

Análise das propriedades biomiméticas do silicato de nióbio incorporado à materiais dentários – revisão da literatura

Analysis of the biomimetic properties of niobium silicate incorporated into dental materials – literature review

Análisis de las propiedades biomiméticas del silicato de niobio incorporado a los materiales dentales – revisión de la literatura

Recebido: 09/05/2023 | Revisado: 17/05/2023 | Aceitado: 18/05/2023 | Publicado: 23/05/2023

Jullyana Oliveira Galvão de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3478-9164>

Centro Universitário Uninovafapi, Brasil

E-mail: jullyanagalvão@hotmail.com

Leandra da Silva Negreiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1060-8071>

Centro Universitário Uninovafapi, Brasil

E-mail: leandrasnegreiros1@hotmail.com

Luanne Mara Rodrigues de Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3454-0887>

Centro Universitário Uninovafapi, Brasil

E-mail: luanne.matos@uninovafapi.edu.br

Marconi Raphael de Siqueira Rego

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2341-1008>

Centro Universitário Uninovafapi, Brasil

E-mail: Marconi.rego@uninovafapi.edu.br

Matheus Araújo Brito Santos Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9899-8600>

Centro Universitário Uninovafapi, Brasil

E-mail: matheus.araujo@uninovafapi.edu.br

Resumo

Introdução: O desenvolvimento de estratégias para a remineralização biomimética se apresenta como uma alternativa extremamente vantajosa para procedimentos restauradores atuais. O Nióbio é um metal que, mesmo aplicado em pequenas quantidades, mostra potencial para melhorar as propriedades de diferentes materiais além de apresentar alta biocompatibilidade e melhorar a propriedades físicas, ópticas desses materiais, além de apresentar baixa toxicidade. **Objetivo:** Avaliar as propriedades biomiméticas do silicato de Nióbio, quando incorporado à materiais dentários, como resinas compostas, cimentos e adesivos. **Metodologia:** Foi realizada uma revisão de literatura integrativa nas bases de dados PubMed, SCIELO e Google Acadêmico com os descritores: Silicato de Nióbio, Biomimética, Materiais dentários e Odontologia. **Resultados:** Foram encontradas na literatura informações que indicam que o Silicato de Nióbio é uma alternativa viável no estudo de agentes bioativos adicionados a materiais odontológicos. **Conclusão:** Diante do exposto, pode-se concluir que o silicato de Nióbio apresenta resultados satisfatórios e características biocompatíveis quando incorporados à resina composta, cimento resinoso, adesivos e substrato dental.

Palavras-chave: Nióbio; Biomimética; Materiais dentários; Odontologia.

Abstract

Introduction: The development of strategies for biomimetic remineralization is presented as an extremely advantageous alternative to current restorative procedures. Niobium is a metal that, even when applied in small amounts, shows potential to improve the properties of different materials, in addition to presenting high biocompatibility and improving the physical and optical properties of these materials, in addition to presenting low toxicity. **Objective:** To evaluate the biomimetic properties of niobium silicate, when incorporated into dental materials, such as composite resins, cements and adhesives. **Methodology:** An integrative literature review was carried out in the PubMed, SCIELO and Google Scholar databases with the descriptors: Niobium Silicate, Biomimetics, Dental Materials and Dentistry. **Results:** Information was found in the literature indicating that Niobium Silicate is a viable alternative in the study of bioactive agents added to dental materials. **Conclusion:** Given the above, it can be concluded that niobium silicate presents satisfactory results and biocompatible characteristics when incorporated into composite resin, resin cement, adhesives and dental substrate.

Keywords: Niobium; Biomimetics; Dental materials; Dentistry.

Resumen

Introducción: El desarrollo de estrategias de remineralización biomimética se presenta como una alternativa sumamente ventajosa a los procedimientos restaurativos actuales. El niobio es un metal que, aun aplicado en pequeñas cantidades, muestra potencial para mejorar las propiedades de diferentes materiales, además de presentar alta biocompatibilidad y mejorar las propiedades físicas y ópticas de estos materiales, además de presentar baja toxicidad. **Objetivo:** Evaluar las propiedades biomiméticas del silicato de niobio, cuando se incorpora a materiales dentales, como resinas compuestas, cementos y adhesivos.. **Metodología:** Se realizó una revisión integradora de literatura en las bases de datos PubMed, SCIELO y Google Scholar con los descriptores: Niobium Silicate, Biomimetics, Dental Materials y Dentistry. **Resultados:** Se encontró información en la literatura que indica que el Silicato de Niobio es una alternativa viable en el estudio de agentes bioactivos adicionados a materiales dentales. **Conclusión:** Dado lo anterior, se puede concluir que el silicato de niobio presenta resultados satisfactorios y características biocompatibles cuando se incorpora a resina compuesta, cemento resinoso, adhesivos y sustrato dental.

