

Ozônio como agente remineralizante no tratamento de lesões de cárie: uma revisão de literatura

Ozone as a remineralizing agent in the treatment of caries lesions: a literature review

Daniela Bönemann Gomes¹

Daniela Jorge Corralo²

Resumo

Introdução: A cárie dentária é uma das doenças mais prevalentes do mundo, e as possibilidades para seu tratamento estão em constante estudo e evolução. O ozônio vem sendo apresentado como uma possibilidade promissora de tratamento das lesões de cárie devido à sua capacidade de remineralizar o tecido dental. Contudo, é necessário investigar mais profundamente a eficácia dessa técnica para seu uso clínico. **Objetivo:** realizar uma revisão de literatura científica a fim de analisar, compilar e apresentar dados relacionados ao ozônio como agente remineralizante no tratamento de lesões de cárie. **Método:** a pesquisa de materiais foi conduzida nas bases de dados PubMed, Bireme e SciELO, incluindo artigos publicados a partir de 2011 até 2024, nos idiomas português e inglês. A busca inicial resultou em 89 artigos. Desses, 77 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos. No total, 12 artigos foram selecionados para análise detalhada. **Revisão de literatura:** as pesquisas analisadas mostraram divergências em relação aos resultados obtidos: alguns estudos identificaram ação remineralizante do ozônio, seja de forma isolada ou em combinação com outros agentes e tratamentos, enquanto outros estudos indicaram que o ozônio apresentou eficácia inferior em comparação a outros agentes remineralizantes. **Conclusão:** é possível destacar que o ozônio possui potencial como agente remineralizante no tratamento de lesões de cárie, podendo servir como uma alternativa às técnicas convencionais. No entanto, mais estudos são necessários para garantir sua eficácia.

Palavras-chave: ozônio; ozonioterapia; cárie dentária; remineralização dentária; odontologia.

<http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v30i1.16471>

¹ Estudante de Graduação, Curso de Odontologia, Instituto da Saúde, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

² Doutora em Cariologia/Dentística, Docente do Curso de Odontologia, Instituto da Saúde, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Introdução

A cárie é uma das doenças não comunicáveis de maior prevalência no mundo, sendo um problema de saúde pública global¹. Ainda, o estudo Carga Global de Doenças (Global Burden of Disease Study – GBD), realizado em 2015, mostrou que a cárie afeta cerca de 2.3 bilhões de adultos e 560 milhões de crianças¹. Uma das abordagens de tratamento das lesões de cárie é a remineralização, a qual é realizada, principalmente, com o uso de fluoretos²⁻⁴. Outros produtos remineralizantes também estão disponíveis, como o diamino fluoreto de prata, ambos com eficiência comprovada na literatura⁵⁻⁸.

Estudos recentes têm demonstrado que o ozônio possui potencial remineralizador das lesões de cárie^{9,10}. Entretanto, apesar das evidências, ainda há pouco conhecimento referente à aplicação da ozonioterapia com a finalidade de remineralizar lesões cariosas a longo prazo. Assim, é de extrema necessidade a investigação mais profunda do uso e eficácia dessa técnica.

A escolha do tema “Ozônio como agente remineralizante no tratamento de lesões de cárie” se justifica pela sua relevância na atualidade e pela necessidade de compreender sua abordagem terapêutica. Este estudo teve a intenção de investigar e discutir a eficácia do ozônio como agente remineralizante de lesões de cárie, através de uma revisão de literatura feita nas bases de dados online. Dessa forma, beneficiando tanto estudantes da odontologia quanto profissionais da área.

O presente estudo teve como objetivo analisar, compilar e discorrer sobre a capacidade do ozônio em promover a remineralização do tecido dentário desmineralizado pelo processo carioso.

Materiais e método

Para a realização da presente revisão de literatura, foram realizadas coletas de artigos relacionados ao tema, nas bases de dados online Pubmed, Scielo e Bireme. Com esse objetivo, foram usadas palavras chaves em português e inglês como: “cárie”, “ozonioterapia”, “ozônio”, “remineralização”, de forma combinada: “ozone” AND “remineralization”, “ozone therapy” AND “remineralization” AND “caries”, “ozone” AND “remineralization” AND “caries”. O período da seleção dos artigos foi entre os meses de janeiro a julho de 2024. Foram incluídos na seleção artigos publicados a partir do ano de 2011 até 2024, nas línguas portuguesa e inglesa. Os artigos foram selecionados primeiramente pelo título, sendo posteriormente feita a leitura do resumo e, finalmente, se atendeu à pergunta norteadora, lido na íntegra, conforme o fluxograma apresentado na figura 1.

