatology*. 1985; 1, 170-5.
5. Andersen M, Lund A, Andreasen JO, Andreasen FM. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol*. 1992; 8(3): 104-8.
6. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. Ph changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod*. 1981; 7:17-22
7. Tanomaru JM, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Bonetti Filho I, Silva LA. Effect of different irrigation solutions and calcium hydroxide on bacterial LPS. *Int Endod J*. 2003;36(11):733-9.
8. Mizuno M, Banzai Y. Calcium ion release from calcium hydroxide stimulated fibronectin gene expression in dental pulp cells and the differentiation of dental pulp cells to mineralized tissue forming cells by fibronectin. *Int Endod J*. 2008;41(11):933-8.
9. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of action of Calcium and Hydroxyl Ions of Calcium Hydroxide on Tissue Bacteria. *Braz Dent J*. 1995;6(2):85-90.
10. Leonardo MR et al. Hidróxido de cálcio em Endodontia: avaliação da alteração do pH e da liberação de íons cálcio em produtos endodônticos à base de hidróxido de cálcio. *RGO, Porto Alegre*, v.40, n.1, p.69-72, 1992.
11. Pacios MG, de la Casa ML, de Bulacio MI, López ME. Influence of different vehicles on the pH of calcium hydroxide pastes. *J Oral Sci*. 2004 ;46(2):107-11.
12. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *Int Endod J*. 1999;32(4):257-82.

---

\* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

13. Mohammadi Z, Dummer PM. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J*. 2011; 44(8):697-730.
14. Guerreiro JCM, Ochoa-Rodríguez VM, Rodrigues EM, Chavez-Andrade GM, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria G. Antibacterial activity, cytocompatibility and effect of Bio-C Temp bioceramic intracanal medicament on osteoblast biology. *Int Endod J*. 2021; 54(7):1155-65.
15. Faria G, Nelson-Filho P, Freitas AC, Assed S, Ito IY. Antibacterial effect of root canal preparation and calcium hydroxide paste (Calen) intracanal dressing in primary teeth with apical periodontitis. *J Appl Oral Sci*. 2005;13(4):351-5.
16. Dong X, Xu X. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering (Basel)*. 2023;10(3):354
17. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *J Endod*. 2019;45(1):51-56.
18. 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.
19. Lopes CS, Delfino MM, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, Guerreiro-Tanomaru JM, Cerri OS. 2022. Hepatic enzymes and immunoinflammatory response to Bio-C Temp bioceramic intracanal medication implanted into the subcutaneous tissue of rats. *Sci Rep*. 2022; 12(1):2788.
20. Tanomaru-Filho M, de Oliveira BV, Tavares KIMC, Rodrigues EM, Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM. Effect of radiopacifier and liquid in the physicochemical and biological properties of calcium silicate clinker Angelus: A laboratory investigation. *Aust Endod J*. 2024 ;50(1):52-9.
21. Sanz JL, López-García S, Lozano A, Pecci-Lloret MP, Llena C, Guerrero-Gironés J, Rodríguez-Lozano FJ, Forner L. Microstructural composition, ion release, and bioactive potential of new premixed calcium silicate-based endodontic sealers indicated for warm vertical compaction technique. *Clin Oral Investig*. 2021; 25(3):1451-62.
22. Du Z, Zhao Z, Liu H, Liu X, Zhang X, Huang Y, Leng H, Cai Q, Yang X. Macroporous scaffolds developed from CaSiO<sub>3</sub> nanofibers regulating bone regeneration via controlled calcination. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2020; 113:111005.
23. Iimori Y, Kameshima Y, Okada K, Hayashi S. Comparative study of apatite formation on CaSiO<sub>3</sub> ceramics in simulated body fluids with different carbonate concentrations. *J Mater Sci Mater Med*. 2005; 16(1):73-9.
24. Camilleri J. Characterization and hydration kinetics of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial. *Dent Mater*. 2011; 27(8): 836-44
25. Villa N, Santos VVD, Costa UMD, Mendes AT, Duarte PHM, Rosa RAD, Pereira JR, Só MVR. A New Calcium Silicate-Based Root Canal Dressing: Physical and Chemical Properties, Cytotoxicity and Dentinal Tubule Penetration. *Braz Dent J*. 2020; 31(6):598-604.

