

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 24/03/2024.



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



Luana Raphael Da Silva

**Alteração volumétrica do cimento reparador Bio-C Repair em diferentes
condições de pH**

Araraquara

2022



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



Luana Raphael Da Silva

Alteração volumétrica do cimento reparador Bio-C Repair em diferentes condições de pH

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

Orientador: Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho

Araraquara

2022

S586a	Silva, Luana Raphael da Alteração volumétrica do cimento reparador Bio-C Repair em diferentes condições de pH / Luana Raphael da Silva. -- Araraquara, 2022 .41 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara Orientador: Mário Tanomaru Filho 1. Endodontia. 2. Materiais Dentários. 3. Microtomografia por Raio-X. 4. Propriedades Físicas. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Luana Raphael Da Silva

Alteração volumétrica do cimento reparador Bio-C Repair em diferentes condições de pH

Comissão julgadora

Dissertação para obtenção de título de Mestre em Odontologia

Presidente e orientador: Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho

2º Examinador: Profa. Dra. Gisele Faria

3º Examinador: Prof. Dr. Bruno Cavalini Cavenago

Araraquara, 24 de março de 2022.

DADOS CURRICULARES

Luana Raphael Da Silva

NASCIMENTO 02/10/1996 – São Joaquim da Barra – São Paulo

FILIAÇÃO Devair Raphael da Silva

Elisa Regina Oliveira da Silva

2015 – 2018 Graduação em Odontologia no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), Barretos, SP – Brasil

2018 – 2018 Curso de Atualização em Endodontia, na Associação Paulista dos Cirurgiões Dentistas Regional de Barretos (APCD), Barretos, SP – Brasil

Curso de Atualização de Inter-Relação Perio, Dentística e Prótese, no Centro Universitária do Norte Paulista, UNIPÓS-UNORP, São José do Rio Preto, SP – Brasil

2020 – 2022 Especialização em Endodontia na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP

Pós-graduação em Odontologia, Área de Endodontia, nível Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Dedico este trabalho aos meus pais Devair e Elisa, por terem me apoiado constantemente para chegar até aqui, além dos vários conselhos e amor incondicional, sendo meu exemplo e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde e disposição para realizar meus sonhos, por colocar pais maravilhosos e pessoas boas em meu caminho para que hoje estivesse realizando um dos meus sonhos que é o mestrado.

Aos meus pais Devair Raphael da Silva e Elisa Regina Oliveira da Silva pelo constante apoio em todos os momentos de minha vida, ensinamentos, pelo grande amor que tem por suas duas filhas e que não medem esforços para realizar nossos sonhos. Além disso, quero agradecer a oportunidade de ter estudado, ter uma profissão e continuar meus estudos. Carrego comigo a minha admiração e o exemplo que vocês são para mim hoje. Amo muito vocês e devo tudo que sou a vocês dois.

À minha irmã Aline por ser minha companheira. Pelos conselhos de vida e profissão. O caminho até aqui foi árduo, porém sempre estamos juntas, me guiando como irmã mais velha e dando conselhos de vida e profissão.

Ao meu orientador professor Mário Tanomaru Filho por ser esse grande profissional que me inspira como endodontista, pesquisador e como pessoa. Agradeço também pela confiança e oportunidade de realizar o mestrado na UNESP e sendo sua orientada. É uma grande honra em fazer parte dessa equipe e poder aprender todos os dias.

À professora Juliane Tanomaru pelo profissionalismo e carinho em ensinar nos laboratórios e clínicas, sendo muito atenciosa e prestativa quando precisei.

Aos professores Carlos Alexandre Souza Bier e Gisele Faria pela disponibilidade e contribuição neste trabalho como banca de qualificação.

Aos professores Fábio Berbert, Idomeo Bonetti Filho e Luiz Fernando Freitas por todo conhecimento clínico, principalmente na especialização.

Aos professores da UNIFEB, em especial professores da disciplina de endodontia que são: Prof. Water Antônio Almeida, Maria José Almeida, Marcelo Brunozzi, Bruno Crozeta e Juliana dos Reis Derceli por passar o verdadeiro amor em ensinar a endodontia durante a graduação.

Aos meus amigos Ana Flávia, Giulia, Sâmmea, Danilo, Anahi e Larissa que ingressaram junto comigo no programa de pós-graduação, vou sentir saudades e desejo muito sucesso para vida de todos vocês. Em especial, para meu trio Ana

Flávia, Giulia e Sâmmea que desejo de todo meu coração sucesso profissional e pessoal, vocês foram as três irmãs que o mestrado me proporcionou ter.