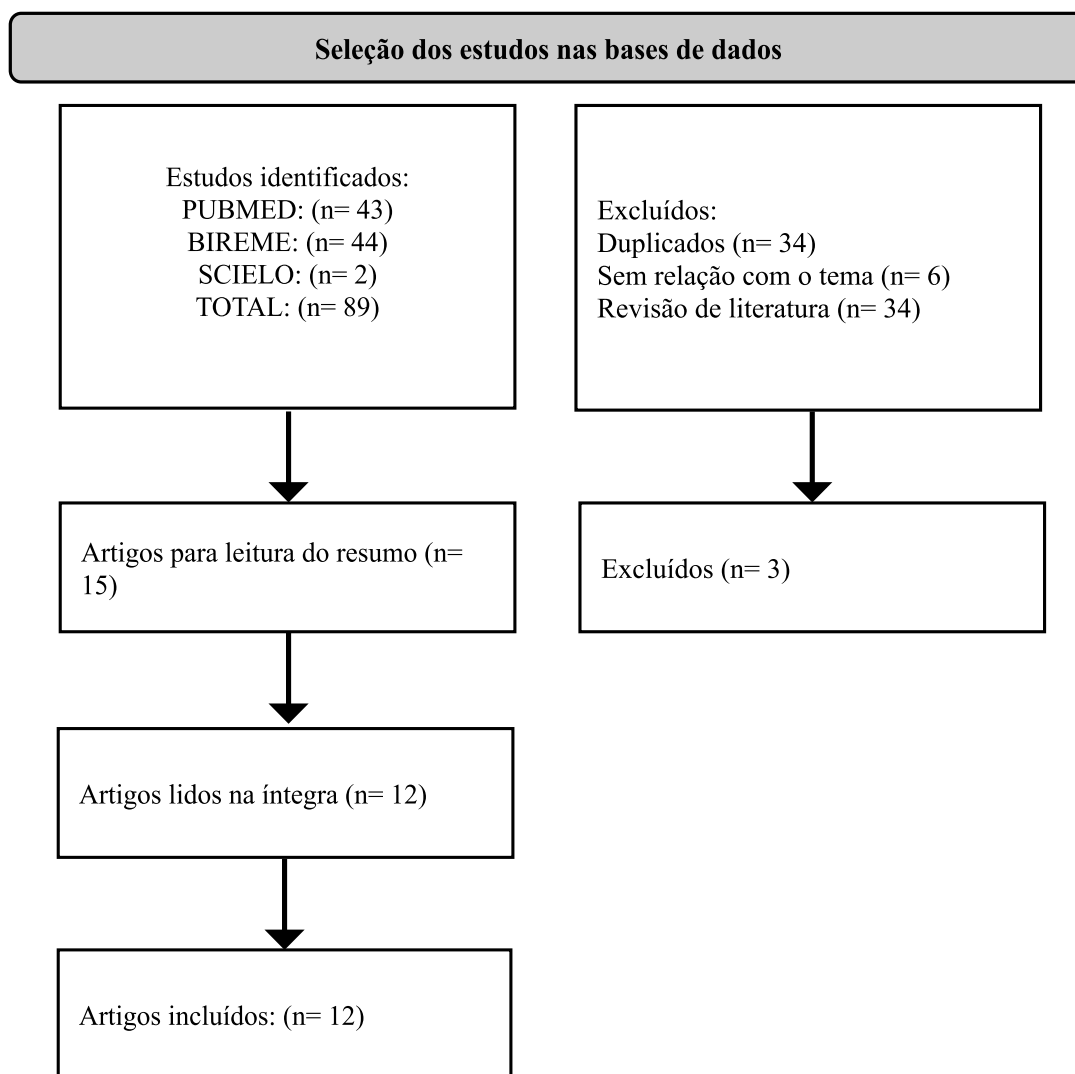


Figura 1. Fluxograma desta revisão de literatura.

Resultados

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos estudos incluídos nesta revisão de literatura, oferecendo uma visão geral das investigações sobre o efeito do ozônio como agente remineralizante em lesões de cárie. Cada estudo foi analisado quanto ao seu objetivo, metodologia e principais resultados.