Palabras clave: Niobio; Biomimética; Materiales dentales; Odontología.

1. Introdução

Os processos de desmineralização e remineralização coexistem naturalmente na estrutura dentária, sendo a remineralização da dentina mais complexa e menos eficaz, quando comparada a do esmalte. Isso decorre porque os cristais minerais presentes no esmalte são ausentes na dentina, além de que a composição dentinária é mais orgânica e há umidade contida nos túbulos dentinários (Arinelli, 2016; Pinto 2021).

Com o avanço tecnológico, tornou-se viável a descoberta de novas ciências, sendo uma delas a biomimética, uma área inovadora, natural, com o intuito de equilibrar a produção de materiais de consumo e focada na preservação ambiental. Portanto, utilizar as estruturas biológicas funcionais como matriz faz parte do mecanismo dessa ciência, sendo ela inspirada na natureza. Na odontologia, essa prática pode ser aplicada a diversos materiais, como cimentos, adesivos e resinas, sendo capaz de permitir a recuperação biomecânica do dente original (Figueiredo, 2019; Farias 2023).

Nesse sentido, Bruziquesi et al. (2019), afirma que materiais à base de nióbio para o uso odontológico tem mostrado resultados satisfatórios em termos de biocompatibilidade e melhoria de propriedades físicas e ópticas. Além disso, podem também ser obtidos para aplicações com maior valor agregado, em áreas igualmente estratégicas. Ademais, vale ressaltar que a adição de nióbio aos materiais biológicos vem sendo considerada por conta de sua associação à redução da citotoxicidade e aumento da atividade da fosfatase alcalina, aumentando a calcificação em defeitos ósseos e melhorando propriedades biológicas.

O Nióbio (Nb) é um metal que, mesmo quando aplicado em pequenas quantidades, mostra potencial para melhorar as propriedades de diferentes materiais. Na resina composta, cimento resinoso e adesivos, confere um aumento na resistência, além de apresentar alta biocompatibilidade nesses materiais (Balbinot, 2020; Silva 2022).

Os silicatos têm sido usados como partículas de carga em materiais dentários, mostrando interação adequada com a matriz polimérica, bem como mantendo as propriedades mecânicas e ópticas dos materiais. Por isso, o objetivo do estudo foi avaliar as propriedades biomiméticas do silicato de Nióbio, quando incorporado à materiais dentários, como resinas compostas, cimentos e adesivos.

