



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

CIMENTOS BIOCERÂMICOS EM ENDODONTIA

Clique ou toque aqui para introduzir texto.

JOSE FELIX NOVES VAQUERIZO

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 30 de agosto del 2021



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

JOSE FELIX NOVES VAQUERIZO

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

CIMENTOS BIOCERÂMICOS EM ENDODONTIA

Subtítulo

Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Célia Marques

Declaração de Integridade

Eu, José Félix Noves Vaquerizo acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

José Félix Noves Vaquerizo

AGRADECIMENTOS:

Foram cinco anos muito difíceis, muitas viagens, a maioria deles no meu velho carro, mas que nunca, me deixou ficar mal. Viagens de calor, frio, neve, vento, chuva. Viagens em que me lembro quando estava a estudar o Curso de Ciências Básicas da Saúde e no final do curso com todo o esgotamento desse ano intenso também escapou uma lágrima de não poder continuar, mas houve sempre algo ou alguém que me deu o empurrão para continuar, e aqui estou eu a fazer a tese final com a mesma ilusão do momento em que decidi embarcar nesta história de fim incerto.

Os meus agradecimentos serão sempre centrados nas pessoas que me eram próximas, família, colegas e amigos.

Aos meus familiares por sempre mostrarem essa ilusão e o empurrão que precisava nos momentos de fraqueza.

Ao meu pai que se sentiu orgulhoso de mim. À minha mãe, que sempre me ajudou do céu a ultrapassar todos os solavancos que encontrei tanto em termos de viagens como académicos, ela sempre foi e será o meu anjo da guarda e como não poderia ser de outra forma. "Muito obrigado mãe por tudo, isto vale para você".

Não posso esquecer de mencionar a minha companheira de viagem na vida, que tem sido tão paciente e desistiu de tantas coisas na sua vida para apoiar-me neste projeto.

À minha colega de trabalho que me ensinou tantas coisas neste mundo da medicina dentária, e teve a paciência de suportar as minhas mudanças de humor e sempre, na medida do possível, tirou tempo à sua família para cuidar do meu negócio.

Não posso esquecer de agradecer aos meus colegas do hospital porque eles estavam sempre presentes para me apoiar e ajudar.

Gostaria de expressar a minha mais sincera gratidão pela sua paciência, profissionalismo à minha orientadora Célia Marques, que sempre teve o seu melhor sorriso para me ajudar na elaboração deste trabalho.

Não deixarei de mencionar todos aqueles que não me apoiaram, basta dizer-lhes muito obrigado por não me terem incomodado.

Muito obrigado a todos vós que me apoiaram e ajudaram neste projeto.



RESUMO:

Este estudo tem por objetivo realizar uma revisão sistemática integrativa para analisar parâmetros físico-químicos e biológicos dos cimentos biocerâmicos, a fim de chegar à conclusão qual a melhor opção na obturação de canais radiculares no tratamento endodôntico.

Uma pesquisa eletrônica na base de dados PUBMED de publicações científicas foi realizada, utilizando a combinação dos termos científicos: "*bioceramic cement*", "*endodontics*", "*biocompatibility*", "*sealing*", "*root canal filling*". A pesquisa identificou 351 estudos, dos quais 23 foram considerados relevantes para este estudo.

Estes estudos forneceram dados importantes como a biocompatibilidade dos cimentos biocerâmicos porque não produzem uma resposta inflamatória dos tecidos periapicais quando entram em contacto com eles. São estáveis em ambientes biológicos, não sofrem contração, pelo contrário, têm uma expansão de 0,002mm e não reabsorvem.

Outra característica é a sua capacidade de produzir hidroxiapatite durante o processo de endurecimento, gerando uma ligação química entre a dentina e o material de preenchimento.

Têm também um pH muito alcalino (12,8) durante as primeiras 24 horas o que facilita uma alta atividade antibacteriana. São fáceis de usar, pois têm um tamanho de partícula inferior a 2 µm, o que permite a sua utilização numa seringa pré-misturada.

Tem um tempo de trabalho de aproximadamente três a quatro horas à temperatura ambiente, e é introduzido diretamente no canal. Tem uma vida útil aproximada de dois anos e não requer refrigeração para armazenamento.