AUTORES	ANO	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Atabek e Oztas ¹¹ .	2011	Avaliar a eficácia do ozônio sozinho e em combinação com agente remineralizante em lesões iniciais em fissuras.	Ensaio clínico randomizado.	O ozônio, sozinho ou em associação com agentes remineralizantes, foi eficaz na remineralização de lesões iniciais de cárie de fissuras.
Duggal <i>et al</i> ¹² .	2012	Avaliar o efeito adicional do ozônio em associação com uma solução redutora e o kit do paciente na inibição da desmineralização.	Estudo clínico randomizado.	O ozônio não apresentou maiores efeitos remineralizantes do que quando usado apenas o kit do paciente e o kit redutor.
Tahmassebi <i>et al</i> ¹³ .	2013	Avaliar o efeito do ozônio na progressão ou regressão de lesões de cáries criadas artificialmente em esmalte.	Estudo <i>in vitro</i> .	O ozônio sozinho apresentou efeito mínimo no processo de remineralização. O melhor efeito foi demonstrado quando em associação com produtos contendo flúor.
Yazicioğlu e Ulukapi ¹⁴ .	2014	Investigar técnicas não invasivas no tratamento de lesões iniciais de cárie proximal.	Ensaio clínico randomizado.	O ozônio paralisou as lesões de cárie na metade externa do esmalte, mas não na metade interna.
Unal e Oztas ¹⁵ .	2015	Investigar o sucesso clínico da ação remineralizante de três selantes de fissura sozinhos e em associação com o gás ozônio.	Ensaio clínico randomizado.	O ozônio não altera o sucesso clínico dos selantes, mas pode melhorar a performance dos que contêm fosfato de cálcio amorfo ou flúor.
Samuel <i>et al</i> ⁹ .	2016	Avaliar o efeito remineralizador do ozônio em lesões iniciais de cárie.	Estudo <i>in vitro</i> .	A água ozonizada combinada com nano-hidroxiapatita possui efeito na reversão de lesões iniciais de cárie.
Grocholewicz <i>et al</i> ¹⁰ .	2020	Avaliar a eficácia de três métodos de remineralização em lesões de cárie proximais.	Ensaio clínico randomizado.	O melhor efeito remineralizante foi conseguido com a associação de ozônio e nano-hidroxiapatita.
Floare <i>et al</i> ¹⁶ .	2022	Avaliar o impacto do ozônio nas microestruturas do esmalte dentário em diferentes intervalos de tempo.	Estudo <i>in vitro</i> .	A exposição ao gás ozônio aumentou a microdureza do esmalte e levou à ordenação dos prismas formados por cristais de hidroxiapatita.
Jena <i>et al</i> ¹⁷ .	2022	Comparar os efeitos do ozônio, vidro bioativo (BAG) e do fosfato tricálcico em lesões de cárie artificiais.	Estudo <i>in vitro</i> .	O ozônio mostrou o menor efeito remineralizante em comparação aos outros agentes.
Kade <i>et al</i> ¹⁸ .	2022	Comparar o potencial de remineralização de creme dental fluoretado, pasta de mel e gengibre e ozônio.	Estudo <i>in vitro</i> .	O ozônio pode desempenhar papel de agente remineralizante como uma alternativa ao flúor.
Alessa <i>et al</i> ¹⁹ .	2024	Comparar o potencial remineralizante do ozônio, fosfosilicato de cálcio e sódio e peptídeos automontáveis.	Estudo <i>in vitro</i> .	O fosfosilicato de cálcio e sódio e os peptídeos automontáveis mostraram maior eficiência como agentes remineralizantes em comparação ao ozônio.
Shah <i>et al</i> ²⁰ .	2024	Avaliar a capacidade de remineralização do ozônio, da nano-hidroxiapatita (nHAp) e do fosfato tricálcico.	Estudo <i>in vitro</i> .	A nHAp e o fosfato tricálcico mostraram maior capacidade remineralizante.

Tabela 1. Autores, ano de publicação, objetivo, tipo de estudo e resultados dos artigos incluídos na presente revisão de literatura. Fonte: a autora. Passo Fundo, RS, 2024.

