



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SELAMENTO DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS VERSUS MTA: REVISÃO INTEGRATIVA

[Evaluation of the sealing capacity of bioceramic cements versus MTA: an integrative
review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Gianluca Palmieri

Orientador:

Doutora Natália Maria Rebelo Pestana de Vasconcelos

junho 2025

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SELAMENTO DOS
CIMENTOS BIOCERÂMICOS VERSUS MTA: REVISÃO
INTEGRATIVA**

[Evaluation of the sealing capacity of bioceramic cements versus MTA: an integrative review]

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Gianluca Palmieri

Orientador:

Doutora Natália Maria Rebelo Pestana de Vasconcelos

Junho 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha orientadora, Dra. Natália Vasconcelos, que desde o primeiro contato me acolheu com total disponibilidade e apoio. Sou grato pela orientação constante e pelos valiosos ensinamentos ao longo destes meses e anos. A sua dedicação foi fonte de inspiração e motivação para mim.

Estendo também o meu agradecimento a todos os professores que fizeram parte da minha vida universitária, desde o primeiro dia do primeiro ano até o último do quinto ano. Agradeço pelo conhecimento compartilhado e por contribuírem profundamente para o meu crescimento, tanto acadêmico e profissional quanto pessoal.

Ringrazio più di tutti i miei genitori, Mirella e Vincenzo per avermi dato la possibilità di vivere questa esperienza e di avermi sostenuto moralmente senza mai smettere di credere in me, anche nei momenti più difficili.

Ringrazio mio fratello Federico per avermi trasmesso la sua passione per questo lavoro e per esserci sempre stato quando avevo bisogno, riuscendo a capirmi e a tranquillizzarmi.

Ringrazio Veronica che mi ha fatto sentire come se non fossi mai stato solo, condividendo con me ansie, pianti, paure, momenti belli e brutti, appoggiandomi in ogni mia decisione senza negarmi mai il suo aiuto o il suo supporto e facendomi sentire sempre a casa.

Finalmente oggi, anche grazie al vostro aiuto, posso dire di aver raggiunto il traguardo che mi ero prefissato.

Ringrazio i miei colleghi Daniele Tripodi, Eugenia Petitto, Stefano Caputo, Enrico Buttiglieri, Francesco Palazzo, Luca Annicchiarico, Patrick Arnoux, Ilaria Brunori, Chiara Savio, Thibaut Pavlovski, che mi hanno accompagnato in questa avventura, condividendo con me i momenti belli e brutti della vita universitaria trascorsi insieme.

Un grazie va anche a tutti i miei zii e cugini che sono sempre stati presenti in tutto questo periodo incoraggiandomi a non mollare mai, specialmente mia zia Rosa che oggi purtroppo non può essere presente per festeggiare con me.

So che mi accompagnerai per sempre nel mio cuore.

Un ultimo ringraziamento lo vorrei dedicare a me stesso perché in questi anni ho imparato che nessuna vetta è troppo alta e nessuna sfida è troppo grande se si può contare sull'appoggio di persone che ti vogliono bene e se si crede nelle proprie capacità.

RESUMO

O objetivo da obturação do sistema de canais radiculares é criar um selamento hermético que impeça a microinfiltração de fluídos no interior do sistema canal. Desta forma uma adequada obturação deve evitar a entrada bacteriana e eliminar quaisquer microrganismos residuais que possam permanecer após a fase de limpeza e conformação dos canais radiculares, de forma a prevenir a reinfeção do espaço canal ou a manutenção da infecção. O principal objetivo desta revisão integrativa é comparar e avaliar a capacidade de selamento endodôntico utilizando dois tipos de cimentos obturadores, um à base de MTA (Agregado de Trióxido Mineral) e um cimento biocerâmico, a fim de determinar qual deles pode garantir melhores resultados em termos de capacidade de selamento. Para tal foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed, B-On e ScienceDirect com diversas palavras-chave combinadas entre si. A questão de investigação desta revisão foi “Que tipo de cimento de obturação, biocerâmico ou MTA, é mais indicado para permitir um melhor selamento canal?” Foram incluídos diversos tipos de estudos, tais como ensaios clínicos randomizados, estudos de caso-controlo, estudos in vivo, estudos in vitro, estudos transversais e estudos longitudinais, publicados desde o ano de 2018 e que avaliaram a realização do tratamento endodôntico com os dois tipos de cimentos e compararam a sua capacidade de selamento. Desta forma obtiveram-se 12 artigos que cumpriam os critérios de inclusão desta revisão. Estes artigos são todos estudos in vitro e apresentam amostras que variam entre os 34 dentes e os 125 dentes. Verificou-se que a maioria dos estudos afirma que os cimentos biocerâmicos apresentam melhores resultados a nível da capacidade de selamento endodôntico do que os cimentos à base de MTA. No futuro são necessários mais estudos, com maiores tempos de follow-up, e que simulem condições orais para fornecer mais suporte sobre a capacidade de selamento destes materiais. Será necessário desenvolver estudos mais padronizados, que avaliem o mesmo tipo de cimentos, biocerâmicos e MTA, para uma maior fiabilidade de resultados.

Palavras-chave: “root filling material”, “bioceramics”, “MTA”, “endodontic treatment” e “sealing ability”

ABSTRACT

The purpose of root canal obturation is to create a hermetic seal that prevents microleakage of fluids into the canal system. Therefore, an adequate obturation should prevent bacterial entry and eliminate any residual microorganisms that may remain after the cleaning and shaping phase of the root canals, in order to prevent reinfection of the canal space or the maintenance of the infection. The main objective of this integrative review is to compare and evaluate the endodontic sealing capacity using two types of obturation cements, one based on MTA (Mineral Trioxide Aggregate) and one based on bioceramic cement, in order to determine which one can guarantee better results in terms of sealing capacity. For this purpose, a bibliographic search was carried out in the PubMed, B-On and ScienceDirect databases with several keywords combined with each other. The research question of this review was “Which type of obturation cement, bioceramic or MTA, is more suitable for allowing a better canal sealing?” Various types of studies were included, such as randomized clinical trials, case-control studies, in vivo studies, in vitro studies, cross-sectional studies and longitudinal studies, published since 2018 and which evaluated the performance of endodontic treatment with the two types of cements and compared their sealing capacity. Thus, 12 articles were obtained that met the inclusion criteria for this review. These articles are all in vitro studies and present samples ranging from 34 to 125 teeth. It was found that most studies state that bioceramic cements present better results in terms of endodontic sealing capacity than MTA-based cements. In the future, more studies are needed, with longer follow-up times, and that simulate oral conditions to provide more support on the sealing capacity of these materials. It will be necessary to develop more standardized studies, which evaluate the same type of cements, bioceramics and MTA, for greater reliability of results.