26. Lopes CS, Ferrari Esteves Torres F, Faria G, Sasso-Cerri E, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M et al. Calcium silicate-based intracanal medication: Physicochemical properties and effectiveness of techniques for removing medication from the human root canal. *Eur Endod J*. 2024;9(4):374-82.
27. de Oliveira Neto RS, Souza TM, Rosa SJ, Vivan RR, Alcalde MP, Honório HM, Duarte MAH. Biological response to endodontic treatment in one versus two-visit: a systematic review and meta-analysis of animal studies. *Clin Oral Investig*. 2024; 28(3):173.
28. 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.
29. Siqueira RL, Zanotto ED. Biosilicato®: histórico de uma vitrocerâmica brasileira de elevada bioatividade. *Quím Nova [Internet]*. 2011;34(7):1231–41.
30. Araújo-Lopes JM, Benetti F, Rezende GC, Souza MT, Conti LC, Ervolino E et al. Biocompatibility, induction of mineralization and antimicrobial activity of experimental intracanal pastes based on glass and glass-ceramic materials. *Int Endod J*. 2020; 53(11): 1494-505.
31. Martins CH, Carvalho TC, Souza MG, Ravagnani C, Peitl O, Zanotto ED et al. Assessment of antimicrobial effect of Biosilicate® against anaerobic, microaerophilic and facultative anaerobic microorganisms. *J Mater Sci Mater Med*. 2011; 22(6):1439-146.
32. 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.
33. Moura J, Teixeira LN, Ravagnani C et al. Osteogênese in vitro em uma vitrocerâmica altamente bioativa (Biosilicato). *J Biomed Mater Res A*. 2007 ; **82** : 545 - 57 .
34. Azenha MR, Peitl O, Barros VMR. Bone response to Biosilicates with different crystal phases. *Brazilian Dental Journal*. 2010; 21, 383–9.
35. Zancan RF, Vivan RR, Milanda Lopes MR, Weckwerth PH, de Andrade FB, Ponce JB, et al. Antimicrobial activity and physicochemical properties of calcium hydroxide pastes used as intracanal medication. *J Endod* 2016; 42: 1822-28.
36. Delgado RJ, Gasparoto TH, Sipert CR, Pinheiro CR, Moraes IG, Garcia RB et al. Antimicrobial effects of calcium hydroxide and chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2010; 36(8):1389-93.
37. Siqueira JF Jr, de Uzeda M. Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria. *J Endod*. 1996 Dec;22(12):674-6.
38. Ohara P, Torabinejad M, Kettering JD. Antibacterial effects of various endodontic medicaments on selected anaerobic bacteria. *J Endod*. 1993; 19(10):498-500.