Discussão

A cárie é uma doença crônica multifatorial, resultante da ingestão frequente de carboidratos fermentáveis, os quais são metabolizados pelas bactérias presentes no biofilme bucal, com produção final de ácidos, levando à mudança de pH repetidas vezes ao dia, que acarreta no desequilíbrio do processo de desmineralização e remineralização, impactando na perda mineral da estrutura dentária. Muitas são as formas de tratamento das lesões, sendo os agentes remineralizantes uma alternativa. O ozônio, cujo uso está crescendo gradualmente na área odontológica, é uma opção menos invasiva de tratamento. Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal investigar a eficácia do ozônio como agente remineralizante para tratar lesões de cárie.

A capacidade de remineralização do ozônio possui divergência na literatura. Estudos mostraram que a molécula é capaz de alterar a ordem dos prismas formados por cristais de hidroxiapatita¹⁶. Além disso, autores demonstram, por meio de experimentos, que o ozônio tem impacto na remineralização de lesões de cárie. Enquanto alguns afirmam que a molécula é capaz de reverter as lesões por si só^{11,14,18}, outros acreditam que ela apenas potencializa a ação de agentes remineralizantes^{9,10,13,15}. Por outro lado, há autores que asseguram que o ozônio é menos eficaz em comparação a outros agentes remineralizantes^{12,17,19,20}.

Autores afirmam que o ozônio é capaz de remineralizar lesões cariosas, tanto sozinho quanto associado a produtos contendo flúor¹¹. Quando comparados óleo ozonizado, creme dental fluoretado e pasta de mel e gengibre não houveram diferenças significativas, sendo que todos os agentes apresentaram remineralização¹⁸. Entretanto, é importante ressaltar que, nesse estudo, os autores utilizaram um creme dental com 458 ppm de flúor, o qual pode não apresentar o efeito remineralizante esperado, já que concentrações menores que 1000 ppm não apresentam ação na prevenção da doença cárie^{21, 22}. Ainda, em outro estudo o ozônio conseguiu paralisar as lesões de cárie na metade externa do esmalte, mas não na metade interna¹⁴. Os autores explicaram que a molécula conseguiu remover os micro-organismos da metade externa e essa ação pode ser a explicação da paralisação da cárie¹⁴.

Estudos demonstraram que o ozônio, quando utilizado isoladamente, não apresentou resultados significativos na remineralização, mas, em conjunto com produtos contendo flúor, os resultados foram mais eficazes¹³. Da mesma forma, pesquisas mostraram que o ozônio teve efeitos superiores quando associado à nanohidroxiapatita^{9,10,15}. Isso pode ser explicado a partir da observação de que a exposição ao gás ozônio promove a organização dos prismas de hidroxiapatita, a abertura dos canais interprismáticos e o alinhamento da superfície do esmalte, facilitando a penetração de agentes remineralizantes nos tecidos dentários¹⁶. Em condições de saúde, os cristais de hidroxiapatita do esmalte dentário são organizados na forma de prismas e de uma substância interprismática. Ao ocorrer a desmineralização, esses prismas ficam irregulares e os espaços interprismáticos, obliterados, de forma que na microscopia eletrônica de varredura, pode-se observar o esmalte rugoso. Após a aplicação de gás ozônio, a superfície do

esmalte fica mais plana, ocorre abertura dos canais interprismáticos e os prismas ficam organizados. Isso acontece devido às características oxidantes e proteolíticas da molécula de ozônio, que promove a oxidação do ácido pirúvico (substância que reduz o pH), produzido pelas bactérias, em acetato e CO₂, os quais auxiliam na remineralização, já que o acetato possui um pH alto, equilibrando o pH do meio^{9,16}.

Em um estudo, ao associar o ozônio a uma solução remineralizante e ao kit do paciente, os resultados foram praticamente os mesmos. A remineralização ocorreu de forma satisfatória tanto no grupo em que o ozônio foi aplicado antes quanto no grupo em que os produtos foram utilizados sem aplicação do gás, mostrando que a molécula não apresentou efeitos remineralizantes adicionais¹². Além disso, uma pesquisa comparando os efeitos remineralizantes do ozônio, vidro bioativo (BAG) e do fosfato tricálcico, mostrou que este demonstrou a melhor ação remineralizante, seguido do vidro bioativo, deixando o ozônio por último¹⁷. Resultados semelhantes foram obtidos quando o fosfato tricálcico apresentou a maior capacidade de remineralização, seguida da nanohidroxiapatita, frente ao ozônio¹⁸. Outros autores, por sua vez, compararam o fosfosilicato de cálcio e sódio, o ozônio, e os peptídeos automontáveis, sendo que o fosfosilicato de cálcio e sódio teve o melhor resultado e o ozônio, o pior¹⁹.