Aos meus amigos do Peru Victor e Hernán, grande dupla, muitas conversas, risadas e ensinamento. Hernan minha dupla de academia e ao Victor sempre nos happy hour. Muito obrigada meus grandes amigos, eu sou muito grata de ter conhecido vocês dois.

À minha querida amiga Giselle M. Chávez Andrade, muito obrigada por estar sempre disposta a ajudar, por aconselhar nos momentos difíceis e pelos ensinamentos de DEUS. Agradeço a Deus por ter conhecido você e sou eternamente grata a tudo que fez por mim durante esses anos.

Aos meus amigos de pós-graduação Airton, Karina, Jáder e Fernanda que são todos muito prestativos desde quando entrei para a pós me ajudaram. Airton com toda a sua paciência, dedicação e carisma me ensinou e me aconselhou em todos os momentos. A Karina que despertou meu amadurecimento como pesquisadora e me auxiliou em todas as etapas do meu projeto. Ao Jáder pela paciência e dedicação para que meus resultados fossem coerentes e corretos e a Fernanda que me auxiliou na escrita e esclareceu todas as minhas dúvidas. Obrigada a todos, vou guardar no meu coração cada conselho e momentos vividos com vocês.

À CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo nº 132179/2020-2) pelo apoio financeiro essencial para realização dessa pesquisa.

Por fim, agradeço aos demais amigos que de certa forma contribuíram na minha caminhada até aqui.

“O SENHOR é o meu pastor, nada me falta: em pastagens verdejantes faz-me deitar, para águas repousantes me conduz e reconforta minha alma. Por veredas de justiça me guia, por amor do seu nome. Mesmo se eu tiver de andar por um vale de sombra mortal, não temerei os males, porque estás comigo. O teu bordão e o teu cajado, são eles que me confortam. Diante de mim preparas a mesa em frente dos que me afligem; com óleo me unges a cabeça e meu cálice transborda. Pois a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida; e habitarei na casa do SENHOR por dias sem fim.”

Salmo 23 (Salmo de Davi)*

* Bíblia Sagrada. Brasília: 1ª Editora, 2018.

Silva LR. Alteração volumétrica do cimento reparador Bio-C Repair em diferentes condições de pH [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

RESUMO

Objetivo: pH ácido pode alterar propriedades de cimentos reparadores. Este estudo avaliou a alteração volumétrica do cimento reparador biocerâmico pronto para uso Bio-C Repair (BCR, Angelus, Londrina, PR, Brasil) após imersão em solução salina tamponada com fosfato (PBS) (pH 7.0) ou ácido butírico (pH 4.5). **Metodologia:** Dentes bovinos extraídos foram utilizados para confecção de tubos de dentina com 4 mm de comprimento, diâmetro interno de 1,5 mm e espessura das paredes de aproximadamente 1 mm. Os tubos de dentina foram preenchidos com BCR (n=8) e mantidos em estufa a 37 °C por 24 horas. Escaneamento inicial em microtomografia computadorizada (micro-CT; SkyScan 1176, Bruker, Kontich, Bélgica) com tamanho de voxel de 8.74 µm foi realizado. Em seguida, os espécimes foram imersos em 1,5 mL de PBS ou ácido butírico e mantidos em estufa a 37°C por 7 dias. Após esse período, novo escaneamento em micro-CT foi realizado. **Resultados:** Bio-C Repair apresentou perda volumétrica após imersão em ácido butírico, e aumento de volume após imersão em PBS ($p<0.05$). As regiões analisadas (extremidade e parte interna) mostraram comportamento volumétrico semelhante para os dois meios de imersão ($p>0.05$). **Conclusões:** O pH ácido influencia a estabilidade dimensional do cimento Bio-C Repair, promovendo perda volumétrica.

Palavras – chave: Endodontia. Materiais Dentários. Microtomografia por Raio-X. Propriedades Físicas.