Keywords: “root filling material”, “bioceramics”, “MTA”, “endodontic treatment” and “sealing ability”

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	x
ABSTRACT	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS	xx
1. INTRODUÇÃO.....	1
Cimentos endodônticos.....	2
Cimentos biocerâmicos.....	3
Cimentos de MTA	6
2. METODOLOGIA.....	9
2.1. Fontes de pesquisa e critérios de inclusão e exclusão	9
2.1.1. Critérios de inclusão e exclusão	9
2.2. Seleção dos estudos	10
3. RESULTADOS	13
4. DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica do diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).....	11
---	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos principais cimentos para obturação dos canais à base de cimentos biocerâmicos. (Aminoshariae et al., 2022; Küçükkaya Eren, 2023).....	4
Tabela 2 : Modelo PICO para a formulação da questão de investigação.....	9
Tabela 3: Características dos estudos selecionados para a análise	14

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS OU ACRÓNIMOS

EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético
FDA	Federação Dentária Americana
GMTA	Grey mineral trioxide aggregate
GP	Gutta-percha
MTA	Mineral trioxide aggregate
WMTA	White Mineral trioxide aggregate

1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico é indicado quando a polpa dentária apresenta inflamação irreversível ou necrose pulpar, tornando necessária a sua remoção para eliminar o processo inflamatório e/ou infeccioso associado. Este procedimento visa preservar a estrutura dentária, evitando a extração do dente e permitir manter a sua função. As lesões pulpares são geralmente provocadas por estímulos nocivos, como subprodutos bacterianos resultantes da cárie dentária, traumatismos dentários, lesões não cariosas (como erosão, abrasão e abfração), procedimentos restauradores agressivos, entre outros fatores. Quando não tratadas adequadamente, essas lesões podem evoluir para infecções periapicais, comprometendo os tecidos envolventes (Tait et al., 2025).

O tratamento endodôntico tem como objetivo a eliminação do tecido pulpar inflamado e/ou necrosado e numa primeira etapa verifica-se a preparação biomecânica do sistema de canais radiculares, por meio de uma série de instrumentos denominados limas endodônticas. Utilizados de forma sequencial, os instrumentos endodônticos conformam o canal, conferindo-lhe uma forma cônica com paredes lisas e contínuas. Este processo é acompanhado por uma irrigação abundante com substâncias químicas de ação antimicrobiana e capacidade de dissolução de matéria orgânica, como o hipoclorito de sódio, o que contribui significativamente para a redução da carga microbiana no interior do canal (Duncan et al., 2023).

Além disso, soluções irrigantes como o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) são recomendadas no final da instrumentação, com o objetivo de remover a camada de “*smear layer*” formada durante a preparação biomecânica (Darcey et al., 2016).

O tratamento endodôntico pode ser realizado numa única sessão ou em múltiplas sessões, dependendo de vários fatores como a complexidade anatômica dos canais radiculares, o grau de infecção presente e a experiência clínica do profissional (Duncan et al., 2023).

No final da instrumentação e irrigação segue-se a etapa da obturação dos canais. Esta etapa deve ser realizada somente após a eliminação dos sinais e sintomas de infecção, garantindo condições favoráveis para o selamento tridimensional do sistema de canais (Darcey et al., 2016).

Por fim realiza-se a restauração coronária definitiva, que assegura o selamento coronal e é fundamental para o sucesso a longo prazo do tratamento endodôntico, sendo considerada tão importante quanto a própria obturação (Tait et al., 2025).

A importância da obturação no sucesso do tratamento endodôntico é ilustrada por Schilder, que se concentra na importância dos três componentes: desinfecção, instrumentação e obturação. Para garantir a eficácia a longo prazo do tratamento, a qualidade da obturação do sistema de canais radiculares não deve ser desconsiderada (Aminoshariae et al., 2022).

O objetivo da obturação é criar um selamento que impeça a infiltração de fluidos dentro do sistema de canais radiculares, evitando a entrada bacteriana e eliminando quaisquer microrganismos residuais que possam permanecer após a preparação biomecânica do mesmo, para evitar infecção persistente ou reinfeção do espaço do canal radicular (Tait et al., 2025).

Nesta etapa, utilizam-se vários materiais obturadores, nomeadamente a guta-percha (GP). No entanto, é importante salientar que a GP tem a incapacidade de aderir diretamente à superfície dentinária. Para preencher essa lacuna, foram desenvolvidos cimentos endodônticos que permitem a adesão da GP à superfície do dente (Al-Haddad & Aziz, 2016).

A obturação do canal radicular normalmente consiste na utilização de um material central (geralmente GP) e um material de selamento de baixa viscosidade (cimento), que deve compensar as irregularidades do canal radicular preparado e selar os túbulos dentinários, ramificações e canais radiculares acessórios e, simultaneamente, permitir a adesão da GP às paredes do canal. A quantidade de cimento utilizada deve ser idealmente a mais baixa possível, uma vez que a maioria dos cimentos é solúvel em líquidos orgânicos e ocorrem mudanças dimensionais durante a sua presa (Winkler et al., 2023).

Cimentos endodônticos

Um cimento endodôntico ideal proporciona um selamento completo a nível macroscópico e a nível microscópico de modo que os microrganismos não possam infiltrar-se no sistema de canais radiculares. Por outro lado, devem possuir atividade antimicrobiana contra uma diversidade de microrganismos comuns e atingir esses objetivos sem provocar uma resposta inflamatória nos tecidos do hospedeiro ou demonstrar citotoxicidade (Gasner & Brizuela, 2023).

