

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA - FOUFAL

ELISANGELA DE MELO NASCIMENTO
KAIO ÍTHALO BARROS CARDOSO

**BIOCOMPATIBILIDADE DOS CIMENTOS ENDODÔNTICOS: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**



MACEIÓ-AL
2023.2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA - FOUFAL

ELISANGELA DE MELO NASCIMENTO
KAIO ÍTHALO BARROS CARDOSO



**BIOCOMPATIBILIDADE DOS CIMENTOS ENDODÔNTICOS: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Odontologia da Universidade Federal
de Alagoas, como parte dos requisitos para conclusão
do curso de Bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Pinto de Oliveira

MACEIÓ-AL
2023.2

Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário: Valter dos Santos Andrade – CRB-4 – 1251

N244b Nascimento, Elisangela de Melo.
Biocompatibilidade dos cimentos endodônticos: uma revisão de
literatura / Elisangela de Melo Nascimento, Kaio Íthalo Barros Cardoso . –
2024.
42 f.

Orientador: Daniel Pinto de Oliveira.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia) –
Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Odontologia, Maceió,
2024.

Bibliografia: f. 39-42.

1. Odontologia. 2. Biocompatibilidade. 3. Teste de materiais. 4.
Cimentos endodônticos. I. Cardoso, Kaio Íthalo Barros. II. Título.

CDU: 616.314:615.46

AGRADECIMENTOS DO TCC

Querido Deus,

Neste momento de realização e gratidão, quero expressar minha profunda gratidão a Ti. Em cada passo desta jornada acadêmica, tenho sentido a Tua presença, a Tua orientação e a Tua graça a me sustentar. Em Ti, Senhor, encontro força, esperança e inspiração. A Ti seja toda a glória, agora e para sempre.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador/professor Dr. Daniel Pinto de Oliveira, pela orientação valiosa, paciência e apoio ao longo de todo o processo de elaboração deste trabalho. Suas orientações foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Agradeço também aos professores Rafaela e Leopoldo, membros da banca examinadora, por dedicarem seu tempo e expertise na avaliação deste trabalho, fornecendo feedbacks construtivos e contribuindo para o seu aprimoramento.

Aos meus pais, Noizete, Luiz e Luiz Carlos, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão por todo o amor, apoio e sacrifício que vocês dedicaram a mim ao longo dos anos. Desde o momento em que comecei minha jornada acadêmica até este momento de conquista, vocês estiveram ao meu lado, fornecendo orientação, encorajamento e apoio inabalável. Seu amor incondicional e crença em mim foram o alicerce sobre o qual construí minhas realizações.

Ao meu noivo, Ayrton Lima, que sempre esteve ao meu lado, você tem sido meu maior apoio e minha fonte de força. Suas palavras de encorajamento, seu amor inabalável e sua presença constante foram meu refúgio nos momentos de dificuldade e minha celebração nos momentos de alegria. Obrigado por acreditar em mim, por me inspirar a ser meu melhor e por me incentivar a perseguir meus sonhos com coragem e determinação. Sua presença ao meu lado tornou cada desafio mais suportável e cada vitória mais significativa. Você é minha inspiração, meu porto seguro e meu companheiro de vida. Sua dedicação e apoio incondicionais tornaram esta jornada mais gratificante e especial. Não há

palavras suficientes para expressar o quanto você significa para mim e quanto eu valorizo nosso relacionamento.

Aos meus amigos, de vida, de turma, com destaque especial para Kaio Íthalo, vocês estiveram ao meu lado ao longo desses anos, compartilhando risos, lágrimas, desafios e triunfos. Suas palavras de incentivo, apoio inabalável e presença constante foram um verdadeiro tesouro para mim. Obrigado por cada momento de companheirismo, por cada palavra de encorajamento e por cada gesto de amizade. Vocês tornaram essa jornada muito mais especial e significativa.

Elisangela De Melo Nascimento

AGRADECIMENTOS DO TCC

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Agradeço a meus pais e meu irmão por sempre me incentivarem a buscar conhecimento, sem medir esforços. Por toda compreensão e palavras de incentivo, e por todo zelo, dedicação e amor. Especialmente a minha mãe, que é e sempre foi o alicerce das minhas conquistas e realizações. Obrigado por tudo. À minha namorada, Lígia, que está comigo, me encorajando, apoiando e inspirando sempre.

Sou profundamente grato aos meus professores, por todo conhecimento transmitido de forma brilhante ao longo do curso e que foram fundamentais em minha jornada acadêmica. Suas contribuições moldaram minha abordagem à aprendizagem. Agradeço em especial ao meu orientador Daniel Pinto de Oliveira, pela orientação sábia, incentivo constante, paciência e conselhos valiosos ao longo deste projeto. Sua experiência e dedicação foram inspiradoras. Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus amigos. Aos amigos de turma, em especial Luanny, Letícia e Maísa, que foram minha fonte constante de apoio, risadas e companheirismo. Nos momentos desafiadores, suas palavras encorajadoras foram como luzes orientadoras. Cada desafio superado e cada conquista compartilhada tornaram esta jornada acadêmica mais significativa e memorável. Gratidão, sobretudo, à minha dupla da faculdade, Luanny, pela amizade, paciência, companheirismo e pela parceria durante esses anos de curso.

E por fim, gostaria de expressar minha profunda gratidão a minha parceira de TCC, Elisangela. Trabalhar ao seu lado foi uma experiência enriquecedora e gratificante. Sua dedicação, colaboração e habilidades complementaram as minhas de maneira extraordinária. Juntos, superamos desafios, celebramos conquistas e construímos um trabalho que reflete a nossa cooperação. Obrigado por ser um parceiro excepcional nesta jornada acadêmica.

Kaio Íthalo Barros Cardoso

RESUMO

INTRODUÇÃO: O tratamento endodôntico consiste na eliminação e diminuição dos microrganismos no sistema de canais radiculares, através da instrumentação, desinfecção com solução química auxiliar e a obturação com cimentos endodônticos, sendo a etapa da obturação a responsável pelo selamento e preenchimento dos espaços dos sistemas de canais radiculares por um selo hermético com efeitos terapêuticos, sendo de extrema importância o uso de cimentos biocompatíveis com os tecidos periapicais. **OBJETIVO:** Comparar a biocompatibilidade de diversos cimentos endodônticos disponíveis no mercado. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Realizou-se a seleção de artigos publicados em língua inglesa na base de dados do PubMed e Medline, utilizando os descritores: “Biocompatibility and Bioactivity”, “Biocompatibility and Endodontic Cement” e “Bioactivity and Endodontic Cement” e foram obtidos 565 artigos entre 2014 e 2024, dos quais 20 foram selecionados com base nos critérios de inclusão e de exclusão do estudo. **RESULTADOS:** Ao avaliar a biocompatibilidade dos cimentos endodônticos, observa-se que eles apresentam vantagens distintas, como propriedades antimicrobianas, capacidade de regeneração tecidual e baixa toxicidade. Os cimentos biocerâmicos e o MTA apresentam excelentes propriedades biológicas, promovendo uma resposta regenerativa no organismo. Cimentos à base de hidróxido de cálcio e óxido de zinco e eugenol são valorizados por suas propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias, apesar de potenciais efeitos irritantes nos tecidos periapicais. Já os cimentos à base de resina demonstram boa fluidez e radiopacidade. **CONCLUSÃO:** Observou-se que os cimentos endodônticos a base de silicato, os biocerâmicos, apresentaram os melhores resultados devido à sua excelente biocompatibilidade, bioatividade e resistência na união com a dentina radicular.

Palavras-chave: Biocompatibilidade, bioatividade e cimentos endodônticos.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Endodontic treatment consists of the elimination and reduction of microorganisms in the root canal system, through instrumentation, disinfection with an auxiliary chemical solution and filling with endodontic cements, with the filling stage being responsible for sealing and filling the spaces of the root canal systems. root canals by an hermetic seal with therapeutic effects, with the use of cements that are biocompatible with periapical tissues being extremely important.

OBJECTIVE: To compare the biocompatibility of different endodontic cements available on the market.