A maioria dos estudos revisados utilizou o ozônio na forma de gás, utilizando o aparelho HealOzone para a aplicação, na concentração de 2100 ppm, variando de 10 segundos a quatro minutos de exposição. Apenas um estudo utilizou outro gerador, chamado OzonyTron¹⁰. Em uma das pesquisas, foi utilizada água ozonizada⁹. Outro estudo investigou o potencial remineralizante do óleo ozonizado¹⁸.

O aparelho DIAGNOdent foi utilizado para avaliar a microdureza das amostras em alguns estudos^{9,11,14-16}. Esse aparelho conta com fluorescência induzida por laser, que detecta a qualidade do esmalte e, conseqüentemente, aponta qual o grau de desmineralização da estrutura. a escala do aparelho indica que de 0-10 o esmalte é saudável, de 13-24 há lesões no esmalte e 25-99 a lesão já alcançou a dentina¹⁶.

Em suma, os estudos mostraram que o ozônio pode ser usado como auxiliar no processo de remineralização de lesões de cárie, sozinho ou acompanhado de outros agentes, sempre seguido de higienização oral adequada e frequente. Embora alguns autores relatam que o ozônio não apresenta efeitos adicionais, a maior parte destes apresentam resultados empolgantes em relação ao uso da molécula. Ainda, salienta-se que para a aplicação do ozônio gasoso é necessária a utilização de gerador próprio e um curso de habilitação em ozonioterapia, exigindo ao profissional investimento financeiro (Resolução CFO-166/2015)²³. Também, outros agentes remineralizantes estão disponíveis no mercado, com maior facilidade de aplicação e acessibilidade.

Conclusão

A partir da presente revisão de literatura foi possível observar que o ozônio possui potencial como agente remineralizante de lesões de cárie, podendo ser usado como alternativa às técnicas convencionais, contrariando a hipótese nula do estudo. Vale ressaltar que ainda são necessários mais ensaios clínicos que confirmem o efeito remineralizante do ozônio.

Abstract

Introduction: Dental caries is one of the most prevalent diseases in the world, and the possibilities for its treatment are constantly being studied and evolving. Ozone has been presented as a promising possibility for treating caries lesions due to its ability to remineralize dental tissue. However, it is necessary to further investigate the effectiveness of this technique for its clinical use. Objective: to carry out a review of scientific literature in order to analyze, compile and present data related to ozone as a remineralizing agent in the treatment of caries lesions. Method: the search for materials was conducted in the PubMed, Bireme and SciELO databases, including articles published from 2011 to 2024, in Portuguese and English. The initial search resulted in 89 articles. Of these, 77 were excluded because they did not meet the established inclusion criteria. In total, 12 articles were selected for detailed analysis. Literature review: the research analyzed showed divergences in relation to the results obtained: some studies identified the remineralizing action of ozone, either alone or in combination with other agents and treatments, while other studies indicated that ozone had lower efficacy compared to others remineralizing agents. Conclusion It is possible to highlight that ozone has potential as a remineralizing agent in the treatment of caries lesions, and can serve as an alternative to conventional techniques. However, more studies are needed to ensure its effectiveness.

Keywords: ozone; ozone therapy; tooth decay; dental remineralization; dentistry.

Referências

1. World Health Organization. Sugar and dental caries. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sugars-and-dental-caries>. Accessed: 11 Jul 2024.
2. Silva GS, Cunha TCR, Guimarães TGFA. Uso de flúor como prevenção e tratamento para a cárie: revisão de literatura. Res Soc Dev. 2022 Aug 1;11(10):e289111032848.
3. Sousa GP, Lima CCB, Braga MM, Moura LFAD, Lima MDM, Moura MS. Early childhood caries management using fluoride varnish and neutral fluoride gel: a randomized clinical trial. Braz Oral Res. 2022 Jul 11;36:e099.
4. Mainente MP, Naves PA, de Campos PH, Rodrigues MC, Diniz MB, Zaroni WCS, *et al*. Inhibition of incipient caries lesion progression by different fluoridated varnishes. Braz Dent J. 2024;35:e24-5616.
5. Silva AM, Guimarães ARD, Costa HSO. O uso do diamino fluoreto de prata no controle de lesões cariosas: uma revisão integrativa. J Dent Pub H. 2018;9(4):311-24.
6. Ballikaya E, Ünverdi GE, Cehreli ZC. Management of initial carious lesions of hypomineralized molars (MIH) with silver diamine fluoride or silver-modified atraumatic restorative treatment (SMART): 1-year results of a prospective, randomized clinical trial. Clin Oral Investig. 2022;26(2):2197-2205.
7. Zheng FM, Yan IG, Duangthip D, Lo ECM, Gao SS, Chu CH. Caries prevention using silver diamine fluoride: a 12-month clinical trial. Int Dent J. 2022;73(5):2197-2205.