39. Duarte MA, Alves de Aguiar K, Zeferino MA, Vivan RR, Ordinola-Zapata R, Tanomaru-Filho M, Weckwerth PH, Kuga MC. Evaluation of the propylene glycol association on some physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2012; 45(6):565-70.
40. Verma R, Fischer BI, Gregory RL, Yassen GH. The Radiopacity and Antimicrobial Properties of Different Radiopaque Double Antibiotic Pastes Used in Regenerative Endodontics. *J Endod.* 2018; 44(9):1376-80.
41. Camilleri J, Cutajar A, Mallia B. Hydration characteristics of zirconium oxide replaced Portland cement for use as a root-end filling material. *Dent Mater.* 2011; 27(8):845-54.
42. Silva GF, Guerreiro-Tanomaru JM, da Fonseca TS, Bernardi MIB, Sasso-Cerri E, Tanomaru-Filho M, Cerri PS. Zirconium oxide and niobium oxide used as radiopacifiers in a calcium silicate-based material stimulate fibroblast proliferation and collagen formation. *Int Endod J.* 2017; 50 Suppl 2:e95-e108.
43. Marques-Junior RB, Baroudi K, Santos A, Pontes D, Amaral M 2021. Tooth discoloration using calcium silicate-based cements for simulated revascularization in vitro. *Braz Dent J.* 2021; 32(1):53-8.
44. Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM, Viapiana R, Berbert FL, Duarte MA, Tanomaru-Filho M. . Physicochemical properties of calcium silicate cements associated with microparticulate and nanoparticulate radiopacifiers. *Clin Oral Investig.* 2016; 20(1):83-90.
45. Queiroz MB, Torres FFE, Rodrigues EM, Viola KS, Bosso-Martelo R, Chavez-Andrade GM, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Physicochemical, biological, and antibacterial evaluation of tricalcium silicate-based reparative cements with different radiopacifiers. *Dent Mater.* 2021; 37(2):311-20.
46. Escobar PM, Silva-Sousa AC, Camargo RV, Simões-Carvalho M, Silva-Sousa YT, Mazzi-Chaves JF, et al. Influence of bioceramic intracanal medication on the bond strength of bioceramic root canal sealer. *Braz Oral Res.* 2023; 37:e056.
47. Chong BS, Pitt Ford TR. The role of intracanal medication in root canal treatment. *Int Endod J.* 1992;25(2):97-106.
48. Capitanio BL, Hashizume LN, Kuga MC, Oliveira ECG, Rosa RAD, Só GB, Só MVR. Analysis of pH, calcium ion release, and energy dispersive spectroscopy of a bioceramic root canal dressing. *Braz Dent J.* 2023 ; 34(4): 54-61.
49. Viana FLP, Vivan RR, Pinheiro ET, Duarte MAH, Zanin ICJ, Vasconcelos BC de. Antimicrobial activity of new bioceramic endodontic sealers . *RSD.* 2021;10(8):e52910817593.
50. de Andrade Ferreira FB, Silva E Souza Pde A, do Vale MS, de Moraes IG, Granjeiro JM. Evaluation of pH levels and calcium ion release in various calcium hydroxide endodontic dressings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97(3):388-92.

51. Begum S, Johnson WE, Worthington T, Martin RA. The influence of pH and fluid dynamics on the antibacterial efficacy of 45S5 Bioglass. *Biomed Mater.* 2016;11(1):015006.
52. Castro-Núñez GM, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Torres FFE, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Physicochemical properties and antibiofilm activity of mineral trioxide aggregate associated with farnesol. *Braz Oral Res.* 2024; 38:e066.
53. Morales DK, Hogan DA. *Candida albicans* interactions with bacteria in the context of human health and disease. *PLoS Pathog.* 2010;6(4):e1000886.
54. Shirliff ME, Peters BM, Jabra-Rizk MA. Cross-kingdom interactions: *Candida albicans* and bacteria. *FEMS Microbiol Lett.* 2009;299(1):1-8.
55. de Magalhães Silveira CF, da Silveira Bueno CE, Schreiber AZ. Cytocompatibility and Antibiofilm Activity of Calcium Hydroxide Mixed with *Cyperus articulatus* Essential Oil and Bio-C Temp Bioceramic Intracanal Medicament. *Antibiotics (Basel).* 2024;13(7):637.
56. Kart D, Yabanoğlu Çiftçi S, Nemutlu E. Metabolomics-driven Approaches on Interactions Between *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* Biofilms. *Turk J Pharm Sci.* 2021;18(5):557-64.
57. Alshanta OA, Albashaireh K, McKloud E, et al. *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis* biofilm frenemies: When the relationship sours. *Biofilm.* 2022; 4:100072
58. Lopes CS, Delfino MM, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, Guerreiro-Tanomaru JM, Cerri PS. Bioactive potential of Bio-C Temp demonstrated by systemic mineralization markers and immunoexpression of bone proteins in the rat connective tissue. *J Mater Sci Mater Med.* 2024;35(1):13.
59. Gomes-Cornélio AL, Rodrigues EM, Mestieri LB, et al. Cytotoxicity and genotoxicity of calcium silicate-based cements on an osteoblast lineage. *Braz Oral Res.* 2016;30(1):S1806-83242016000100247.
60. Lopes CS, Delfino MM, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, Guerreiro-Tanomaru JM, Cerri PS. Hepatic enzymes and immunoinflammatory response to Bio-C Temp bioceramic intracanal medication implanted into the subcutaneous tissue of rats. *Sci Rep.* 2022;12(1):2788.
61. Nijsure MP, Pastakia M, Spano J, Fenn MB, Kishore V. Bioglass incorporation improves mechanical properties and enhances cell-mediated mineralization on electrochemically aligned collagen threads. *J Biomed Mater Res A.* 2017;105(9):2429-2440.