MATERIALS AND METHODS: Articles published in English were selected in the PubMed and Medline databases, using the descriptors: “Biocompatibility and Bioactivity”, “Biocompatibility and Endodontic Cement” and “Bioactivity and Endodontic Cement” and were obtained 565 articles between 2014 and 2024, of which 20 were selected based on the study's inclusion and exclusion criteria.

RESULTS: When evaluating the biocompatibility of endodontic cements, it was observed that they have distinct advantages, such as antimicrobial properties, tissue regeneration capacity and low toxicity. Bioceramic cements and MTA have excellent biological properties, promoting a regenerative response in the body. Calcium hydroxide, zinc oxide and eugenol-based cements are valued for their antimicrobial and anti-inflammatory properties, despite potential irritating effects on periapical tissues. Resin-based cements demonstrate good fluidity and radiopacity.

CONCLUSION: It was observed that silicate-based endodontic cements, bioceramics, presented the best results due to their excellent biocompatibility, bioactivity and resistance in bonding with root dentin.

Keywords: Biocompatibility, bioactivity and endodontic cements.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. METODOLOGIA.....	11
2.1 Estratégia de busca bibliográfica	11
2.2 Critérios de inclusão/exclusão.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Cimentos Biocerâmicos	30
4.2 Agregado Trióxido Mineral (MTA)	33
4.3 Cimentos à base de Hidróxido de cálcio	35
4.4 Cimentos à base de Óxido de Zinco e Eugenol	35
4.5 Cimentos à base de Resina	36
5. BIOCOMPATIBILIDADE.....	37
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
7. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico consiste na manutenção do dente por meio da prevenção, diagnóstico, tratamento, e controle das alterações da polpa e dos tecidos perirradiculares e o correto prognóstico. Tendo como tipos de tratamento endodôntico, o tratamento expectante, pulpotomia, biopulpectomia e necropulpectomia. Quando a polpa é afetada ocorre a inflamação e logo a infecção pulpar, dessa forma o canal radicular é limpo, modelado e preenchido com materiais obturadores³. O tratamento endodôntico compreende um procedimento clínico dividido nas seguintes etapas: acesso, preparo químico e mecânico, inserção da medicação intracanal e finaliza com a obturação dos canais radiculares.

Um tratamento endodôntico satisfatório, deve promover a eliminação dos microrganismos do sistema de canais radiculares, através da limpeza, modelagem e desinfecção dos canais radiculares restabelecendo a saúde dos tecidos perirradiculares nos casos de lesões, devolvendo a função do elemento dentário e bem estar do paciente, todas as etapas clínicas são essenciais para o restabelecimento da saúde dentária, no entanto, a obturação é a responsável pelo selamento e preenchimento dos espaços do sistema de canais radiculares²¹

A importância da obturação é promover a vedação de toda cavidade endodôntica, manter a antissepsia no canal radicular e proporcionar condições para que ocorra o processo de reparo tecidual. Esse selamento do canal radicular gera desafios, principalmente devido à adaptação dos materiais obturadores propostos nos espaços do canal radicular, devidamente a modelagem do sistema do canal radicular deficiente, dificultando assim a adaptação do cone de gutta-percha e material obturador.^{13,14}

A etapa de obturação dos canais radiculares é realizada por meio da associação de cones de gutta percha com um cimento endodôntico obturador. O uso em conjunto da gutta percha com o cimento endodôntico tem por finalidade obter um vedamento hermético e estimular o processo de reparo periapical, com o objetivo de levar ao selamento biológico do sistema de canais radiculares.

Nessa constituição, os cones de guta-percha apresentam estabilidade dimensional, não possuem aderência às paredes dentinárias, não alteram a cor dentária, apresentam características radiopacas e são de fácil remoção. Por outro lado, os cimentos endodônticos devem alcançar o melhor resultado clínico, idealmente, combinada por um selamento hermético com efeitos terapêuticos, de fácil transporte ao canal e que estabeleça propriedades físico-químicas compatíveis, sendo fundamental para o tecido periapical com finalidade de redução da interface presente entre a guta percha e a parede dentinária.^{9,14}

Diversos materiais para obturação dos canais radiculares já foram desenvolvidos, mas a busca por um cimento endodôntico que reúna a maioria das propriedades físico-químicas e biológicas, ainda continua. Atualmente, uma ampla variedade de cimentos endodônticos está disponível no mercado, no entanto, o cimento endodôntico ideal é aquele não irritante aos tecidos periapicais e biocompatível com o tecido conjuntivo, visto que esse material ficará em contato permanente com os tecidos apicais e periapicais do paciente.

Os cimentos endodônticos apresentam uma função primordial na obturação, além de serem biocompatíveis, devem selar as interfaces existentes entre os materiais de obturação e entre a parede do canal radicular, com o intuito de alcançar uma obturação em três dimensões de forma hermética e efetiva. Esses cimentos ainda devem ser capazes de penetrar nos canais acessórios, laterais e túbulos dentinário não preenchidos pela guta-percha, a fim de evitar o insucesso do tratamento ao longo prazo.^{4,14}

2. METODOLOGIA

2.1 Estratégia de busca bibliográfica

Foi realizada uma revisão de literatura de natureza quantitativa. Foram consultadas as principais bases de dados e buscadores globais (PubMed, Journal of Endodontics” e “International Endodontic Journal ”). As consultas foram feitas a partir dos seguintes conjuntos de palavras-chave: “Biocompatibility and Bioactivity”, “Biocompatibility and Endodontic Cement” e “Bioactivity and

Endodontic Cement”. As buscas foram realizadas no título, no abstract e nas palavras-chave dos artigos.

2.2 Critérios de inclusão/exclusão

Esse estudo possui artigos que analisam a biocompatibilidade dos cimentos endodônticos utilizados na obturação de canais radiculares. A revisão abrangeu apenas estudos publicados em língua inglesa. Foram considerados para esta revisão estudos dos últimos dez anos, no entanto artigos mais antigos que apresentaram forte relevância para o tema também foram abrangidos. Inicialmente, foram excluídos os artigos repetidos (obtidos em mais de uma base de dados ou a partir de mais de uma combinação de palavras-chave), de modo a deixar apenas uma entrada para cada artigo. Em seguida, os resumos de cada artigo foram avaliados, de modo que foram inicialmente excluídos os trabalhos em outra língua, artigos sem abordagem endodôntica, artigos de revisão sistemática e de literatura, relatos de caso, estudos com dados de seguimento incompleto e estudos sem uso de grupo controle, mas foram usados como ponto de partida para a busca dos artigos originais por eles citados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Estão descritos, a seguir, os estudos selecionados para a revisão de literatura, conforme resumido na Tabela 1.

TÍTULO	REVISTA/ANO	AUTORES	OBJETIVO	RESULTADOS
A novel, doped calcium silicate bioceramic synthesized by sol-gel method: Investigation of setting time and biological properties	Journal of Biomedical Materials Research, 2019.	Abdalla, M. M., Lung, C. Y. K., Neelakantan, P., & Matinlinna, J. P.	O objetivo do presente estudo foi sintetizar uma biocerâmica de silicato de cálcio dopada com íons de presa rápida pelo método sol-gel e caracterizar sua em vitro capacidade de formação de apatita e viabilidade celular.	CS, DCS1 e DCS2 mostraram uma diminuição significativa no tempo de pega 33 - 1,63 min, 28 - 1,63 min e 41,75- 2,87 min, respectivamente, em comparação com WMTA 91 - 3,16 min ($p < 0,001$). DCS1 apresentou maior capacidade de formação de apatita e viabilidade celular em comparação aos demais grupos. A liberação de íons Ca e Si diminuiu tanto em DCS1 quanto em DCS2