Segundo Komabayashi et al., 2020, os critérios para um cimento endodôntico ideal devem ser:

- fazer um selamento hermético,
- ser adesivo à dentina e ao material de obturação do núcleo,
- conter pós finos, de preferência para acomodação anatômica,
- ter radiopacidade,
- ser dimensionalmente estável com alterações limitadas antes e depois da presa,
- ter cor estável,
- ser bacteriostático ou antibacteriano,
- ser insolúvel em fluídos orgânicos,
- ser biocompatível, incluindo não mutagênico, não sensibilizante e não citotóxico após a presa,
- ser capaz de ser removido, se necessário em retratamentos endodônticos por meios químicos ou mecânicos,
- ser preferencialmente bioativo, estimulando a formação de hidroxiapatite em contacto com fluídos corporais

Cimentos biocerâmicos

Desde a sua introdução há cerca de 30 anos, estes cimentos têm sido utilizados por endodontistas para uma variedade de situações clínicas, incluindo obturação retrógrada e obturação de perfurações (Drukteinis & Camilleri, 2021).

Materiais biocerâmicos para obturação do sistema de canais radiculares, são tipicamente compostos de silicatos de cálcio que contêm fases hidrofílicas de silicatos di-tri-tetra-cálcicos e são livres de quaisquer componentes metálicos. Os componentes primários incluem silicato e hidróxido de cálcio, bem como substâncias radiopacificantes como óxido de zircônio, óxido de bismuto, óxido de tântalo e zirconato de bário, todos combinados com agentes espessantes e de preenchimento. Em casos específicos, componentes adicionais podem ser incorporados, como fosfatos monobásicos de cálcio, resina, povidona, cloreto de cálcio e água (Al-Haddad & Aziz, 2016).

Atualmente, foram identificados sete tipos primários de cimentos "biocerâmicos", sendo estes os mais utilizados (Lim et al., 2020) (Tabela 1).

Tabela 1.

Composição dos principais cimentos para obturação dos canais à base de biocerâmicos (adaptado de Aminoshariae et al., 2022; Küçükaya Eren, 2023)

Nome Comercial	Laboratório	Composição
Endosequence®BC Sealer™	Brasseler	- Silicatos de cálcio
	EUA	- Silicatos di e tricálcicos - Fosfato de cálcio - Hidróxido de cálcio - Óxido de zircônio
TotalFill®BC Sealer™	FKG	- Silicatos de cálcio
	Suíça	- Silicatos di e tricálcicos - Fosfato de cálcio - Hidróxido de cálcio - Óxido de zircônio - Óxido de tântalo
iRoot® SP	Innovative	- Silicatos de cálcio
	Bioceramix	- Silicatos di e tricálcicos
	Canadá	- Fosfato de cálcio - Hidróxido de cálcio
MTA Fillapex®	Angelus	-Derivado de MTA
	Brasil	- Trióxido de bismuto - Resinas - Sílica - Pigmento
Biodentine®	Septodont	Pó:
	França	- Silicatos tricálcicos

		- Óxido de zircônio - Óxido de cálcio - Carbonato de cálcio Líquido: - água, policarboxilato e cloreto de cálcio
BioRoot RCS™	Septodont França	Pó: - Silicatos tricálcicos - Óxido de zircônio - Polímero hidrofílico (adesão) Líquido: - água e cloreto de cálcio
ProRoot® ES canal sealer	Dentsply EUA	Pó: - Silicatos di e tricálcicos - Óxido de bismuto - Sulfato de cálcio, Aluminato tricálcico (baixo) Líquido: - Polímeros hidrossolúveis

Em 2019, Donnermeyer et al desenvolveu uma classificação dos materiais biocerâmicos com base no seu modo de administração, distinguindo-os em duas categorias:

- Materiais de "um componente": estes produtos têm uma forma fluída, pré misturada e injetável (Endosequence® BC sealer™, Totalfill® BC sealer™, IRoot® SP e MTA Fillapex®).
- Materiais de "dois componentes": estes materiais são fornecidos na forma de líquido + pó para misturar (BioRoot RCS™, ProRoot® ES canal sealer).

Os cimentos biocerâmicos do primeiro grupo requerem uma fonte externa de água para iniciar a sua reação de presa a partir dos túbulos dentinários, enquanto os materiais do segundo grupo são fornecidos com uma solução aquosa separada para misturar antes da sua aplicação no canal radicular.

As características biológicas e físicas dos materiais biocerâmicos para obturação são avaliadas com base nos critérios de qualidade estabelecidos por Grossman (Al-Haddad & Aziz, 2016).

Esses critérios incluem:

- uma consistência adesiva que favorece uma ligação eficaz com as paredes do canal radicular,
- um selamento total,
- uma visibilidade radiográfica assegurada pela radiopacidade,
- uma granulometria fina para uma fácil incorporação no líquido,
- ausência de contração durante a colocação,
- preservação da cor natural do dente,
- propriedades bacteriostáticas ou não favoráveis ao crescimento bacteriano,
- um tempo de presa controlado,
- insolubilidade nos fluidos teciduais,
- boa tolerância pelos tecidos periapicais,
- solubilidade em solventes usuais, se necessário remover a obturação dos canais radiculares.

Cimentos de MTA

O MTA é um pó com pequenas partículas que secam em contacto com água. Este cimento tem 75% de cimento Portland, 20% de óxido de bismuto e 5% de sulfato de cálcio dihidratado (peso percentual), sendo que o cimento Portland é feito por silicato dicálcico, silicato tricálcico, aluminato tricálcico e aluminoferrato tetracálcico. Mesmo que o componente principal do MTA seja o cimento Portland, eles não são iguais pois os produtos do MTA têm um tamanho médio de partículas menor e possuem menos metais pesados tóxicos que o cimento Portland (Camilleri, 2015; Tawil et al., 2015).

Foram inicialmente criadas duas formas de MTA, comercializado como ProRoot MTA: o cinzento (GMTA) e o branco (WMTA). O WMTA surgiu para melhorar algumas características do GMTA, em especial, questões estéticas, visto que o GMTA causava mudanças na cor dos dentes que eram tratados com GMTA. A diferença entre os dois está principalmente no WMTA apresentar menor quantidade de ferro, alumínio e magnésio assim como ter uma maior composição de silicato tricálcico e óxido de bismuto que o GMTA (Pushpalatha et al., 2022).