Silva LR. Volumetric change of Bio-C Repair repair cement in different pH conditions [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

ABSTRACT

Objective: Acidic pH can modify the properties of repair cements. This study evaluated the volumetric change of the ready-to-use bioceramic repair cement Bio-C Repair (BCR, Angelus, Londrina, PR, Brazil) after immersion in phosphate-buffered saline (PBS) (pH 7.0) or butyric acid (pH 4.5). **Methodology:** Extracted bovine teeth were used to make dentin tubes with a length of 4 mm, an internal diameter 1.5 mm and wall thickness of approximately 1 mm. The dentin tubes were filled with BCR (n=8) and kept in oven at 37 °C for 24 hours. Initial scanning in micro-computed tomography (micro-CT; SkyScan 1176, Bruker, Kontich, Belgium) with a voxel size of 8.74 µm was performed. Then, the specimens were immersed in 1.5 mL of PBS or butyric acid and kept in oven at and 37 °C for 7 days. After this period, a new micro-CT scan was performed. **Results:** Bio-C Repair showed a volumetric loss after immersion in butyric acid, and volume increase after immersion in PBS ($p<0.05$). The analyzed regions (extremity and internal part) showed similar volumetric behavior for the two immersion media ($p>0.05$). **Conclusion:** The acidic pH influences the volumetric stability of Bio-C Repair cement, promoting volumetric loss.

Keywords: Endodontics. Dental Materials. X-Ray Microtomography. Physical Properties.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROPOSIÇÃO	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivo Específico	11
3 REVISÃO DA LITERATURA	12
4 MATERIAL E MÉTODO	14
4.1 Cálculo do Tamanho da Amostra	14
4.2 Preparo dos Espécimes e Escaneamento em Micro-CT	14
4.3 Avaliação por Micro-CT da Alteração Volumétrica	16
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
6 RESULTADO	20
7 DISCUSSÃO	22
8 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25
APÊNDICE A	29
ANEXO A	41

1 INTRODUÇÃO

Bio-C Repair (BCR, Angelus, Londrina, PR, Brasil) é um cimento reparador biocerâmico pronto para uso, composto por silicato tricálcico, aluminato de cálcio, óxido de cálcio, óxido de zircônio, óxido de ferro, dióxido de silício e agente de dispersão. BCR apresenta citocompatibilidade similar e maior radiopacidade que Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, França)^{1,2}. BCR apresenta capacidade de preenchimento maior que MTA HP (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e perda volumétrica abaixo de 3% após avaliação em microtomografia computadorizada (micro-CT)³.

Estabilidade dimensional e baixa solubilidade são propriedades essenciais para materiais endodônticos, diminuindo a possibilidade de infiltração bacteriana⁴. De acordo com as diretrizes da *International Organization for Standardization*, bem como da *American Dental Association* (ISO⁵ e ANSI/ADA⁶), a solubilidade dos cimentos endodônticos não deve exceder 3,0% de perda de massa e a alteração dimensional não deve exceder 1,0% na contração ou 0,1% na expansão⁷. Teste de solubilidade ISO 6876/2012⁵ apresenta limitações para avaliar materiais à base de silicato de cálcio pela natureza hidrofílica dos cimentos biocerâmicos⁸. A alteração dimensional é avaliada por medidor linear o que não reflete o comportamento tridimensional^{9,10}.

A imersão dos cimentos em fluidos corporais simulados como a solução salina tamponada com fosfato (PBS) permite maior proximidade com condições clínicas e promove menor solubilidade para materiais biocerâmicos quando comparados a imersão em água destilada^{11,12}. Valores de solubilidade mais baixos após imersão em PBS podem estar relacionados à interação com os íons de fosfato do fluido corporal simulado, permitindo a formação de uma camada superficial de hidroxiapatita nos materiais à base de silicato de cálcio⁴.

As propriedades físico-químicas de materiais reparadores podem apresentar alterações em ambiente ácido¹³. O pH ácido pode ocorrer na região periapical em decorrência de eventos inflamatórios^{14,15}, podendo impactar negativamente na estabilidade dimensional de materiais biocerâmicos reparadores^{16,13}. Metodologias que possibilitem simular diferentes condições clínicas, como um pH mais ácido, podem permitir melhor compreensão das propriedades físico-químicas de cimentos à

base de silicato de cálcio¹². O ácido butírico é utilizado para promover pH ácido por ser um dos subprodutos do metabolismo de bactérias anaeróbicas presentes no desenvolvimento da periodontite apical¹².