<p>New nanostructural biomaterials based on active silicate systems and hydroxyapatite: characterization and genotoxicity in human peripheral blood lymphocytes</p>	<p>International Endodontics Journal, 2013.</p>	<p>Opac'ic-Galic, V., Petrovic, V., Zivkovix, S., Jakanovic, V., Nikolic, B., Knezevic-Vukcevic, J., et al.</p>	<p>Caracterizar e investigar o efeito genotóxico de um novo cimento endodôntico à base de silicato dicálcico e tricálcico (CS) com hidroxiapatita (AH) em linfócitos humanos.</p>	<p>A análise SEM indicou que o CS consistia principalmente em aglomerados de vários micrômetros de tamanho, constituídos a partir de partículas menores, com dimensões entre 117 e 477 nm. O cimento HA-CS apresentou boa biocompatibilidade, baixo potencial genotóxico;</p>
<p>Bioactivity of MTA Plus, Biodentine and an experimental calcium silicate-based cement on Human osteoblast-like cells</p>	<p>International Endodontics Journal, 2015.</p>	<p>Gomes-Cornélio, A., Rodrigues, E., Salles, L., Mestieri, L., Faria, G., Guerreiro-Tanomaru, J., et al.</p>	<p>Comparar a bioatividade do Biodentine (BIO, Septodont), MTA Plus (MTA P, Avalon) e do cimento experimental de silicato de cálcio (CSC) com resina (CSCR) associada ao zircônio (CSCR ZrO₂) ou nióbio (CSCR Nb₂O₅) óxido como radiopacificadores.</p>	<p>Todos os cimentos testados apresentaram respostas dose dependentes na viabilidade celular (MTT). As células expostas revelaram boa viabilidade (80 -130% em comparação com o grupo controle) nas diluições mais altas de todos os tipos de cimento. MTA P, BIO e CSCR ZrO₂ aumentou</p>

				significativamente a velocidade de proliferação celular após três dias de exposição celular no ensaio de cicatrização de feridas ($P < 0,000$).0,05), o que corroborou os dados do MTT.
Calcium chloride-enriched calcium aluminate cement promotes in vitro osteogenesis.	International Endodontics Journal, 2018.	Castro-Raucci, L., Teixeira, L., Barbosa, A., Fernandes, R., Raucci-Neto, W., Jacobovitz, M., et al.	Avaliar os efeitos do cloreto de cálcio (CaCl) a 2,8% ou 10%.2) em cimento de aluminato de cálcio (CAC) com óxido de bismuto (Bi_2O_3) ou óxido de zinco (ZnO) como radiopacificadores na progressão de culturas de células osteogênicas.	CACb+ promoveu os maiores níveis de cálcio nos meios de cultura; CACz+, os níveis mais baixos de fósforo ($P < 0,05$). CACz+ e CACb aumentaram a apoptose celular ($P < 0,05$). CACb reduziu a viabilidade celular ($P < 0,000$).0,05) e a expressão do fenótipo osteoblástico. CACz+ e CACb+ promoveram maior diferenciação celular e mineralização da matriz em comparação com CACz e CACb ($P < 0,05$).

<p>β-Dicalcium silicate-based cement: synthesis, characterization and in vitro bioactivity and biocompatibility studies. J Biomed Mater</p>	<p>Journal of Biomedical Materials Research, 2014.</p>	<p>Correa D., Almirall, A., García-Carrodegas, R., Santos, L., Aza, A., Parra, J., et al.</p>	<p>Sintetizar um b-pó de silicato dicálcico pelo processo sol-gel utilizado como fase sólida para preparar cimento de silicato de cálcio que seria utilizado como substituto ósseo.</p>	<p>Os resultados mostraram que o processo sol-gel é um método de síntese disponível para obter um pó puro deb-c2S em temperaturas relativamente baixas sem estabilizadores químicos. A combinação de boa bioatividade e biocompatibilidade sugere que o cimento é bom biomaterial para aplicações clínicas.</p>
<p>Biocompatibility and biomineralization ability of Bio-C Pulpecto. A histological and immunohistochemical study</p>	<p>International Journal of Paediatric Dentistry, 2019.</p>	<p>Cosme-Silva, L., Benetti, F., Dal-Fabbro, R., Filho, J., Sakai, V., Cintra, L., et al.</p>	<p>Avaliar a resposta inflamatória, biomineralização e produção de osteocalcina (OCN), osteopontina (OPN) e sialoproteína óssea (BSP) de um novo material obturador radicular para dentes decíduos (Bio-C Pulpecto) em comparação ao MTA.</p>	<p>A resposta inflamatória observada com MTA e Bio-C Pulpecto foi ainda mais exacerbada até o 15o dia e diminuiu a partir de 30 dias. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre controle, MTA e Bio-C Pulpecto (P.S.>0,05). Bio-C Pulpecto e MTA apresentaram positividade</p>

				para von Kossa e foram birrefringentes à luz polarizada. A marcação imunológica para OCN, OPN e BSP foi mais intensa para MTA e Bio-C Pulpecto nos dias 60 e 90 (P.S.>0,05).
Repair of Bone Defects Filled with New Calcium Aluminate Cement (EndoBinder)	Journal of Endodontics, 2015.	Garcia, L. D. F. R., Huck, C., Scardueli, C. R., & de Souza Costa, C. A.	O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar o reparo de defeitos ósseos preenchidos com cimento de aluminato de cálcio (EndoBinder), agregado trióxido mineral (MTA) e hidróxido de cálcio.	Aumento significativo na porcentagem de tecido ósseo neo formado foi observado ao longo dos períodos experimentais em todos os grupos (P < .05). Para os cimentos EndoBinder e MTA (30 e 90 dias), esses valores percentuais foram estatisticamente superiores aos do grupo controle (P < .05); no entanto, eles eram semelhantes aos do hidróxido de cálcio (P > .05).

<p>Solubility and Disintegration of New Calcium Aluminate Cement (EndoBinder) Containing Different Radiopacifying Agents</p>	<p>Journal of Endodontics, 2017.</p>	<p>Garcia, L., Chinelatti, M., Rossetto, H., Pires-de-Souza, F.</p>	<p>Avaliar a solubilidade e desintegração do EndoBinder (EB) contendo 3 diferentes agentes radiopacificadores, óxido de bismuto (Bi₂O₃), óxido de zinco (ZnO) ou óxido de zircônio (ZrO₂), em comparação com agregado trióxido mineral cinza (GMTA) e MTA branco (WMTA).</p>	<p>Todos os cimentos apresentaram valores médios de solubilidade e desintegração acima da Especificação no. 57. EB + Bi₂O₃ apresentou a menor perda de massa (5,08%) e o WMTA (6,65%) a maior, sem diferença estatisticamente significativa (P>.05).</p>
<p>Effect of Endodontic Cement on Bone Mineral Density Using Serial Dual-energy X-ray Absorptiometry.</p>	<p>Journal of Endodontics, 2014.</p>	<p>Saghiri, M. A., Orangi, J., Tanideh, N., Janghorban, K., & Sheibani, N.</p>	<p>Materiais com novas composições foram testados a fim de desenvolver materiais odontológicos com melhores propriedades.</p>	<p>O teste de Kruskal-Wallis seguido do teste de Mann-Whitneyvocê teste mostrou diferenças significativas entre os grupos em um nível de significância de P < .05. Pos valores calculados pelo teste de Kruskal-Wallis foram 0,002 para densidade mineral óssea em ambos os intervalos e P20 dias =</p>

				0,004 e P40 dias = 0,005 para conteúdo mineral ósseo.
Evaluation of Biocompatibility and Osteogenic Potential of Tricalcium Silicate-based Cements Using Human Bone Marrow-derived Mesenchymal Stem Cells	Journal of Endodontics, 2017.	Sultana, N., Singh, M., Nawal, R., Chaudhry, S., Yadav, S., Mohanty, S., et al.	Avaliar a proliferação, diferenciação e potencial osteogênico de células-tronco mesenquimais derivadas da medula óssea humana (hBMSCs) em biomateriais como ProRoot MTA (MTA; Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK), Biodentine (BD; Septodont, Saint Maur de Fosses, França) e EndoSequence Root Repair Material (ERRM; Brasseler USA, Savannah, GA).	ERRM e MTA demonstraram a melhor biocompatibilidade entre os materiais de silicato tricálcico utilizados, sem diferença significativa entre eles. Ambos mostraram bioatividade osteogênica significativamente maior que o BD. Todos os três cimentos de silicato tricálcico suportam uma boa aderência dos hBMSCs.
Effects of Calcium Silicate Endodontic Cements on Biocompatibility and Mineralization-inducing	Journal of Endodontics, 2017.	Chang, S., Lee, S., Ann, H., Hum, K., Kim, E.	Avaliar a biocompatibilidade, resposta inflamatória e potencial odontoblástico de Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, França), Ortho-MTA (OMTA; BioMTA, Seul, Coréia),	Biodentine, OMTA e AMTA apresentaram proliferação celular favorável, atividade de fosfatase alcalina, formação de nódulos mineralizados e expressão de genes marcadores