Após o ProRoot®, a Dentsply introduziu mais formulações de MTA. O MTA Angelus® (Angelus, Londrina, Brasil) foi introduzido pela primeira vez no Brasil, em 2001, e obteve a aprovação da Federação Dentária Americana (FDA) em 2011 (Camilleri, 2015).

Devido às suas qualidades físicas, químicas e biológicas, o MTA mostra como pontos fortes a biocompatibilidade, características antimicrobianas e o evitar a entrada de bactérias no interior do sistema de canais radiculares. Embora o MTA apresente vantagens significativas, ele apresenta algumas desvantagens quando usado como material obturador. A GMTA pode descolorar os dentes se for colocado na parte coronal ou perto da junção amelocementária nos dentes anteriores, devido à redução de íons ferrosos nos túbulos dentinários, que podem aumentar com o tempo (Pushpalatha et al., 2022).

O principal objetivo desta revisão integrativa é comparar e avaliar a capacidade de selamento utilizando dois tipos de cimentos obturadores, um à base de MTA (Agregado de Trióxido Mineral) e um cimento biocerâmico, a fim de determinar qual deles pode garantir melhores resultados em termos de capacidade de selamento endodôntico.

2. METODOLOGIA

A metodologia desta revisão integrativa está de acordo com as guidelines PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*.

A questão formulada para esta revisão integrativa foi baseada na estratégia PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) utilizada nas revisões integrativas e sistemáticas, para definir a pergunta de investigação (Tabela 2). A questão de investigação foi: “Que tipo de cimentos, biocerâmicos ou MTA, estão associados a uma melhor capacidade de selamento endodôntico?”

Tabela 2 :

Modelo PICO para a formulação da questão de investigação.

População	Tratamento endodôntico não cirúrgico
Intervenção	Tratamento endodôntico com MTA
Comparação	Tratamento endodôntico com cimentos biocerâmicos
Outcome	Capacidade de selamento avaliada por diferentes métodos

2.1. Fontes de pesquisa e critérios de inclusão e exclusão

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados PubMed, B-On e ScienceDirect. Foram utilizadas combinações de palavras-chave com os operadores booleanos “AND” e “OR”: “root filling material”, “bioceramics”, “MTA”, “endodontic treatment” e “sealing ability”. Nos filtros de pesquisa foi aplicado o limite temporal de 2018-2024 e idiomas português e inglês.

Para a revisão da literatura foi realizada uma pesquisa bibliográfica adicional nas mesmas bases de dados, mas aumentando o limite temporal pois considerou-se importante alguma informação que era reportada fora do limite temporal dos últimos 5 anos.

2.1.1. Critérios de inclusão e exclusão

Para a escolha dos artigos foram aplicados critérios de inclusão e exclusão.

Crítérios de inclusão: estudos realizados com a utilização de MTA e biocerâmicos e que comparem a capacidade de selamento com a utilização destes materiais de obturação; ensaios clínicos randomizados (ECR), estudos transversais, estudos longitudinais, estudos caso-controlo, estudos *in vivo* e estudos *in vitro*.

Crítérios de exclusão: estudos realizados em animais, estudos que avaliam os cimentos biocerâmicos e cimentos de MTA noutras perspetivas como as suas características físicas, químicas e mecânicas; meta-análises e revisões sistemáticas.

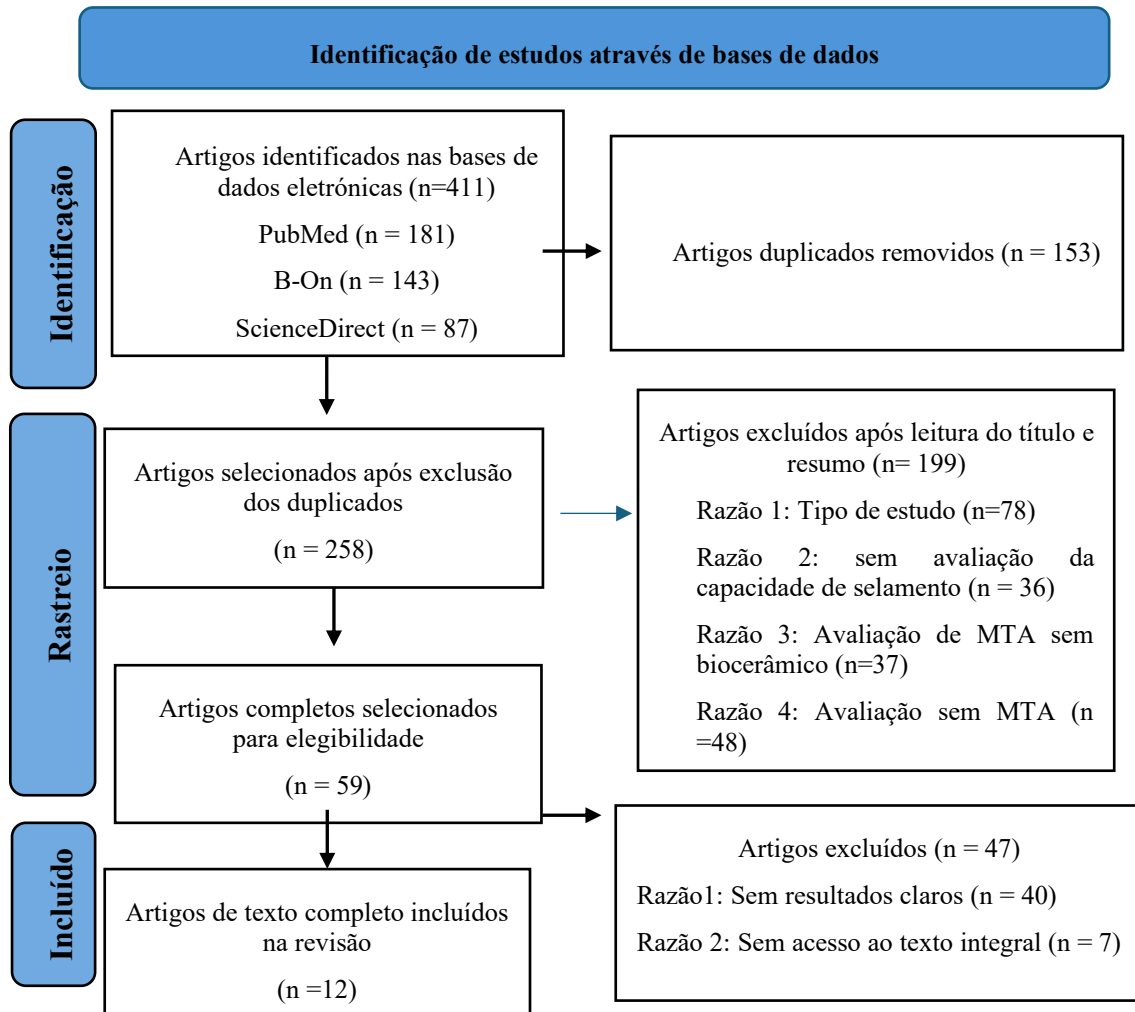
2.2. Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi realizada em duas fases: primeiro foi realizada uma avaliação introdutória dos títulos e resumos dos artigos para determinar que artigos atendiam aos objetivos do estudo, e os artigos irrelevantes e duplicados foram removidos. Numa segunda fase, a seleção foi feita após leitura integral dos artigos identificados inicialmente, a fim de verificar a sua elegibilidade. A estratégia para extração dos dados foi previamente estabelecida, sendo definida com base no desenho e tipo do estudo, características das amostras, resultados avaliados e como foram obtidos e resultados gerais. Os dados foram extraídos dos artigos tal como estavam descritos nos estudos.