A vantagem da apresentação pré-misturada é evidente, uma vez que poupa tempo e se obtém um cimento homogêneo e bem proporcionado nos seus componentes.

Palavras chave:

"bioceramic cement", "endodontics", "biocompatibility", "sealing", "root canal filling"

ABSTRACT

The aim of this study was to perform an integrative systematic review to analyze physicochemical and biological parameters of bioceramic cements in order to reach the conclusion that it is the best option in root canal obturation in endodontic treatment.

An electronic search in the PUBMED database of scientific publications, using the combination of the following scientific terms: "*bioceramic cement*", "*endodontics*", "*biocompatibility*", "*sealing*", "*root canal filling*". The search identified 351 studies, of which 23 were considered relevant to this study.

These studies provided important data such as the biocompatibility of bioceramic cements because they do not produce an inflammatory response of the periapical tissues when they come into contact with them. They are stable in biological environments, do not undergo fixation contraction; on the contrary, they have an expansion of 0.002mm and do not resorb.

Another characteristic is their ability to produce hydroxyapatite during the hardening process, generating a chemical bond between the dentin and the filling material.

They also have a very alkaline pH (12.8) during the first 24 hours of setting (high antibacterial activity). They are easy to use as they have a particle size of less than 2 μm , which allows them to be used in a premixed syringe.

It has a working time of approximately three to four hours at room temperature and is introduced directly into the canal. It has an approximate shelf life of two years and does not require refrigeration for storage.

The advantage of the premixed presentation is evident, as it saves time, and a homogeneous cement is obtained that is well proportioned in its components.

Key Words:

"bioceramic cement", "endodontics", "biocompatibility", "sealing", "root canal filling"



INDICE:

1.INTRODUÇÃO.....	Pg. 6
2. OBJETIVO.....	Pg. 7
3.MATERIAIS E MÉTODOS.....	Pg. 8
4.RESULTADOS.....	Pg. 9
5.DISSCUSSÃO.....	Pg. 10
5.1. Cimentos biocerâmicos.....	Pg. 10
5.2. Propriedades Clínicas dos cimentos biocerâmicos.....	Pg. 14
5.2.1. Resistência à fratura.....	Pg. 14
5.2.2. Penetração.....	Pg. 15
5.2.3. Capacidade de selamento.....	Pg. 16
5.2.4. Tempo de presa.....	Pg. 17
5.2.5. Remineralização.....	Pg. 18
5.2.6. Radiopacidade.....	Pg. 19
5.2.7. Capacidade antibacteriana (solubilidade e pH)	Pg. 20
5.2.8. Características microestruturais.....	Pg. 20
5.2.9. Biocompatibilidade e Toxicidade.....	Pg. 21
6.CONCLUSÃO.....	Pg. 23
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Pg. 24
ANEXOS.....	Pg. 29
• Fluxograma.....	Pg. 29
• Tabelas.....	Pg. 30
• Figuras.....	Pg. 40

TABELA DE NOMENCLATURAS:

AH (BCC)	Cone de guta-percha modificado
APC	Células apicais de papila cultivadas
BCS	Biocerâmico à base de silicato de cálcio
CB	Cimentos biocerâmicos
DSPP o hDPSC	Células estaminais de polpa dentária
DSC	A calorimetria diferencial de varrimento
EDTA	Acido etilendiamino tetraacético.
FEG-SEM e EDX	Microscópio electrónico de varrimento ambiental
FT-IR	Espectroscopia de infravermelho transformado de Fourier
GIC	Cimento de ionómero de vidro
GP	Gutta percha
GMDN	Global Medical Device Nomenclature
HDC	Cimento higroscópico
hTGSC	Células estaminais de germe de dente humano
MTA	Agregado de trióxido mineral
Micro-CT	Microtomografia computadorizada
MOE	Modulo de elasticidade
NaOCl	Hipoclorito de sódico
RRM	Material de reparação de raízes TM
SBF	Líquido corporal simulado
UFC	Unidades formadoras de colónias



1. INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem por finalidade proporcionar todas as condições necessárias para manter a peça dentária com as suas características estéticas e funcionais na cavidade oral a partir da cura da doença pulpar e perirradicular.

Para tal, será necessário proceder à eliminação da carga microbiana do sistema de canais infetados ou à redução de microrganismos para níveis quase insignificantes através da preparação químico-mecânica e posterior obturação dos canais radiculares de forma a manter ou restabelecer a saúde dos tecidos perirradiculares¹.