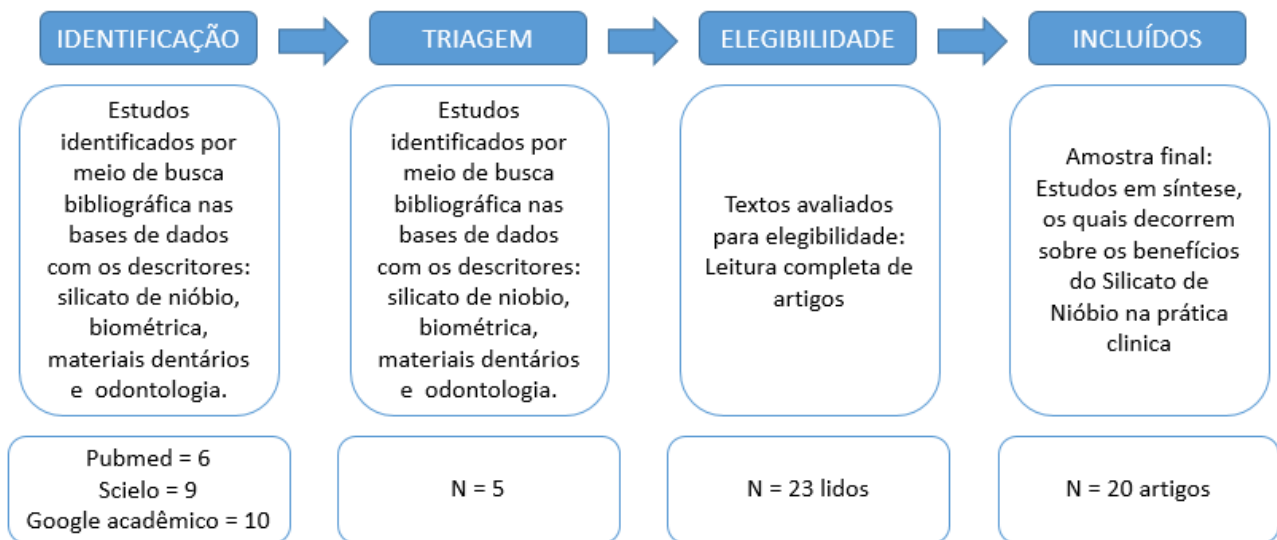
2. Metodologia

O presente estudo de planejamento transversal integrativo concerniu a uma pesquisa bibliográfica, um método inerente, de caráter descritivo e exploratório, proporcionando síntese de conhecimento e aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática, sobre evidências científicas publicadas (Souza et al, 2010). O levantamento de dados foi executado no período de agosto de 2022 a março de 2023, através de consultas nas bases de dados: Biblioteca Virtual de Saúde (BIREME) na National Library of Medicine (PubMed), Scientific Eletronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico, sobre as principais evidencias científicas publicadas, conforme exposto na Figura 1.

Foi empregado como critério de inclusão dos artigos que constam nos resultados desta revisão bibliográfica, pesquisas que contemplavam a temática em questão, que continham em seus descritores: nióbio, biomimética, remineralização e materiais dentários; artigos em inglês e português, que estavam disponíveis de forma gratuita, expostos na íntegra e lançados pelo menos nos últimos 10 anos e artigos clássicos sobre o tema.

A organização de dados foi feita em tabela no Microsoft Word, a partir da junção de todas as informações úteis e legíveis nos artigos, que foram encontradas nas plataformas de dados, separados minuciosamente para obter resultados satisfatórios.

Figura 1 – Inclusão e exclusão de artigos na seleção de estudos.



Fonte: Elaboração própria (2023).

3. Resultados

Após a busca de dados foram identificados ao todo 25 artigos PUBMED - 6, SCIELO - 9, GOOGLE ACADÊMICO – 10), excluindo-se com base nos títulos, restaram apenas 20, sendo assim foram lidos integralmente. Os artigos remanescentes foram lidos por completo, sem exclusão. O Quadro 1 apresenta os dados referentes aos artigos analisados quanto ao título, autor/ano de publicação, objetivo e resultados. Os artigos foram selecionados no período de 2013 a 2022.

Quadro 1 – Artigos analisados quanto ao título, autor/ano, objetivos e resultados.