Desta forma, foram selecionados 12 estudos que atendiam aos critérios de inclusão e aos objetivos propostos. Esta metodologia encontra-se representada no Fluxograma PRISMA (Figura 1).

Figura 1:

Representação gráfica do diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)



Legenda: n (Número)

3. RESULTADOS

Na tabela 3 são apresentadas as informações gerais (autor, ano de publicação) e os aspectos mais relevantes dos estudos selecionados para esta revisão integrativa. São incluídos também os objetivos, métodos de avaliação e os principais resultados de cada estudo.

Tabela 3:

Características dos estudos selecionados para a análise

Autor	Tipo De Estudo	Amostra e Tipo de Dentes	Grupos de Estudo	Avaliação dos Resultados	Resultados	Conclusões
Trivedi et al (2020)	Estudo <i>in vitro</i>	60 dentes monoradiculares	Grupo 1: AH Plus® Grupo 2: MTA Fillapex® Grupo 3: Bio-C Sealer®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (azul de metileno 2%)	Observada elevada penetração de corante com AH Plus em comparação com MTA Fillapex e Bio C Sealer, que não apresentavam diferenças significativas.	A capacidade de selamento do MTA Fillapex e Bio C Sealer foi idêntica neste estudo.
Antunovic et al (2021)	Estudo <i>in vitro</i>	94 dentes monoradiculares	Grupo 1: Total Fill® Grupo 2: BioRoot® Grupo 3: MTA Fillapex® Grupo 4: MTA Plus® Grupo 5: AH Plus®	Capacidade de selamento através do método de infiltração bacteriana (<i>Enterococcus fecalis</i>)	O grupo do biocerâmico Total Fill apresentou um número significativamente menor de amostras que extravasaram (14,2%) em comparação com o grupo AH Plus (78,6%) (P = 0,002) e o grupo MTA Plus (50%) (P = 0,046). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os outros grupos (P > 0,05)	O cimento endodôntico TotalFill BCS proporcionou uma melhor capacidade de selamento em comparação com os cimentos AH Plus e MTA Plus.
Aracena et al (2021)	Estudo <i>ex vivo</i>	92 molares maxilares	Grupo 1: BioRoot™ RCS® Grupo 2: MTA-Fillapex®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (azul de metileno 2%)	O grau de extravasamento do BioRoot™ RCS foi de 0,03 mm e o MTA-Fillapex foi de 0,31 mm.	O biocerâmico BioRoot™ apresentou um selamento apical adequado

Tabela 3:*Características dos estudos selecionados para a análise (continuação)*

Autor	Tipo De Estudo	Amostra e Tipo de Dentes	Grupos de Estudo	Avaliação dos Resultados	Resultados	Conclusões
Badr & Rokaya (2021)	Estudo <i>in vitro</i>	55 dentes monoradiculares	Grupo 1: EndoSequence® Grupo 2: Biodentine® Grupo 3: MTA Fillapex®	Capacidade de selamento através do método de infiltração bacteriana (<i>Enterococcus fecalis</i>)	EndoSequence apresentou melhores resultados a nível de infiltração, com diferenças significativas comparativamente ao Biodentine e MTA Fillapex. Não existem diferenças significativas entre o Biodentine e MTA Fillapex.	EndoSequence apresentou melhores resultados
Pereira et al (2021)	Estudo <i>in vitro</i>	34 Dentes	Grupo 1: ProRoot MTA® Grupo 2: TotalFill BC Sealer®	Capacidade de selamento através do método de infiltração de isótopos	A maior infiltração de isótopos foi observada no Grupo 2 existindo uma diferença significante entre os grupos.	O ProRoot MTA apresenta melhor capacidade de selamento
Rencher et al (2021)	Estudo <i>in vitro</i>	42 Incisivos maxilares	Grupo 1: EndoSequence® BC RRM™ Grupo 2: EndoSequence® BC RRM™+ pasta biocerâmica Grupo 3: ProRoot Grey MTA®	Capacidade de selamento através do método de infiltração bacteriana (<i>Enterococcus fecalis</i>)	Os grupos apresentaram capacidade de selamento semelhante. A imagem de MEV mostrou a presença de bactérias em todos os grupos experimentais na interface material-dente.	Evidências suficientes de que qualquer combinação poderia ser efetivamente usada

Tabela 3:

Características dos estudos selecionados para a análise (continuação)