<p>Potentials in Human Dental Pulp Cells</p>			<p>Angelus-MTA (AMTA; Angelus , Londrina, Brasil) e IRM (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) em células da polpa dentária humana.</p>	<p>odontoblásticos semelhantes aos do IRM. Os níveis de mediadores pró-inflamatórios, incluindo óxido nítrico, prostaglandina E2, óxido nítrico sintase indutível e ciclooxigenase-2 foram menores para Biodentine, OMTA e AMTA em comparação com o grupo IRM. Todos os materiais de teste induziram a produção de espécies reativas de oxigênio e a expressão de hemeoxigenase-1, fator nuclear-fator-2 relacionado a E2 e proteínas quinases ativadas por mitógeno.</p>
<p>Evaluation of the genotoxicity, cytotoxicity,</p>	<p>BMC Oral Health, 2024.</p>	<p>Esen, M., Guven, Y., Seyhan, M., Ersev, M., Tuna-Ince, E.</p>	<p>Avaliar a genotoxicidade, citotoxicidade e bioatividade de quatro CSCs comparando os materiais recém-introduzidos Bio</p>	<p>A frequência de MN nos grupos foi significativamente menor do que no grupo controle positivo (tetraconazol) ($p < 0,05$). Os valores de NDI diminuíram com o</p>

<p>and bioactivity of calcium silicate-based cements</p>			<p>MTA+ e MTA Cem com materiais previamente estudados, Biodentine e NeoMTA.</p>	<p>aumento da concentração ($p < 0,05$). Bio MTA+ e Neo MTA mostraram diminuição da viabilidade celular em todas as concentrações em culturas de 7 dias ($p < 0,01$). Todos os materiais aumentaram os níveis de BMP-2, FGF-2 e VEGF, com Biodentine e NeoMTA apresentando os níveis mais elevados de BMP-2 e FGF-2 no dia 7. Biodentine apresentou os níveis mais elevados de VEGF no dia 7. Os grupos Biodentine e NeoMTA exibiram atividade de ALP significativamente maior do que os grupos Bio MTA+ e MTA Cem no dia 7.</p>
<p>Characterization, Physical Properties,</p>	<p>European Journal of</p>	<p>Maharti, I., Suprastiwi, E.,</p>	<p>Comparar as características, propriedades físicas e</p>	<p>O TCS-C apresentou fluxo médio de 31,98 -0,68 mm, comparado</p>

<p>and Biocompatibility of Novel Tricalcium Silicate–Chitosan Endodontic Sealer</p>	<p>Dentistry, 2023.</p>	<p>Agusnar, H., Herdianto, N., Margono, A.</p>	<p>biocompatibilidade do novo cimento silicato-quitosana tricálcico (TCS-C) com AH Plus e Sure-Seal Root.</p>	<p>com Sure Seal Root de 26,38 - 0,69 mm e AH Plus de 26,50 - 0,12 mm. O TCS-C apresentou uma espessura média de filme de 60 a 10,0 mm em comparação com o Sure-Seal Root de 50 a 10,0 mm e o AH Plus de 40 a 15,8 mm. O TCS-C exibiu baixa ou nenhuma citotoxicidade em células fibroblásticas em todas as concentrações e tempos de exposição.</p>
<p>Real-time evaluation of the biocompatibility of calcium silicate-based endodontic cements: An in vitro study</p>	<p>Clinical and Experimental Dental Research, 2023.</p>	<p>Rebolledo, S., Alcantara- Dufeu, R., Machuca, L., Ferrada, L., Sánchez- Sanhueza, G.</p>	<p>Avaliar a biocompatibilidade em tempo real de CSCs com células do ligamento periodontal humano</p>	<p>A proliferação celular na presença de todos os cimentos foi significativamente afetada às 24 horas (2010).p < .05). ProRoot MTA e Biodentine levam ao aumento da proliferação celular; não houve diferenças significativas com o grupo controle às 120 horas. Em</p>

				contraste, Tubli-Seal e TotalFill-BC Sealer inibiram o crescimento celular em tempo real e aumentaram significativamente a morte celular em comparação com todos os grupos.
In Vitro Evaluation of ProRoot MTA, Biodentine, and MM-MTA on Human Alveolar Bone Marrow Stem Cells in Terms of Biocompatibility and Mineralization	Journal of Endodontics, 2015.	Margunato, S., Tasli, P., Aydin, S., Kazandag, M., Sahin, F.	Comparar o efeito do ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK), Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, França) e MM-MTA (Micro-Mega, Besançon Cedex, França) na viabilidade celular, capacidade de deposição de tecido duro e diferenciação osteogênica de células-tronco da medula óssea humana (hBMSCs) derivadas do osso mandibular.	MTA, Biodentine e MM-MTA não exibiram efeito citotóxico em hBMSCs após 14 dias em cultura. Embora todos os materiais estimulem significativamente ($P < .05$) diferenciação osteogênica de hBMSCs comparados com o controle negativo, o ProRoot MTA apresentou maior osteoindutividade do que Biodentine ou MM-MTA de acordo com a expressão de RNAmensageiro, fosfatase alcalina, imunocitoquímica e

				dados de coloração com vermelho de alizarina.
Enhanced Capability of Bone Morphogenetic Protein 2-loaded Mesoporous Calcium Silicate Scaffolds to Induce Odontogenic Differentiation of Human Dental Pulp Cells	Journal of Endodontics, 2018.	Huang, K., Chen, Y., Wang, C., Lin, Y., Wu, Y., Shie, M., et al.	Investigar uma nova estrutura osteoindutiva carregando a proteína morfogenética óssea 2 (BMP-2) em silicato de cálcio mesoporoso (MesoCS) e fabricando-a como estruturas tridimensionais usando modelagem de deposição fundida combinada com policaprolactona.	O andaime MesoCS/BMP-2 mostrou padrões semelhantes aos de um andaime de silicato de cálcio na liberação de íons de cálcio e silício em um teste de imersão em fluido corporal simulado (SBF) por 7 dias, mas o BMP-2 continuou liberando do MesoCS/BMP-2 andaime significativamente mais do que o andaime CS de 48 horas a 7 dias. A adesão e a proliferação de células da polpa dentária humana cultivadas em uma estrutura MesoCS/BMP-2 também foram mais significativas que as estruturas sem BMP-2 ou

				mesoporosas, bem como os resultados do teste de atividade da fosfatase alcalina.
Cytokine Production and Cytotoxicity of Calcium Silicate-based Sealers in 2- and 3-dimensional Cell Culture Models	Journal of Endodontics, 2020.	Gaudin, A., Tolar, M., Peters, O.	Avaliar os efeitos de diferentes cimentos à base de silicato (ou seja, BioRoot RCS [Septodont, Saint Maur des Fosses, França], ProRoot ES [Dentsply Sirona, York, PA] e MTA Fillapex [Angelus, Londrina, PR, Brasil]) sobre a produção de citocinas e viabilidade de células-tronco do ligamento periodontal humano (PDLSCs).	Em condições de cultura bidimensionais, o BioRoot RCS revelou uma boa taxa de viabilidade de PDLSC. O ProRoot ES não teve efeito na viabilidade do PDLSC, independentemente da diluição. O MTA Fillapex foi fortemente citotóxico mesmo nas diluições mais baixas do extrato (1:1, 1:2 e 1:4). O encapsulamento de PDLSCs no PuraMatrix tendeu a diminuir o efeito citotóxico dos cimentos. No tridimensional em vitro procedimento experimental de modelo de raiz, BioRoot RCS, ProRoot ES e MTA Fillapex revelaram um padrão de