TÍTULO	AUTOR/ ANO	OBJETIVOS	RESULTADOS
Remineralização Biomimética: o futuro da medicina dentária conservadora.	Ramos, N M. 2021	Realizou uma revisão bibliográfica da literatura, analisando o estado da arte no que concerne à remineralização dentina desmineralizada, as estratégias mais relevantes e em que medida pode ser aplicável pelos médicos dentistas, em ambiente clínico, num futuro próximo.	Os métodos de remineralização biomimética foram divididos em 6 subtemas: fosfopeptídeo de caseína-fosfato de cálcio amorfo, biomiméticos que imitam as funções das Proteínas Não Colagenosas na biomineralização da dentina, gel de agarose, materiais restauradores bioativos, glutaraldeído e vidro bioativo.
Remineralização biomimética e materiais bioativos em dentística restauradora.	Chiari, M. D. S. C. 2021	Revisou a literatura sobre remineralização biomimética e materiais bioativos no intuito de compreender essa abordagem e correlacionar com sua aplicabilidade clínica.	Com base na literatura disponível, fica evidente que a maioria das abordagens biomiméticas para remineralização ainda está em estágio laboratorial.
Niobium silicate particles promote in vitro mineral deposition on dental adhesive resins.	Balbinot, G. S. 2020	Analisou a adição de partículas de silicato de nióbio a resinas adesivas dentárias e suas propriedades físico-mecânicas e biológicas.	A faixa do índice de refração foi aumentada pela adição de partículas de silicato de nióbio. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos no grau de conversão, suavização na análise de solventes, citotoxicidade e resistência à tração final.
Niobium silicate particles as bioactive fillers for composite resins.	Balbinot, G. S. 2020.	Avaliou a influência das partículas de silicato de nióbio (SiNb) nas propriedades físico- mecânicas e biológicas de uma resina composta experimental.	A radiopacidade foi menor para o SiNb, enquanto a adição dessas partículas aumentou a viabilidade celular. O pH foi aumentado.
Niobium containing bioactive glasses as remineralizing filler for adhesive resins.	Balbinot, G. S. 2020	Incorporou vidro bioativo derivado de sol-gel como enchimento em resinas adesivas experimentais e avaliou a influência da composição do vidro nas propriedades físico- químicas e biológicas dos adesivos desenvolvidos.	Nenhuma diferença estatística foi encontrada no grau de conversão. O ABAGNb mostrou redução de amolecimento e maior deposição mineral do que ACG e ABAG após 28 dias. ABAG e ABAGNb resultaram em maior viabilidade celular e menor resistência à flexão quando comparado ao ACG. Após 1 ano, ABAGNb e ABAG apresentaram valores μ TBS estatisticamente significativos mais baixos.
A influência das técnicas de remineralização biomimética da dentina na durabilidade da união dentina-resina.	Nogueira, F. S. 2019	Avaliou como as distintas técnicas de remineralização biomimética influenciam na longevidade da união dentina- resina.	Os resultados foram positivos em relação ao aumento da durabilidade da união entre dentina e resina. Todos os artigos podem nos levar a concluir que a remineralização biomimética da dentina é um método promissor, desde que surjam estudos mais detalhados e resultados verificados a longo prazo.
A influência das técnicas de remineralização biomimética da dentina na durabilidade da união dentina-resina.	Nogueira, F. S. 2019	Avaliou como as distintas técnicas de remineralização biomimética influenciam na longevidade da união dentina- resina.	Os resultados foram positivos em relação ao aumento da durabilidade da união entre dentina e resina. Todos os artigos podem nos levar a concluir que a remineralização biomimética da dentina é um método promissor, desde que surjam estudos mais detalhados e resultados verificados a longo prazo.

Nióbio: o elemento do século XXI.	Almeida, G. C. <i>et al.</i> 2019	Mapeou um panorama da química do nióbio desde sua descoberta e ocorrência na crosta terrestre, passando pelo seu processamento, características físico-químicas e pelas inúmeras aplicações na metalurgia moderna, na composição de novos materiais de alta tecnologia, na catálise e na química orgânica.	A versatilidade do nióbio aliada a sua grande disponibilidade em território nacional e presença cada vez maior na mídia faz aumentar o interesse da sociedade por este elemento químico no Brasil.
Influência do silicato de nióbio como partícula de carga na cimentação de lâminas cerâmicas sobre esmalte dentário.	Roveda, F P. 2018	Avaliar as propriedades mecânicas de um cimento resinoso convencional fotoativável experimental com silicato de nióbio como partícula de carga, na cimentação de laminados cerâmicos.	Os resultados obtidos em grau de conversão, resistência à fratura por compressão e adaptação interna, são iguais ou superiores aos demais grupos.
The Evolution of the Niobium Production in Brazil.	Mestieri, L. B. <i>et al.</i> 2017	Avaliou a citotoxicidade e bioatividade de cimentos à base de silicato de cálcio associados com óxido de nióbio (Nb ₂ O ₅) micro e nanoparticulados, e comparou a resposta em diferentes linhagens celulares.	Apresentou citocompatibilidade e bioatividade, demonstrando potencial do Nb ₂ O ₅ como agente radiopacificador alternativo para estes cimentos. No entanto, a bioatividade é melhor detectada na linhagem de células osteoblásticas humanas, Saos-2.
Nióbio: o elemento do século XXI.	Alves, A. R. 2015	Destacou a evolução da produção de nióbio no Brasil	O Brasil é o maior produtor de quase todo o consumo de nióbio em todo o mundo. Esse metal é agora o terceiro item mais importante na agenda de exportações de minerais.
Estudo das células primárias dentais, viabilidade celular e bioatividade de materiais à base de silicate de cálcio.	Mestieri, L. B. 2014	Avaliou a bioatividade e potencial osteogênico de células do folículo (hDFCs) e da polpa (hDPCs) obtidas de terceiros molares humanos com formação radicular incompleta.	As hDPCs demonstram maior capacidade de diferenciação em células com potencial de mineralização, quando comparadas com hDFCs.
Avaliação de propriedades físicas, químicas e biológicas de cimentos Portland associados a radiopacificadores micro e nanoparticulados	Bosso, R. 2014	Avaliou propriedades físico- químicas, mecânicas e biológica de cimentos à base de silicato de cálcio com diferentes composições.	Os cimentos à base de silicato de cálcio com diferentes composições químicas apresentaram níveis de arsênio e biocompatibilidade similares ao MTA e potencial para uso clínico após estudos com associação aos agentes radiopacificadores.
Niobium peroxide as a novel filler for dental adhesive resin.	Leitune, V. C. B. <i>et al.</i> 2013	Desenvolveu uma resina adesiva com incorporação de pentóxido de nióbio e avaliou suas propriedades.	As partículas usadas neste estudo apresentaram uma fase cristalina monoclinica com grupos químicos típicos e tamanho médio do micrômetro. A microdureza e a radiopacidade foram dobradas com maiores quantidades de Nb ₂ O ₅ , e as partículas foram capazes de penetrar nas camadas híbridas.