Autor	Tipo De Estudo	Amostra e Tipo de Dentes	Grupos de Estudo	Metodologia aplicada	Resultados	Conclusões
Shandilya et al (2022)	Estudo <i>in vitro</i>	40 pré-molares	Grupo 1: BioRoot RCS® Grupo 2: MTA Fillapex® Grupo 3: Sealapex® Grupo 4: ZOE	Penetração do cimento e formação de lacunas	No terço cervical, o ZOE apresentou mais lacunas avaliado com o menor desempenho de selamento dentário, seguido pelo MTA Fillapex, o Sealapex e o BioRoot RCS. No terço médio, o ZOE, seguido do Sealapex, MTA Fillapex e BioRoot RCS, apresentaram uma capacidade inadequada de selamento da parede dentária. No terço apical, o ZOE apresentou mais deficiências na formação das paredes dentárias, seguido do Sealapex, MTA Fillapex e BioRoot RCS.	Dadas as restrições da investigação, pode-se afirmar que, para o cimento biocerâmico, foi observada uma lacuna mínima, com o BioRoot RCS superior ao MTA Fillapex.
Huth et al (2024)	Estudo <i>in vitro</i>	125 dentes anteriores	Grupo 1: AH Plus® Grupo 2: ProRoot MTA® Grupo 3: Medcem MTA® Grupo 4: Total Fill BC Sealer®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (azul de metileno 2%) e infiltração de glicose	O TotalFill apresentou penetração significativamente maior nas seções coronal e média, enquanto o ProRoot teve a menor penetração na seção apical. O extravasamento de glicose aumentou ao longo do tempo em todos os grupos, com o TotalFill apresentando a maior permeabilidade após 30 dias.	No geral, os cimentos à base de silicato de cálcio tiveram desempenho semelhante ao AH Plus, com todos os grupos exibindo penetração decrescente de coronal para apical e aumento de extravasamento ao longo do tempo

Tabela 3:*Características dos estudos selecionados para a análise (continuação)*

Autor	Tipo De Estudo	Amostra e Tipo de Dentes	Grupos de Estudo	Avaliação dos Resultados	Resultados	Conclusões
Joshi et al (2024)	Estudo <i>in vitro</i>	60 dentes	Grupo 1: MTA Fillapex® Grupo 2: CeraSeal® Grupo 3: CeraSeal B® Grupo 4: AH Plus®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (azul de metileno 2%)	A comparação intergrupos mostrou que MTA Fillapex, CeraSeal, AH Plus não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Cera Seal B apresentou maior penetração média do corante ($2,59 \pm 1,11$) e a diferença foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$)	A penetração máxima do corante foi observada no CeraSeal B, mostrando que ele tinha a menor capacidade de selamento. O CeraSeal tem uma capacidade de selamento ligeiramente maior em comparação com AH Plus e MTA Fillapex,
Patel et al (2024)	Estudo <i>in vitro</i>	80 dentes monoradiculares	Grupo 1: Endoseal® Grupo 2: Apexit Plus® Grupo 3: MTA Fillapex® Grupo 4: Ceraseal®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (tinta da China)	O extravasamento apical foi máximo para o grupo Endoseal, seguido por MTA Fillapex, Apexit e Ceraseal. Observou-se diferença estatisticamente significativa na profundidade de penetração do corante entre os grupos ($F = 28,66$, $p < 0,001$).	O cimento endodôntico Ceraseal proporcionou um selamento apical significativamente melhor, seguido pelo Apexit e MTA Fillapex, enquanto o Endoseal apresentou a menor capacidade de selamento
Sah et al (2024)	Estudo <i>in vitro</i>	80 pré-molares mandibulares	Grupo 1: Diaproseal® Grupo 2: Apexit Plus® Grupo 3: MTA Fillapex® Grupo 4: Bio-C Sealer®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (azul de metileno 1%)	A penetração do corante médio foi de $1,2400 \pm 0,778$ mm para o Grupo 1, $2,6000 \pm 0,897$ mm para o Grupo 2, $4,2000 \pm 0,923$ mm para o Grupo 3 e $4,225 \pm 2,055$ mm para o Grupo 4. Existe diferença estatisticamente significativa entre os quatro grupos	Diaproseal apresentou a menor penetração do corante, seguido pelo Apexit Pus, MTA Fillapex e Bio-C, onde não houve diferença significativa entre o MTA Fillapex e o Bio-C.

Tabela 3:

Características dos estudos selecionados para a análise (continuação)

Autor	Tipo De Estudo	Amostra e Tipo de Dentes	Grupos de Estudo	Avaliação dos Resultados	Resultados	Conclusões
Vijith et al (2024)	Estudo <i>in vitro</i>	80 dentes	Grupo 1: BioRoot canal sealer® Grupo 2: TotalFill® Grupo 3: Endoseal MTA® Grupo 4: AH Plus®	Capacidade de selamento através do método de penetração do corante (azul de metileno 1%)	O BioRoot demonstrou a melhor capacidade de vedação, seguido pelo TotalFill, com o AH Plus apresentando o pior desempenho. A análise estatística revelou diferenças significativas entre todos os cimentos ($P < 0,05$)	O BioRoot RCS destaca-se como um cimento endodôntico promissor devido à sua capacidade de selamento superior

4. DISCUSSÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende, em grande parte, da obtenção de um selamento hermético a fluídos que, se não for bem realizado, pode ser um fator crítico no prognóstico do tratamento endodôntico. A capacidade de selamento de um cimento endodôntico é caracterizada pela sua capacidade de impedir o contacto entre o interior do sistema de canais radiculares e os tecidos periapicais.

Nesta revisão integrativa foram incluídos 12 estudos publicados nos últimos anos, sendo a maioria deles *in vitro*, com apenas um estudo *ex vivo*, e que comparam a capacidade de selamento de diferentes cimentos biocerâmicos com cimentos à base de MTA.

Os estudos incluídos apresentam heterogeneidade entre si tanto no tamanho amostral como nos cimentos biocerâmicos que são comparados. As amostras variam entre 34 (Pereira et al., 2021) a 125 dentes (Huth et al., 2024).

O cimento de MTA mais analisado foi o MTA Fillapex, em 8 dos estudos, sendo que um deles (Antunovic et al., 2021) também utilizou o MTA Plus. Os restantes quatro estudos utilizaram formulações diferentes do MTA sendo estas o Endoseal MTA (Vijith et al., 2024), ProRoot MTA (Pereira et al., 2021; Rencher et al., 2021, Huth et al., 2024) e Medcem MTA (Huth et al., 2024).