8. Ruff RR, Barry-Godín T, Niederman R. Effect of silver diamine fluoride on caries arrest and prevention the cariedaway school-based randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2023;6(2):e2255458.
9. Samuel SR, Dorai S, Khatri SG, Patil ST. Effect of ozone to remineralize initial enamel caries: in situ study. *Clin Oral Investig*. 2016;20(5):1109-13.
10. Grocholewicz K, Matkowska-Cichocka G, Makowiecki P, Drożdżik A, Ey-Chmielewska H, Dziewulska A, *et al*. Effect of nano-hydroxyapatite and ozone on approximal initial caries: a randomized clinical trial. *Sci Rep*. 2020;10(1):11192.
11. Atabek D, Oztas N. Effectiveness of ozone with or without the additional use of remineralizing solution on non-cavitated fissure carious lesions in permanent molars. *Eur J Dent*. 2011;5(4):393-9.
12. Duggal MS, Nikolopoulou A, Tahmasebi JF. The additional effect of ozone in combination with adjunct remineralization products on inhibition of demineralisation of the dental hard tissues in situ. *J Dent*. 2012;40(11):934-40.
13. Tahmasebi JF, Chrysafi N, Duggal MS. The effect of ozone on progression or regression of artificial caries-like enamel lesions in vitro. *J Dent*. 2013;42(2):167-74.
14. Yazicioğlu O, Ulukapi H. The investigation of non-invasive techniques for treating early approximal carious lesions: an in vivo study. *Int Dent J*. 2014;64(1):1-11.
15. Unal M, Oztas N. Remineralization capacity of three fissure sealants with and without gaseous ozone on non-cavitated incipient pit and fissure caries. *J Clin Pediatr Dent*. 2015;39(4):364-70.
16. Floare AD, Focht D, Hajdu AI, Talpos ICN, Bălean OI, Muntean CV, *et al*. Ozone and microstructural morphological changes of tooth enamel. *Rom J Morphol Embryol*. 2022;63(3):539-44.
17. Jena D, Manas A, Venkateswararao CH, Salama MT, Ismail MS, Basha SR. Comparative evaluation of efficacy of bioactive glass, tricalcium phosphate, and ozone remineralizing agents on artificial carious lesion. *J Pharm Bioallied Sci*. 2022;14(1):S959-S961.
18. Kade KK, Chaudhary S, Shah R, Patil S, Patel A, Kamble A. Comparative evaluation of the remineralization potential of fluoride-containing toothpaste, honey ginger paste and ozone: an in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2022;15(5):541-8.
19. Alessa N, Shah SA, Bhardwaj R, Ismail PMS, Mahabob MN, Babaji P, *et al*. Assessment of efficiency of bioactive glass, self-assembling peptide, and ozone remineralising agents on artificial carious lesion. *Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr*. 2024;24(11):e220123.
20. Shah SA, Sharma M, Ismail PMS, Babaji P, Mohammed A, Malik B, *et al*. Evaluation of remineralizing capacity of tricalcium phosphate, nano-hydroxyapatite and ozone remineralizing agents on the artificial carious lesion. *Indian J Dent Res*. 2024;35(1):84-7.
21. Walsh T, Worthington HV, Glenny A, Appelbe P, Marinho VC, Shi X. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;(1):1-221.
22. Cury JA, Tenuta LMA. Evidence-based recommendation on toothpaste use. *Braz Oral Res*. 2014;28(SPE):1-7.
23. Conselho Federal de Odontologia. Resolução n.166, de 24 de novembro de 2015. Diário Oficial da União. Brasília, seção 1, p. 95, 08 dez 2015.

Endereço para correspondência:

Daniela Jorge Corralo
BR 285 Km 292,7, Campus I
Bairro São José - São José
Passo Fundo - RS, 99052-900
Telefone: (54) 9 99632422
E-mail: danicorralo@upf.br

Recebido em: 09/11/2024. Aceito: 10/12/2024.