Diversos métodos são propostos para avaliar as propriedades de materiais endodônticos. Micro-CT é um método de análise tridimensional não destrutivo capaz de complementar os testes convencionais ISO/ADA^{5,6,17}. Essa metodologia não destrutiva pode ser empregada para avaliar o comportamento volumétrico de cimentos endodônticos após imersão em diferentes meios^{18,19}. No entanto, até o momento, não existem estudos que avaliaram o efeito do pH do meio de imersão na alteração volumétrica de BCR. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da imersão em PBS (pH 7.0) ou ácido butírico (pH 4.5) na alteração volumétrica do cimento biocerâmico pronto para uso, BCR, por meio de micro-CT. A hipótese nula foi que o pH dos diferentes meios de imersão não teria influência na alteração volumétrica do cimento BCR.

8 CONCLUSÃO

Os meios de imersão influenciaram na alteração volumétrica do material pronto para uso Bio-C Repair, com perda volumétrica em ácido butírico (pH 4.5) e ganho de volume em PBS (pH 7.0). As regiões analisadas não influenciaram a alteração volumétrica de Bio-C Repair.

REFERÊNCIAS*

1. Ghilotti J, Sanz JL, López-García S, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Lozano A et al. Comparative surface morphology, chemical composition, and cytocompatibility of Bio-C Repair, Biodentine, and ProRoot MTA on hDPCs. *Materials*. 2020; 13(9): 2189.
2. Oliveira LV, de Souza GL, da Silva GR, Magalhães TEA, Freitas GAN, Turrioni AP et al. Biological parameters, discolouration and radiopacity of calcium silicate-based materials in a simulated model of partial pulpotomy. *Int Endod J*. 2021; 54(11): 2133-44.
3. Torres FFE, Pinto JC, Figueira GO, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. A micro-computed tomographic study using a novel test model to assess the filling ability and volumetric changes of bioceramic root repair materials. *Restor Dent Endod*. 2020; 46(1): e2.
4. 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.
5. International Organization for Standardization. ISO 6876: dental root canal sealing materials. Geneva: International Organization for Standardization; 2012.
6. ANSI/ADA. American National Standards Institute/American Dental Association. Specification no. 57 ADA. Laboratory testing methods: endodontic filling and sealing materials. Endodontic sealing materials. Chicago; 2000.
7. 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.
8. Elyassi Y, Moizadeh AT, Kleverlaan CJ. Characterization of leachates from 6 root canal sealers. *J Endod*. 2019; 45(5): 623-27.
9. Silva EJ, Perez R, Valentim RM, De-Deus GA, Lima IC, Neves AA. Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. *Int Endod J*. 2017; 50(4): 407–14.
10. Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru Filho, M. Methods using micro-CT for evaluating physicochemical properties and volumetric changes in root-end filling materials. *J Appl Oral Sci*. 2017; 25(4): 374–80.
11. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater*. 2013; 29(2): e20-8.

* 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>

12. 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.
13. Akinci L, Simsek N, Aydinbelge HA. Physical properties of MTA, BioAggregate and Biodentine in simulated conditions: a micro-CT analysis. *Dent Mater J*. 2020; 39(4): 601-7.
14. Nekoofar MH, Namazikhah MS, Sheykhrezae MS, Mohammadi MM, Kazemi A, Aseeley Z et al. pH of pus collected from periapical abscesses. *Int Endod J*. 2009; 42(6): 534-8.
15. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Iravani A, Kharrazifard MJ, Dummer PM. Effect of acidic environment on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2010; 36(5): 871-4.
16. Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykhrezae MS, Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2008; 41(2): 108-16.
17. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chávez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L et al. Physicochemical properties and volumetric change of silicone/bioactive glass and calcium silicate-based endodontic sealers. *J Endod*. 2017; 43(12): 2097-101.
18. Quintana RM, Jardine AP, Grechi TR, Grazziotin-Soares R, Ardenghi DM, Scarparo RK et al. Bone tissue reaction, setting time, solubility, and pH of root repair materials. *Clin Oral Investig*. 2019; 23(3): 1359-66.
19. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chavez-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.
20. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod*. 1993; 19(12): 591-5.
21. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Pitt Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater*. 2005; 21(4): 297-303.
22. Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2008; 41(5): 408-17.
23. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod*. 2010; 36(3): 400-13.
24. Guimarães BM, Prati C, Duarte MAH, Bramante CM, Gandolfi MG. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA Repair HP and MTA Vitalcem. *J Appl Oral Sci*. 2018; 26: e2017115.