Quanto aos cimentos biocerâmicos a heterogeneidade é ainda maior, com vários cimentos a serem analisados, sendo os principais TotalFill (Antunovic et al., 2021; Pereira et al., 2021; Huth et al., 2024; Vijith et al., 2024), BioRoot (Antunovic et al., 2021; Aracena et al., 2021; Sandilya et al., 2022; Vijith et al., 2024), CeraSeal (Joshi et al., 2024; Patel et al., 2024) e Bio-C Sealer (Trivedi et al., 2020; Sah et al., 2024). Devido a este facto os resultados desta revisão integrativa devem ser interpretados cautelosamente.

Analisando os resultados obtidos verifica-se que em quatro estudos não existiram diferenças na capacidade de selamento entre os cimentos biocerâmicos e os cimentos à base de MTA (Trivedi et al., 2020; Huth et al., 2024; Rencher et al., 2024; Sah et al., 2024). Em três deles a capacidade de selamento foi avaliada através do método de penetração do corante (azul de metileno) (Trivedi et al., 2020; Huth et al., 2024; Sah et al., 2024) e num deles pelo método de infiltração bacteriana (*Enterococcus fecalis*) (Rencher et al., 2024).

Nos restantes estudos, apenas um deles (Pereira et al., 2021) afirmou que o cimento à base de MTA (ProRoot MTA) apresentava uma melhor capacidade de selamento que o cimento biocerâmico. Em todos os outros estudos os cimentos biocerâmicos apresentavam melhores resultados a nível da capacidade de selamento endodôntico do que os cimentos à base de MTA (Antunovic et al., 2021; Aracena et al., 2021; Badr & Rokaya, 2021; Shandilya et al., 2022; Joshi et al., 2024; Patel et al., 2024; Vijith et al., 2024).

Os cimentos biocerâmicos disponíveis comercialmente são compostos por uma variedade de componentes e, mesmo para o mesmo material, a composição química pode variar ligeiramente dependendo do fabricante (Dong & Xu, 2023).

Os estudos comparativos sobre diferentes materiais biocerâmicos incluídos nesta revisão utilizaram produtos comerciais pelo que se verifica a necessidade de mais estudos laboratoriais e clínicos mais bem controlados para melhor demonstrar a relação estrutura-função de vários cimentos biocerâmicos, o que é de grande importância na promoção do desenvolvimento de materiais.

Badr & Rokaya (2021) verificaram que o EndoSequence® tinha resultados superiores em termos de infiltração microbiana e também em profundidade de penetração nos túbulos dentinários com diferenças estatisticamente significativas na comparação com Biodentine™ & MTA Angelus® ($p \leq 0.05$). Por outro lado, não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa entre Biodentine™ e MTA Angelus® ($p > 0,05$). A capacidade superior do selamento do EndoSequence® pode estar relacionado à presença das partículas de silicato tricálcico que são bioativas e ligam-se quimicamente aos cristais de hidroxiapatite da dentina das paredes do canal radicular.

Verifica-se então que com o desenvolvimento de novos materiais biocerâmicos, como Biodentine® e BioRoot RCS®, os resultados ao nível do tratamento endodôntico são comparáveis ou até melhores do que o MTA. Os cimentos biocerâmicos desempenham um papel importante no tratamento endodôntico e têm grandes perspetivas de desenvolvimento futuro. No entanto, neste momento verifica-se que entre os cimentos biocerâmicos, apesar de possuírem excelente bioatividade e biocompatibilidade, nenhum é completamente perfeito e têm as suas próprias particularidades e limitações individuais em aplicações clínicas. Estudos clínicos de alta qualidade, com períodos longos de *follow-up*, e estudos laboratoriais bem controlados ainda são escassos, pelo que para se utilizar

Avaliação da capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos versus MTA: revisão integrativa

os cimentos biocerâmicos com mais confiança na prática clínica endodôntica, é necessária uma maior evidência científica baseada em estudos primários de alta qualidade.

5. CONCLUSÃO

O objetivo do tratamento endodôntico é remover todo o tecido pulpar contaminado, desinfetar a dentina e selar todo o espaço intra-canal. Após uma adequada preparação quimicomecânica, o sistema de canais radiculares deve ser selado hermeticamente para evitar a reinfecção e promover a reparação apical.

Para promover um adequado selamento endodôntico é necessária a utilização de um cimento endodôntico com elevadas propriedades. De entre os cimentos endodônticos disponíveis no mercado destacam-se os cimentos biocerâmicos e os cimentos à base de MTA.

Os cimentos biocerâmicos mostram resultados promissores como cimentos endodônticos em relação aos cimentos de MTA. No entanto, as discrepâncias nos resultados revelam que esses cimentos podem não atender a todos os requisitos exigidos a um cimento de obturação endodôntica ideal.