				citocompatibilidade. Diferentes cimentos à base de silicato de cálcio exibiram diferentes produções de citocinas pró inflamatórias. O BioRoot RCS estimulou grandemente a liberação de IL-10 e, em menor grau, de IL-4 pelos PDLSCs (P, .05).
Effects of an Experimental Calcium Aluminosilicate Cement on the Viability of Murine Odontoblast-like Cells	Journal of Endodontics, 2012.	Wei, W., Qi, Y. P., Nikonow, S., Niu, Li-na., Messer, R., Moa, J., et al.	Examinar o efeito de um cimento experimental de aluminossilicato de cálcio (Quick-Set; Primus Consulting, Bradenton, FL) na viabilidade de células semelhantes a Odontoblastos.	Após a primeira semana de imersão em meio de cultura, Quick-Set e WMTA foram mais citotóxicos que o controle Teflonnegativo (P < .05), e as células exibiram mais apoptose/necrose que Teflon (P < .05). Após a segunda semana de imersão, os 2 cimentos eram tão biocompatíveis quanto o Teflon (P > .05), com células exibindo

				apoptose/necrose mínima. Os eluentes dos cimentos endurecidos na diluição 1:1 foram significativamente mais citotóxicos que os eluentes na diluição 1:10 ou 1:100 ($P < .05$).
Cytotoxicity, Differentiation, and Biocompatibility of Root-End Filling: A Comprehensive Study	Biomimetics, 2023.	Jimenez-Bueno, I., Garcia-Contreras, R., Aranda-Herrera, B., Sakagami, H., Lopez-Ayuso, C., Nakajima, H., et al.	Avaliar a citotoxicidade do tipo de morte celular por apoptose e autofagia, e os efeitos de diferenciação celular odontoblástica do MTA, óxido de zinco-eugenol e dois cimentos Portland experimentais modificados com bismuto (Portland Bi) e bário (Portland Ba) em culturas celulares primárias.	Resultados: Todos os cimentos causaram uma redução dependente da dose na viabilidade celular. O contato com óxido de zinco-eugenol não induziu fragmentação de DNA nem ativação apoptótica de caspase-3 e inibidores de autofagia (3-metiladenina, bafilomicina). Portland Bi acelerou significativamente ($p < 0,05$) a diferenciação de células semelhantes a odontoblastos.

<p>In vivo biocompatibility and biomineralization of calcium silicate cements</p>	<p>European Journal of Oral Sciences, 2018.</p>	<p>Benetti, F., Gomes-Filho, J., Lopes, J., Barbosa, J., Jacinto, R., Cintra, L.</p>	<p>Avaliar a biocompatibilidade e biomineralização deste novo material de MTA e comparar com outros dois cimentos de MTA ao longo do tempo.</p>	<p>Nos dias 7 e 15, foi observada inflamação moderada na maioria dos espécimes e a cápsula fibrosa era espessa. No dia 30, houve inflamação leve em todos os grupos e a cápsula fibrosa era fina. Nos dias 60 e 90, houve inflamação leve nos grupos materiais, enquanto o grupo controle não apresentou inflamação, embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos e a cápsula fibrosa fosse fina. Todos os grupos de materiais apresentaram estruturas coradas com von Kossa e puderam ser observadas sob luz polarizada; isso não foi encontrado para o controle.</p>
--	---	--	---	--

Tabela 1: Artigos inseridos na revisão de literatura após leitura do título e resumo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca resultou em 565 artigos publicados nos últimos 15 anos (período de 2009 a 2024), sendo 527 na PubMed, 21 no Journal of endodontics e 17 no International endodontics Journal. Além disso, 545 foram excluídos: 515 foram excluídos pelos critérios de inclusão e exclusão e 30 foram excluídos por serem duplicados, resultando em 20 artigos utilizados nesta revisão de literatura.

4.1 Cimentos Biocerâmicos

Os cimentos biocerâmicos são matérias que possuem em sua composição: silicatos de cálcio, óxido de zircônio, fosfato de cálcio monobásico. A composição dos cimentos biocerâmicos permite a modulação do ambiente apical do tecido, proporcionando uma cura previsível. Estes cimentos apresentam excelentes propriedades físico-químicas e biológicas, incluindo pH alcalino, atividade antimicrobiana, radiopacidade e biocompatibilidade, decorrente da sua equivalência com o processo biológico em composição de hidroxiapatita e obtendo uma resposta regenerativa no organismo. Além disso, possuem um alto índice de escoamento no canal radicular.^{5,6}

Os biocerâmicos são compostos cerâmicos, obtidos *in situ* e *in vivo*, por diversos processos químicos, nos quais eles apresentam excelentes propriedades biológicas, devido à sua similaridade com a hidroxiapatita. Assim, durante o processo de hidratação desses materiais são produzidos diferentes tipos de compostos e a hidroxiapatita, possuindo a capacidade de induzir uma resposta regenerativa no corpo humano.

Os cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio foram introduzidos recentemente no mercado e têm sido extensivamente empregados na endodontia, destacando-se por sua excelente bioatividade e biocompatibilidade em diversas aplicações odontológicas, dando um novo conceito para o preenchimento do canal radicular e para aplicações que possuem interações com os tecidos periapicais. Vários estudos estão sendo desenvolvidos no intuito de formular novos cimentos endodônticos a fim de eliminar alguns problemas apresentados por muitos que estão no mercado, dentre eles: o tempo de presa, a estabilidade química e a viabilidade

celular. A partir disso, alguns autores passaram a investigar os efeitos de diferentes materiais odontológicos na viabilidade e bioatividade das células osteoblásticas.

Opacić-Galić *et al.* em 2013 por meio estudos de um novo cimento à base de silicato de cálcio (CS) com hidroxiapatita (HA) em células humanas, verificou que a presença da hidroxiapatita produz ligações diretas com o osso, por apresentar capacidade osteocondutora. Além de ser tolerado e apresentar boa integração ao tecido hospedeiro, fornecendo a base para o novo crescimento ósseo. Ademais, biocerâmicos à base de silicato de cálcio geram um ambiente básico sobre condições *in vitro* e em condições *in vivo*, os estudos demonstram que esses materiais podem estimular a regeneração óssea. Por meio dos estudos, autores descrevem que uma camada de apatita semelhante ao osso é possível de ser identificada entre a interface osso-biocerâmicos, uma vez que o ambiente básico inicial facilita a formação dessa camada quando materiais à base de silicato de cálcio estão em contato com fluidos teciduais.^{5,6,19}

O Cimento a base de silicato de cálcio com resina associado a Zircônio (CSCRZrO₂) e nióbio (CSCRNb₂O₅) óxido tem sido estudado como agente radiopacificadores na formulação de um novo cimento endodôntico à base de silicato de cálcio (Viapiana). Em comparação com o MTA Plus e o Biodentine, essas novas formulações apresentaram boa biocompatibilidade mesmo em baixas diluições, sendo capaz de produzir nódulos de mineralização, deposição de cristais de hidroxiapatita, destacando ainda mais o potencial dos materiais testados na odontologia, tanto em termos de biocompatibilidade quanto de bioatividade, com implicações importantes para a regeneração e reparação tecidual.¹³

Nesse sentido, um novo cimento de silicato de cálcio de presa rápida e dopado com Zn e Mg usando o método sol-gel foi desenvolvido na tentativa de solucionar tais problemas. A citotoxicidade de cada material foi avaliada, utilizando fibroblastos de camundongos, e os resultados revelaram que os materiais utilizados não eram citotóxicos, apresentando biocompatibilidade e bioatividade equiparada aos demais cimentos presentes no mercado, assim esse cimento pode ser usado em tratamentos de canais, implantes e como material de preenchimento de defeitos ósseos. No entanto, o aumento das concentrações de íons Zn causa a dissolução intracelular e extracelular, provocando a morte das células.¹