Fonte: Autores.

4. Discussão

As técnicas biomiméticas são capazes de induzir um processo de remineralização, que pode ser intrafibrilar e interfibrilar, a fim de reforçar a interface resina-dentina infiltrada incompletamente. Portanto, essa reconstituição de minerais perdidos através da biomimética, visa atingir fibrilas de colágeno da dentina desmineralizada com nanopartículas de fosfato de cálcio que são estabilizados por análogos biomiméticos de proteínas não colagenosas. Esse processo é eficaz, sendo capaz de restaurar o comportamento nano-dinâmico e mecânico da dentina (Nogueira, 2017).

Figueiredo (2019) demonstrou em seu estudo que a adição de nióbio aos materiais biológicos está associada à redução da citotoxicidade e aumento da atividade da fosfatase alcalina, contribuindo para o aumento da calcificação em defeitos ósseos e melhoria das propriedades biológicas. Esse metal ao ser aplicado mesmo em pequenas quantidades, confere um aumento na resistência, além de apresentar alta biocompatibilidade, mostrando potencial para melhorar as propriedades de diferentes materiais.

Além disso, resultados satisfatórios mostram que, ao ser adicionado às resinas compostas experimentais, o Nb apresentou aumento no índice de refração após a polimerização, na radiopacidade e no grau de conversão das mesmas. Portanto, partículas de SiNb podem ser usadas como um enchimento inorgânico alternativo para alcançar um equilíbrio adequado entre propriedades físico-químicas e biológicas para o desenvolvimento de resinas compostas bioativas (Figueiredo, 2019; Roveda, 2018; Balbinot, 2020).

Do mesmo modo, a adição de SiNb em cimento resinoso fotopolimerizável experimental mostrou resultados motivadores, como estabilidade de cor satisfatória, sendo expressivamente melhor do que a carga dos grupos controle, que é a mais comumente utilizada pelas marcas comerciais disponíveis atualmente no mercado. Nesse sentido, além das propriedades ópticas favoráveis, a carga sintetizada também apresentou bons efeitos no que diz respeito às propriedades mecânicas, favorecendo a aplicabilidade do SiNb em materiais dentários (Figueiredo, 2019).

De acordo com os estudos, o SiNb, ao ser adicionado a adesivos dentinários, induz a mineralização da dentina, ou seja, deixa a superfície mais dura e mais resistente. Sendo assim, quando acontece remoção seletiva de tecido cariado e, conseqüentemente, a parede de fundo da cavidade é afetada, a mineralização da superfície será induzida pelo material, com presença de bioativos.

Logo, a capacidade de um material remineralizar a dentina não reside somente na recuperação do conteúdo mineral, mas também na recuperação de suas propriedades físicas, mecânicas e estruturais, como o módulo de elasticidade, dureza e resistência (Chiari, 2021).

5. Conclusão

Assim, conclui-se que a associação do Silicato de Nióbio à materiais dentários, como, resina composta, cimento resinoso e adesivos, melhora as propriedades mecânicas e ópticas, sugerindo a possibilidade de que o SiNb seja uma alternativa viável no estudo de agentes bioativos incorporados a materiais dentários, porém é necessário estudos futuros, mais aprofundados, para compreender a interação dessa nanopartícula com os materiais dentários e o substrato dental.