No futuro, é necessário desenvolver estudos mais padronizados que comparem o mesmo tipo de cimentos biocerâmicos com cimentos à base de MTA, a fim de aumentar a fiabilidade dos resultados. Esses estudos também devem incluir tempos de *follow-up* mais longos e simular as condições fisiológicas da cavidade oral, permitindo conclusões mais precisas sobre os resultados clínicos associados ao uso de cimentos biocerâmicos em comparação aos cimentos de MTA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Haddad, A., & Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International journal of biomaterials*, 2016, 9753210. <https://doi.org/10.1155/2016/9753210>
- Aminoshariae, A., Primus, C., & Kulild, J. C. (2022). Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? *Journal of the American Dental Association (1939)*, 153(8), 750–760. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2022.01.004>
- Antunovic, M., Vukmanovic, L., Budimir, A., Kabil, E., Anic, I., & Bago, I. (2021). Evaluation of sealing ability of four bioceramic root canal sealers and an epoxy resin-based sealer: An: in vitro: study. *Saudi endodontic journal*, 11(1), 66-72.
- Aracena, D, Bustos, L., Aracena, A., Alvarez, P., & Hernández-Vigueras, S. (2021). Apical Sealing Efficacy of the Bioceramic Cements Bio Root and MTA Fillapex: An ex vivo Study. *International journal of odontostomatology*, 15(2), 473-478. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2021000200473>
- Badr, M., & Rokaya, M.E. (2021). Comparing the efficacy of EndoSequence Root Repair Material, Biodentine, MTA angelus as retrograde filling in microbial leakage by Confocal Laser Scanning Microscope. *Egyptian Dental Journal*.
- Camilleri, J. (2015). Mineral Trioxide Aggregate: Present and Future Developments. *Endod. Top*, 32 (1), 31–46.
- Darcey, J., Roudsari, R. V., Jawad, S., Taylor, C., & Hunter, M. (2016). Modern Endodontic Principles. Part 5: Obturation. *Dental update*, 43(2), . <https://doi.org/10.12968/denu.2016.43.2.114>
- Dong, X., & Xu, X. (2023). Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(3), 354. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10030354>
- Donnermeyer, D., Bürklein, S., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, 107(4), 421–436. <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0400-3>
- Drukteinis, S., & Camilleri, J. (Eds.). (2021). *Bioceramic materials in clinical endodontics*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Duncan, H. F., Kirkevang, L. L., Peters, O. A., El-Karim, I., Krastl, G., Del Fabbro, M., Chong, B. S., Galler, K. M., Segura-Egea, J. J., Kebschull, M., & ESE Workshop Participants and Methodological Consultant (2023). Treatment of pulpal and apical disease: The European Society of Endodontology (ESE) S3-level clinical practice guideline. *International endodontic journal*, 56 Suppl 3, 238–295. <https://doi.org/10.1111/iej.13974>
- Gasner, N. S., & Brizuela, M. (2023). Endodontic Materials Used To Fill Root Canals. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587367/>

- Huth, K. C., Wuerschling, S. N., Benz, L., Kist, S., & Kollmuss, M. (2024). In Vitro Microscopical and Microbiological Assessment of the Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers. *Journal of functional biomaterials*, 15(11), 341. <https://doi.org/10.3390/jfb15110341>
- Joshi, S.R., Sruthi, S., Mopagar, V., Padmawar, N., & Pendyala, G.S. (2024). Evaluation of Apical Sealing Ability of Four Endodontic Sealers: An In vitro Study. *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*.
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental materials journal*, 39(5), 703–720. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>
- Küçükaya Eren S. (2023). Clinical applications of calcium silicate-based materials: a narrative review. *Australian dental journal*, 68 Suppl 1, S96–S109. <https://doi.org/10.1111/adj.12986>
- Lim, M., Jung, C., Shin, D. H., Cho, Y. B., & Song, M. (2020). Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restorative dentistry & endodontics*, 45(3), e35. <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e35>
- Patel, M., Gangwar, A., Sharma, S., & Naik, S. (2024). Stereomicroscopic Evaluation of the Apical Sealing Ability of Different Root Canal Sealers (Endoseal, Apexit, MTA Fillapex, Ceraseal) Using Diaphanization Technique. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 17(10), 1135–1140. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2976>
- Pereira, I. R., Carvalho, C., Paulo, S., Martinho, J. P., Coelho, A. S., Paula, A. B., Marto, C. M., Carrilho, E., Botelho, M. F., Abrantes, A. M., & Marques Ferreira, M. (2021). Apical Sealing Ability of Two Calcium Silicate-Based Sealers Using a Radioactive Isotope Method: An In Vitro Apexification Model. *Materials (Basel, Switzerland)*, 14(21), 6456. <https://doi.org/10.3390/ma14216456>
- Pushpalatha, C., Dhareshwar, V., Sowmya, S. V., Augustine, D., Vinothkumar, T. S., Renugalakshmi, A., Shaiban, A., Kakti, A., Bhandi, S. H., Dubey, A., Rai, A. V., & Patil, S. (2022). Modified Mineral Trioxide Aggregate-A Versatile Dental Material: An Insight on Applications and Newer Advancements. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 10, 941826. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.941826>
- Rencher, B., Chang, A. M., Fong, H., Johnson, J. D., & Paranjpe, A. (2021). Comparison of the sealing ability of various bioceramic materials for endodontic surgery. *Restorative dentistry & endodontics*, 46(3), e35. <https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e35>
- Shandilya, A., Azhar, A., Maheswari, D., Ratre, S., Agrawal, N., & Siddiqui, T. (2022). Evaluation of The Sealing Ability of Gutta Percha with Bioroot RCS, MTA Fillapex and Sealapex - An SEM Study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 14(Suppl 1), S893–S896. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_91_22
- Sah, S., Mangat, P., Kumar, A., Sah, N., Shivakumar, G. C., Di Blasio, M., Cervino, G., & Minervini, G. (2024). Stereomicroscopic evaluation of sealing ability of four different root canal sealers: an in-vitro study. *BMC oral health*, 24(1), 258. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03913-7>

- Tait, C., Camilleri, J., & Blundell, K. (2025). Non-surgical endodontics - obturation. *British dental journal*, 238(7), 487–496. <https://doi.org/10.1038/s41415-025-8562-1>
- Tawil, P. Z., Duggan, D. J., & Galicia, J. C. (2015). Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 36(4), 247–264.
- Trivedi, S., Chhabra, S., Bansal, A., Kukreja, N., Mishra, N., Trivedi, A., Gill, P., & Kulkarni, D. (2020). Evaluation of Sealing Ability of Three Root Canal Sealers: An *In Vitro* Study. *The journal of contemporary dental practice*, 21(3), 291–295.
- Vijith, V., Mahaprasad, A., Purusothaman, A., Duraivel, A. K., Francis, M., & Chohan, H. (2024). Comparative Evaluation of Sealing Ability, Bond Strength, and Antimicrobial Properties of Endodontic Sealers: An *In Vitro* Study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 16(Suppl 4), S3942–S3944. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1110_24
- Winkler, A., Adler, P., Ludwig, J., Hofmann, N., Soliman, S., Krastl, G., & Krug, R. (2023). Endodontic Outcome of Root Canal Treatment Using Different Obturation Techniques: A Clinical Study. *Dentistry journal*, 11(8), 200. <https://doi.org/10.3390/dj11080200>