O cimento endodôntico à base de aluminato de cálcio (EndoBinder) também tem sido estudado para aplicações clínicas, propondo duas modificações: substituição

do agente radiopacificador e aumento do teor de CaCl_2 . A radiopacidade do CAC é fundamental para sua distinção em procedimentos endodônticos, e o óxido de bismuto demonstrou melhorar essa propriedade em comparação com o óxido de zinco, além de aprimorar o efeito antibacteriano. Aumentar o teor de CaCl_2 no CAC não apenas melhora a trabalhabilidade, mas também pode aumentar a liberação de Ca^{2+} , que está associada aos efeitos biológicos positivos do material, beneficiando a bioatividade e a atividade antibacteriana do CAC. As culturas também apresentaram maior atividade de fosfatase alcalina e expressão de marcadores osteoblásticos, sugerindo uma maior mineralização mediada por células. Em suma, o aumento do teor de CaCl_2 no CAC promoveu efeitos positivos na aquisição do fenótipo osteogênico e atenuou os efeitos deletérios do óxido de bismuto, mas a validação deste CAC modificado dependerá de ensaios adicionais de genotoxicidade e resposta tecidual *in vivo*.⁴

Em outro estudo, foi avaliado que a capacidade de reparação do EndoBinder em comparação com o MTA e o hidróxido de cálcio tiveram desempenho semelhantes, no entanto, constatou que o agente radiopacificador no MTA interfere em seu mecanismo de hidratação, tal fato reduz a capacidade de formar tecidos duros de reparação. (Garcia et al., 2015). Já o EndoBinder, devido a alta biocompatibilidade de seu radiopacificador, o processo de hidratação do EndoBinder resulta em uma liberação gradual de íons cálcio, promovendo um aumento do pH favorável ao reparo tecidual. Com base nos resultados, o EndoBinder pode ser considerado uma opção promissora para uso em procedimentos odontológicos, embora mais estudos sejam necessários para validar sua segurança e eficácia em humanos.^{4,10}

Outro cimento a base de de aluminossilicato de cálcio foi avaliado (Quick-Set; Primus Consulting, Bradenton, FL) e seus resultados de biocompatibilidade foram semelhantes ao de WMTA, ou seja, apresentou baixa citotoxicidade a partir da segunda semana, exibindo menor potencial de apoptose/necrose celular após eluição dependente do tempo de componentes tóxicos.²⁴

Estudos demonstraram que a introdução de uma estrutura osteoindutiva carregando a proteína morfogênica óssea 2 (BMP-2) em silicato de cálcio mesoporoso (MesoCS) amplia significativamente a produção de ALP e nódulos de mineralização, sendo assim o biomaterial regenerador de tecidos duros, promovendo a odontogênese. Desse modo, acredita-se que a estrutura tridimensional MesoCS/BMP-2 tem o potencial de atuar como uma estrutura intracanal, contribuindo

para a retenção de coágulo e para a indução da odontogênese durante a terapia endodôntica reparadora.¹⁵

ProRoot ES, cimento biocerâmico, apresentou biocompatibilidade quando utilizou encapsulamento de PDLSCs (produção de citocinas e viabilidade de células-tronco do ligamento periodontal humano) no PuraMatrix, assim não promoveu a produção de citocinas pró-inflamatórias e induziu a secreção de citocinas anti-inflamatórias, sendo um ponto positivo ao atenuar uma resposta inflamatória inicial e local.¹²

Maharti et al., em 2023 avaliaram a biocompatibilidade do novo cimento endodôntico silicato-quitosona tricálcio (TCS-C). A quitosana, um biopolímero natural, é um biomaterial adequado para diversas aplicações clínicas, pois seus benefícios incluem alta biocompatibilidade, baixa elicitación de respostas inflamatórias, atividade antibacteriana e alta biodegradabilidade. E nesse sentido, os autores trazem que a adição da quitosona em cimentos à base de silicato de cálcio pode melhorar as propriedades de manipulação do material. Neste estudo, Maharti et al., em 2023 notificaram que o novo cimento TCS-C apresentou boa biocompatibilidade, conforme a análise da viabilidade celular de fibroblastos de embriões de camundongos em ambas as concentrações e diferentes tempos de exposição.¹⁷

4.2 Agregado Trióxido Mineral (MTA)

O Agregado ao trióxido mineral (MTA) é um cimento desenvolvido para obturação radicular e tratamento de perfurações radiculares e de furca, sendo amplamente utilizado na odontologia pelas diversas vantagens apresentada, como: induz a formação de cimento, contribui para a regeneração do ligamento periodontal e óssea. Além disso, este cimento apresenta alta biocompatibilidade e bioatividade.^{5,10,14,19,18}

No entanto, alguns estudos estão sendo realizados para sanar as dificuldades apresentadas por esse material como longo tempo de presa, baixa resistência a compressão, alta taxa de coloração da estrutura dentária, alta solubilidade em meio úmido, liberação de arsênico incorporação de água e bolhas de ar durante a mistura e propriedade físico-químicas dependente da temperatura e do tamanho das partículas.^{10,19,22}

Diante disso, vem sendo investigado os efeitos de materiais como o WMTA (agregado trióxido mineral de White) nano modificado, mostrando sua capacidade de promover a regeneração óssea. A adição de nanopartículas influenciou positivamente as propriedades físico-químicas e biológicas do WMTA, acelerando o processo de hidratação e induzindo a formação de hidroxiapatita. Além disso, foi observado que o WMTA nano modificado apresentou uma melhor resposta na cicatrização óssea em comparação com o WMTA convencional. Esses resultados sugerem o potencial do uso de materiais nano modificados para promover ativamente a formação de tecidos duros e melhorar os resultados em procedimentos de regeneração óssea.²²

O MTA Fillapex, em comparação com o AH Plus, apresentou baixa biocompatibilidade, sendo um cimento citotóxico. Acredita-se que sua citotoxicidade esteja atribuída à presença de componentes resinosos, principalmente resina silicilato e sílica, e pela relação desequilibrada entre a resina e MTA.¹²

Um novo material à base de MTA, MTA Repair HP, foi desenvolvido com o objetivo de minimizar e/ou eliminar algumas desvantagens encontradas no cimento à base de MTA, como o seu tempo de presa e a capacidade de manchamento dentário. Seus estudos demonstraram que esse novo material possui biocompatibilidade e biomineralização semelhantes às do cimento presente no mercado atual, como: ProRoot MTA e do MTA- Angelus branco. No entanto, é crucial conduzir mais estudos para confirmar essas conclusões e orientar a seleção de materiais em procedimentos endodônticos.²

Cosme-Silva et al, em 2018 apresentam um estudo pelo qual objetivaram avaliar a biocompatibilidade e a capacidade osteogênica de um novo cimento biocerâmico (Bio-C Pulpecto – Angelus) em comparação ao Agregado Trióxido mineral (MTA)⁵. A comparação com o MTA se deu por ser considerado o padrão ouro entre biocerâmico e por possuir alta biocompatibilidade e propriedades hidrofílicas, têm um pH alcalino e induz a biomineralização. Como resultados, o Bio-C Pulpecto demonstrou uma biocompatibilidade adequada quando comparado ao padrão ouro. Além de possuir capacidade de biomineralização tecidual e expressou marcadores osteogênicos, que podem favorecer o processo de reparo na região apical.