Referências

- Almeida, G. C., Barros, J. C., & Monteiro, R. D. S. (2019). Nióbio: o elemento do século XXI. São Paulo: *Sociedade Brasileira de Química*, 59.
- Alves, A. R., & Coutinho, A. D. R. (2015). The evolution of the niobium production in Brazil. *Materials Research*, 18, 106-112.
- Arinelli, A. M. D., Pereira, K. F., Prado, N. A. S., & Rabello, T. B. (2016). Sistemas adesivos atuais. *Revista Brasileira de Odontologia*, 73(3), 242.
- Balbinot, G. S., Leitune, V. C. B., Ogliari, F. A., & Collares, F. M. (2020). Niobium silicate particles promote in vitro mineral deposition on dental adhesive resins. *Journal of Dentistry*, 101, 103449.

- Bosso, R. (2014). Avaliação de propriedades físicas, químicas e biológicas de cimentos Portland associados a radiopacificadores micro e nanoparticulados (doctoral dissertation).
- Bruziquesi, C. G., Balena, J. G., Pereira, M. C., Silva, A. C., & Oliveira, L. C. (2020). Nióbio: um elemento químico estratégico para o Brasil. *Química nova*, 42, 1184-1188.
- Carneiro, K. K., Meier, M. M., Santos, C. C. D., Maciel, A. P., Carvalho, C. N., & Bauer, J. (2016). Adhesives doped with bioactive niobophosphate micro-filler: degree of conversion and microtensile bond strength. *Brazilian dental journal*, 27, 705-711.
- Carvalho, J. G. D., Godoy, L. F. D., & Bastos, M. T. A. A. (2002). Comparação de duas técnicas para remineralização do esmalte. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 16, 89-92.
- Farias, Í. D. L. (2023). Síntese e caracterização de um cimento a base de hidroxiapatita dopado com óxido de nióbio para uso em procedimentos de regeneração óssea.
- Figueiredo, E. Z. D. (2019). Avaliação do silicato de nióbio como partícula de carga em cimento resinoso fotopolimerizável experimental.
- Griffith, W. P., & Morris, P. J. (2003). Charles Hatchett FRS (1765-1847), chemist and discoverer of niobium. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 57(3), 299-316.
- Leitune, V. C. B., Collares, F. M., Takimi, A., de Lima, G. B., Petzhold, C. L., Bergmann, C. P., & Samuel, S. M. W. (2013). Niobium pentoxide as a novel filler for dental adhesive resin. *Journal of dentistry*, 41(2), 106-113.
- Machado, A. L. S. (2018). Influência da incorporação de silicato de nióbio como carga inorgânica para uma resina composta.
- Mestieri, L. B. (2014). Estudo das células primárias dentais, viabilidade celular e bioatividade de materiais á base de silicato de cálcio.
- Mestieri, L. B., Gomes-Cornélio, A. L., Rodrigues, E. M., Faria, G., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2017). Cytotoxicity and bioactivity of calcium silicate cements combined with niobium oxide in different cell lines. *Brazilian Dental Journal*, 28, 65-71.
- Nogueira, F. S. (2017). A influência das técnicas de remineralização biomimética da dentina na durabilidade da união dentina-resina.
- Pereira, T. A. V. (2018). *Nanopartículas de óxidos de ferro e nióbio com diferentes recobrimentos: síntese, caracterização e avaliação do potencial biológico* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Pinto, L. D. (2021). Influência da adição de silicato de nióbio nas características físico-químicas de um adesivo ortodôntico experimental.
- Ramos, N. M. (2021). *Remineralização Biomimética: o futuro da Medicina Dentária Conservadora* (Doctoral dissertation, Universidade do Porto (Portugal)).
- Roveda, F. P. (2018). Influência do silicato de nióbio como partícula de carga na cimentação de lâminas cerâmicas sobre esmalte dentário.
- Silva, R. A. (2022). Avaliação das propriedades físico-químicas e osteogênicas do cimento portland associado ao pentóxido de nióbio (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Sousa, L. N., Moura, M. E. M., Mendonça, J. S., Nobre, N. E. C., Quirino, A. B. G., Silva, F. B., & Nojosa, J. S. (2017). Remineralização Dentinária Através do Uso de Análogo Biomiméticos. *Journal of Health Sciences*, 19(5), 283-283.
- Wisniak, J. (2015). Charles Hatchett: The discoverer of niobium. *Educación química*, 26(4), 346-355.