25. Duarte MAH, Marciano MA, Vivan RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res.* 2018; 32(suppl 1): e70
26. Camilleri J, Grech L, Galea K, Keir D, Fenech M, Formosa L et al. Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. *Clin Oral Investig.* 2014; 18(5): 1437-46.
27. Marciano MA, Camilleri J, Lucateli RL, Costa RM, Matsumoto MA, Duarte MAH. Physical, chemical, and biological properties of white MTA with additions of AlF₃. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(1): 33-41.
28. Benetti F, Queiroz ÍOA, 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.
29. Rodrigues MNM, Bruno KF, de Alencar AHG, Silva JDS, de Siqueira PC, Decurcio DA et al. Comparative analysis of bond strength to root dentin and compression of bioceramic cements used in regenerative endodontic procedures. *Restor Dent Endod.* 2021; 46(4): e59.
30. Vergaças JHN, de Lima CO, Barbosa AFA, Vieira VTL, Dos Santos Antunes H, da Silva EJNL. Marginal gaps and voids of three root-end filling materials: a microcomputed tomographic study. *Microsc Res Tech.* 2022; 85(2): 617-22.
31. Vitti RP, Prati C, Silva EJ, Sinhoreti MA, Zanchi CH, de Souza e Silva MG et al. Physical properties of MTA Fillapex sealer. *J Endod.* 2013; 39(7): 915-8.
32. Poggio C, Lombardini M, Alessandro C, Simonetta R. Solubility of root-end-filling materials: a comparative study. *J Endod.* 2007; 33(9): 1094-7.
33. 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.
34. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014; 47(5): 437-48.
35. Pelepenko LE, Saavedra F, Antunes TBM, Bombarda GF, Gomes BPFA, Zaia AA et al. Physicochemical, antimicrobial, and biological properties of White-MTAFlow. *Clin Oral Investig.* 2021; 25(2): 663-72.
36. Pelepenko LE, Saavedra F, Antunes TBM, Bombarda GF, Gomes BPFA, Zaia AA et al. Investigation of a modified hydraulic calcium silicate-based material - Bio-C Pulpo. *Braz Oral Res.* 2021; 35: e077.

37. 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.
38. 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): 563-68.
39. Torres FFE, Jacobs R, EzEldeen M, Guerreiro-Tanomaru JM, Dos Santos BC, Lucas-Oliveira É et al. Micro-computed tomography high resolution evaluation of dimensional and morphological changes of 3 root-end filling materials in simulated physiological conditions. *J Mater Sci Mater Med.* 2020; 31(2): 14.
40. Rodríguez-Lozano FJ, Collado-González M, López-García S, García-Bernal D, Moraleda JM, Lozano A et al. Evaluation of changes in ion release and biological properties of NeoMTA-Plus and Endocem-MTA exposed to an acidic environment. *Int Endod J.* 2019; 52(8): 1196-1209.
41. Yang DK, Kim S, Park JW, Kim E, Shin SJ. Different setting conditions affect surface characteristics and microhardness of calcium silicate-based sealers. *Scanning.* 2018; 2018: 7136345.
42. Kwon SY, Seo MS. Comparative evaluation of volumetric changes of three different retrograde calcium silicate materials placed under different pH conditions. *BMC Oral Health.* 2020; 20(1): 330.
43. Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykhrezae MS, Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2008; 41(2): 108-16.
44. Shokouhinejad N, Razmi H, Farbod M, Alikhasi M, Camilleri J. Coronal tooth discoloration induced by regenerative endodontic treatment using different scaffolds and intracanal coronal barriers: a 6-month ex vivo study. *Restor Dent Endod.* 2019; 44(3): e25.
45. Kayahan MB, Nekoofar MH, McCann A, Sunay H, Kaptan RF, Meraji N et al. Effect of acid etching procedures on the compressive strength of 4 calcium silicate-based endodontic cements. *J Endod.* 2013; 39(12): 1646-8.
46. Meschi N, Li X, Van Gorp G, Camilleri J, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Bioactivity potential of Portland cement in regenerative endodontic procedures: from clinic to lab. *Dent Mater.* 2019; 35(9): 1342-50.
47. Biočanin V, Antonijević Đ, Poštić S, Ilić D, Vuković Z, Milić M et al. Marginal gaps between 2 calcium silicate and glass ionomer cements and apical root dentin. *J Endod.* 2018; 44(5): 816-21.