4.3 Cimentos à base de Hidróxido de cálcio

O Cimento de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), destaca-se por apresentar uma densidade óptica com maior radiopacidade. Por ser bioativo, permite a liberação de íons que estimulam uma resposta pulpar. O hidróxido de cálcio, comumente utilizado para a obturação de canais radiculares, possui pH alcalino tornando sua atividade antimicrobiana ligada a dissociação iônica em íons hidroxila e íons cálcio e não promovem reações tóxicas quando inserido ou quando entra em contato com o tecido vivo, sendo um material biocompatível e promove ação anti-inflamatória e formação de tecido duro. Além disso, tem a capacidade de absorver a maioria do CO_2 presente na região, inibindo o desenvolvimento bacteriano. A manipulação eficiente do material é crucial para obter uma cor uniforme, viscosidade adequada e boa condutibilidade térmica. O Ca(OH)_2 tem como finalidade prevenir a contaminação do canal radicular, mantendo a cadeia asséptica.^{5,6,17}

O cimento de hidróxido de cálcio, devido às suas importantes propriedades farmacológicas obtida pelo hidróxido de cálcio puro, dando destaque para a excelente ação antimicrobiana, biocompatibilidade e para a indução de formação de tecido mineralizado, reparando tecidos em casos de perfurações, por exemplo, ainda tem sido utilizado na endodontia.²² A partir dos estudos realizados, no grupo tratado com hidróxido de cálcio, o início do processo de fechamento linear do defeito ósseo foi observado aos 7 dias, com morfologia semelhante aos grupos EndoBinder e MTA e um infiltrado inflamatório moderado. No entanto, foram notados resíduos necróticos discretos, que desapareceram ao longo do tempo experimental.¹⁰

4.4 Cimento à base de óxido de zinco e eugenol

O Cimento de Óxido de Zinco e Eugenol (OZE) é frequentemente usado para a obturação de canais radiculares, sendo o primeiro de sua categoria, mesmo que não satisfaça todos os requisitos ideais. Embora a sua reabsorção mais lenta e possíveis efeitos irritantes nos tecidos periapicais, suas propriedades anti-inflamatórias, analgésicas e antimicrobianas justificam sua utilização. Apesar de comprovado que o OZE possui o potencial de induzir reações inflamatórias nos tecidos, principalmente à presença de eugenol livre, ainda é um material muito utilizado na endodontia.

O cimento SuperEBA, apresentou efeito citotóxicos em investigações in vivo e in vitro em comparação com outros tipos de cimento como Biodentine, Endosequence BC, MTA Angelus e certas formulações de cimento Portland. Esses resultados destacam que o cimento a base de OZE não são opções seguras em termos de biocompatibilidade, sendo essenciais estudos adicionais para validar essas conclusões e guiar a escolha de materiais em procedimentos endodônticos.¹⁶

O cimento BioRoot RCS, cimento a base de resina Epoxi e zinco e eugenol, apresentou resultados excelentes na biocompatibilidade, pois não é apenas não citotóxico, mas também podem liberar componentes no tecido estimulando a cicatrização do tecido e viabilizando a proliferação celular.¹²

4.5 Cimentos à base de Resina

Os cimentos à base de resina têm sido considerados bastante eficazes pelas suas propriedades como: radiopacidade, biocompatibilidade e bom tempo de trabalho (Cosme-Silva et al.,2018), também apresenta propriedades biológicas e físico-químicas satisfatórias, e tem sido utilizado como parâmetros frente a novos cimentos.

Cimentos resinosos possuem alto escoamento, preenchendo as irregularidades do canal radicular e os espaços existentes entre os cones de gutapercha e as paredes dentinárias promovendo um bom selamento do sistema de canais radiculares. A vedação entre o cimento resinoso e a dentina possui menor infiltração ao tempo de presa. Dispõe maior atividade antibacteriana, bactericida causando a morte das bactérias e bacteriostático inibindo o crescimento bacteriano no interior do canal radicular como uma das características. Apresentando fluidez adequada, espessura de película, bioatividade e baixa citotoxicidade, o tornando suficiente que possa ser utilizado em aplicações clínicas.²⁰

Com base nos estudos, os autores consideram que os cimentos resinosos apresentam excelentes propriedades físico-químicas, fluxo adequado e alta radiopacidade. Esse tipo de material demonstrou baixa citotoxicidade ²⁰, essa característica pode levar ainda a degeneração das células quando entram em contato com o tecido periapical, apresentam uma inflamação mais intensa e duradoura e tem maior potencial de irritação dos tecidos, ainda foi destacado a grande importância em estudar a biocompatibilidade e bioatividade desses materiais recentes desenvolvidos.¹⁷

5. BIOCOMPATIBILIDADE

Biocompatibilidade é um termo ao qual se refere-se ao conjunto de características desejáveis em um material que será introduzido em um organismo vivo, como é o caso dos cimentos obturadores. Nesse sentido, os materiais de uso endodônticos devem apresentar a qualidade de biocompatibilidade aos tecidos existentes, além de bioatividade e biodegradabilidade.^{14,19} A biocompatibilidade abrange diversos aspectos do material, incluindo seu potencial citotóxico, alergênico e mutagênico, não devendo apresentar efeitos tóxicos ou causar danos aos tecidos. Sua avaliação está vinculada a vários fatores, sendo a composição e estabilidade consideradas de extrema importância.

Os materiais que preenchem os requisitos biológicos são denominados biomateriais, termo que se refere a qualquer substância que possa ser usada por qualquer período de tempo como parte de um sistema e que objetive o tratamento ou a reposição de qualquer tecido, órgão ou função do corpo. Poucos materiais odontológicos, ou talvez nenhum, são totalmente inertes sob ponto de vista fisiológico, visto que a grande maioria pode apresentar em sua composição alguns componentes com potenciais tóxicos ou irritantes.⁵

Nesse sentido, Margunato et al. em 2015 e Sultana et al. em 2017, descrevem que os materiais para o reparo de perfurações devem ser biocompatíveis, uma vez que estão em contato próximo com os tecidos circundantes.^{18,23} E que ao apresentarem essa característica, diminuem as chances de causar danos e irritação aos tecidos, o que resultaria na degeneração do periodonto e atraso da cicatrização e reparo. Nesse sentido, caso o cimento endodôntico entre em contato direto com os tecidos perirradiculares por períodos prolongados, pode causar irritação e retardar a cicatrização tecidual.

Sultana et al. em 2017, afirmam em seus estudos que a diferenciação de células progenitoras em células semelhantes a osteoblastos é importante no processo de cicatrização, e a indução da diferenciação é necessária para que um biomaterial seja considerado um material de preenchimento radicular.²³

A biocompatibilidade ocorre quando os tecidos entram em contato com um determinado material e não manifestam qualquer tipo de experiência tóxica, irritante, inflamatória, alérgica ou de fundo mutagênico ou carcinogênico. Na endodontia, a preocupação de um material ser biocompatível será sempre contínua, diversos

autores trazem estudos acerca da biocompatibilidade dos cimentos endodônticos. Assim, Opacić-Galić et al., em 2013 cita que os materiais de uso endodônticos devem apresentar como características a biocompatibilidade com o tecido existente e devem ser bioindutores, que protejam a saúde pulpar e os tecidos periodontais e estimulem a regeneração da mineralização tecidual.¹⁹

Assim, esses materiais têm encontrado aplicação significativa na prática odontológica, principalmente devido à sua notável biocompatibilidade e marcante atividade antibacteriana. Esses cimentos não apresentam contração volumétrica, mantêm estabilidade química no ambiente biológico e exibem maior resistência de união à dentina radicular. Além disso, sua característica distintiva é a bioatividade, que se manifesta durante o processo de endurecimento, formando hidroxiapatita. Essa formação desempenha um papel crucial na ligação entre a dentina e o material obturador, simplificando o procedimento e resultando em efeitos positivos.

Nesse contexto, ao examinar os estudos relacionados aos cimentos endodônticos e sua constante evolução, observa-se que ainda existem selantes com algumas limitações, como o potencial citotóxico evidenciado no óxido de zinco e eugenol, ao contrário do hidróxido de cálcio e do resinoso, que apresentam características cruciais, como boa fluidez e biocompatibilidade ao entrar em contato com os tecidos perirradiculares. No entanto, os cimentos que demonstram um desempenho superior no tratamento endodôntico são o MTA e os biocerâmicos, devido à sua excelente bioatividade e resistência na união com a dentina radicular, contribuindo significativamente para o êxito do tratamento endodôntico. Assim, torna-se imprescindível realizar estudos mais aprofundados sobre as bioatividades desses cimentos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse contexto, ao examinar os estudos nesta Revisão de Literatura sobre a biocompatibilidade dos cimentos endodônticos observamos que os cimentos endodônticos biocerâmicos, MTA e a base de silicato de cálcio, apresentam boa biocompatibilidade quando em contato com os tecidos perirradiculares, tornando-os excelentes opções de cimento para uso no tratamento de canais radiculares. Entretanto, para fomentar sua aplicação clínica, observa-se a necessidade de mais

estudos, in vivo, com metodologias acuradas no sentido de se obter dados mais confiáveis sobre suas propriedades.

7. REFERÊNCIAS

1. Abdalla, M. M., Lung, C. Y. K., Neelakantan, P., & Matinlinna, J. P. (2020). A novel, doped calcium silicate bioceramic synthesized by sol-gel method: Investigation of setting time and biological properties. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 108(1), 56–66. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34365>.
2. Benetti, F., Gomes-Filho, J. E., de Araújo Lopes, J. M., Barbosa, J. G., Jacinto, R. C., & Cintra, L. T. A. (2018). In vivo biocompatibility and biomineralization of calcium silicate cements. *European Journal of Oral Sciences*, 126(4), 326–333. <https://doi.org/10.1111/eos.12539>.
3. BURKOVSKI, A.; KARL, M. Lack of evidence for the necessity of root canal obturation. *Quintessence publishing de vischland. Alemanha*. v. 50. n. 1. p. 22-28. janeiro,2019.
4. Castro-Raucci, L. M. S., Teixeira, L. N., Barbosa, A. F. S., Fernandes, R. R., Raucci-Neto, W., Jacobovitz, M., Oliveira, I. R., & de Oliveira, P. T. (2018). Calcium chloride-enriched calcium aluminate cement promotes in vitro osteogenesis. *International Endodontic Journal*, 51(6), 674–683. <https://doi.org/10.1111/iej.12883>.
5. Cosme-Silva, L. Benetti, F., Dal-Fabbro, R. Filho, J., Sakai, V., Cintra, L. Alvarez, N., Ervolino, E., Viola, N. (2019). Biocompatibility and biomineralization ability of Bio-C Pulpecto. A histological and immunohistochemical study. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 29(3):352-360. DOI: 10.1111/ipd.12464.

6. Correa D, Almirall A, García-Carrodegua R, dos Santos LA, De Aza AH, Parra J, Delgado JÁ. (2014). β -Dicalcium silicate-based cement: synthesis, characterization and in vitro bioactivity and biocompatibility studies. *J Biomed Mater Res A*. 2014 Oct;102(10):3693-703. DOI: 10.1002/jbm.a.35041.
7. Chang, S., Lee, S., Ann, H., Kum, K., & Kim, E. (2014). Effects of calcium silicate endodontic cements on biocompatibility and mineralization-inducing potentials in human dental pulp cells. *Journal of Endodontics*. 40(8):1194-200. DOI: 10.1016/j.joen.2014.01.001.
8. Esen, M., Guven, Y., Seyhan, M., Ersev, H. & Tuna-Ince, E. Evaluation of the genotoxicity, cytotoxicity, and bioactivity of calcium silicate-based cements. *BCM Oral Health*. 2024. DOI: 10.1186/s12903-024-03891-w.
9. ELTAIR, M.; Et al. Evolution of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy(sem). *Clinical oral investigations*. v. 22. n. 4. p. 1631-1639. 2018.
10. Garcia, L. D. F. R., Huck, C., Scardueli, C. R., & de Souza Costa, C. A. (2015). Repair of bone defects filled with new calcium aluminate cement (endobinder). *Journal of Endodontics*, 41(6), 864–870. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.029>.
11. Garcia, L., Chinelatti, M., Rossetto, H., & Pires-de-Souza, F. (2013). Solubility and disintegration of new calcium aluminate cement (EndoBinder) containing different radiopacifying agents. *Journal of Endodontics*. 40(2):261-5. DOI: 10.1016/j.joen.2013.07.010.
12. Gaudin, A., Tolar, M., & Peters, O. A. (2020). Cytokine Production and Cytotoxicity of Calcium Silicate-based Sealers in 2- and 3-dimensional Cell Culture Models. *Journal of Endodontics*, 46(6), 818–826. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.011>
13. Gomes-Cornélio, A. L., Rodrigues, E. M., Salles, L. P., Mestieri, L. B., Faria, G., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2017). Bioactivity of MTA

- Plus, Biodentine and an experimental calcium silicate-based cement on human osteoblast-like cells. *International Endodontic Journal*, 50(1), 39–47. <https://doi.org/10.1111/iej.12589>
14. GUEDES, M. R.; et al. Avaliação microbiológica de cones de guta-percha: estudo in vitro. *Archives of health investigation*. v. 10. n. 4. p. 515–521. 2021.
15. Huang, K. H., Chen, Y. W., Wang, C. Y., Lin, Y. H., Wu, Y. H. A., Shie, M. Y., & Lin, C. P. (2018). Enhanced Capability of Bone Morphogenetic Protein 2–loaded Mesoporous Calcium Silicate Scaffolds to Induce Odontogenic Differentiation of Human Dental Pulp Cells. *Journal of Endodontics*, 44(11), 1677–1685. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.008>.
16. Jimenez-Bueno, I., Garcia-Contreras, R., Aranda-Herrera, B., Sakagami, H., Lopez-Ayuso, C. A., Nakajima, H., Jurado, C. A., & Nurrohman, H. (2023). Cytotoxicity, Differentiation, and Biocompatibility of Root-End Filling: A Comprehensive Study. *Biomimetics*, 8(7).
17. Maharti, I., Suprastiwi, E., Agusnar, H., Herdianto, N., & Margono, A. (2023). Characterization, Physical Properties, and Biocompatibility of Novel Tricalcium Silicate-Chitosan Endodontic Sealer. *European Journal of Endocrinology*. 17(1):127-135. DOI: 10.1055/s-0042-1745774.
18. Margunato, S., Tasli, P., Aydin, S., Kazandag, M., & Sahin, F. (2015). In Vitro Evaluation of ProRoot MTA, Biodentine, and MM-MTA on Human Alveolar Bone Marrow Stem Cells in Terms of Biocompatibility and Mineralization. *Journal of Endodontics*. 41(10):1646-52. DOI: 10.1016/j.joen.2015.05.012.
19. Opačić-Galić V, Petrović V, Zivković S, Jokanović V, Nikolić B, Knežević-Vukčević J, Mitić-Ćulafić D. New nanostructural biomaterials based on active silicate systems and hydroxyapatite: characterization and genotoxicity in human peripheral blood lymphocytes. *Int Endod J*. 2013 Jun;46(6):506-16. DOI: 10.1111/iej.12017.

20. Rebolledo, S., Alcântara-Dufeu, R., Velho, L., Ferrada, G., & Sanchez-Sanhueza A. (2023). Real-time evaluation of the biocompatibility of calcium silicate-based endodontic cements: An in vitro study. *Clinical and Experimental Dental Research* published by John Wiley & Sons Ltd. 9(2):322-331. DOI: 10.1002/cre2.714.
21. SANZ, L. J.; LOZANO, R. J. F.; LLENA, C.; SAURO, S.; et al. Bioactivity of bioceramic materials used in the dentin-pulp complex therapy; a systematic review. *MDPI open access journals*. v. 12. n. 7. p. 10-15. março, 2019.
22. Saghiri, M. A., Orangi, J., Tanideh, N., Janghorban, K., & Sheibani, N. (2014). Effect of endodontic cement on bone mineral density using serial dual-energy x-ray absorptiometry. *Journal of Endodontics*, 40(5), 648–651. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.11.025>
23. Sultana, N., Singh, M., Nawal, R., Chaudhry, S., Yadav, S., Mohantu, S. & Talwar, S. (2017). Evaluation of Biocompatibility and Osteogenic Potential of Tricalcium Silicate-based Cements Using Human Bone Marrow-derived Mesenchymal Stem Cells. *Journal of Endodontics*. 44(3):446-451. DOI: 10.1016/j.joen.2017.11.016.
24. Wei, W., Qi, Y. P., Nikonov, S. Y., Niu, L. N., Messer, R. L. W., Mao, J., Primus, C. M., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2012). Effects of an experimental calcium aluminosilicate cement on the viability of murine odontoblast-like cells. *Journal of Endodontics*, 38(7), 936–942. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.020>