A preparação químico-mecânica do sistema de canais radiculares, é realizada utilizando instrumentos endodônticos e soluções irrigantes que promovem a limpeza das paredes dos canais através da remoção de matéria orgânica e inorgânica, concluindo com uma preparação adequada das paredes internas dos canais, o que é um requisito indispensável para a obturação do canal radicular^{2,3}.

Logo, os materiais obturadores devem preencher todo o espaço anteriormente ocupado pelo tecido pulpar, promovendo uma obturação adequada no sentido tridimensional do sistema de canais radiculares. Os materiais utilizados na obturação devem ser materiais estáveis e que se mantenham de forma permanente sem invadir os tecidos perirradiculares⁴.

Nas técnicas convencionais de obturação são utilizados 2 tipos de materiais: um no estado sólido (cone de guta percha) e outro no estado plástico (cimento endodôntico), sendo o papel do cimento endodôntico proporcionar adesividade entre a guta percha e as paredes de dentina do canal radicular de forma a obter uma obturação estável e estanque de todo o espaço.

Um cimento endodôntico ideal deverá ter a capacidade de preencher a totalidade do sistema de canais radiculares, ter estabilidade dimensional, ser biocompatível, não reabsorvível, deve ser bacteriostático, não causar a pigmentação dentária, ter capacidade em penetrar nos canais laterais, ser fácil de manipular e remover do canal (se necessário) e radiopaco⁵.

Recentemente surgiram os cimentos biocerâmicos que têm por base o silicato de cálcio.

O agregado de trióxido mineral (MTA) foi o primeiro material a demonstrar características de um excelente material de obturação como cimento biocerâmico. É constituído por silicato dicálcico, silicato tricálcico e aluminato tricálcico e também um radiopacificador para melhorar o contraste da sua imagem em raios X^{6,7}.

Os materiais biocerâmicos são compósitos classificados pela Global Medical Device Nomenclature (GMDN), como um tipo de cimento higroscópico (HDC), obtido por vários processos químicos^{8,9}.

De acordo com Koch e Brave em 2012, a biocerâmica é definida como "um produto ou componente cerâmico utilizado em aplicações médicas e dentárias, principalmente como implantes e substitutos com propriedades osteoindutoras". São classificados como bioinertes, bioativos e biodegradáveis. Podem assumir o papel de cimentos endodônticos ou cimentos reparadores.

A introdução destes cimentos tem sido um avanço no tratamento endodôntico, tendo em conta as suas propriedades físico-químicas ótimas e biocompatíveis^{10,11}.

Com este trabalho pretende-se realizar uma revisão sistemática integrativa sobre os cimentos biocerâmicos, as suas propriedades e indicações bem como as vantagens e desvantagens do uso destes cimentos.

Sendo espectável de que o uso de cimentos biocerâmicos são uma boa alternativa na obturação endodôntica.

2.- OBJETIVOS:

2.1. Objetivo geral:

Rever a literatura científica sobre a utilização de cimentos biocerâmicos na área da endodontia nos últimos 10 anos.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a sua eficácia;
- Descrever e avaliar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão sistemática integrativa, através de uma pesquisa bibliográfica na PUBMED utilizando as seguintes palavras-chave "*bioceramic cement*"; "*endodontics*"; "*sealing*"; "*biocompatibility*"; "*root canal filling*", combinadas entre si da seguinte forma "*bioceramic cement*" AND "*endodontic*", "*bioceramic cement*" AND "*sealing*"; "*bioceramic cement*" AND "*endodontics*"; "*bioceramic cement*" AND "*biocompatibility*"; "*bioceramic cement*" AND "*root canal filling*". Os artigos duplicados foram removidos e os títulos e resumos foram avaliados para efeitos de adequação ao objetivo do estudo.

Os critérios de inclusão utilizados na pesquisa foram, artigos escritos em inglês, num período temporal dos últimos 10 anos e estudos *in vivo* e *in vitro*.

Por outro lado, os critérios de exclusão aplicados foram artigos escritos em língua não inglesa, estudos cuja informação era inadequada sobre o protocolo ou cujos os materiais e métodos utilizados não se enquadravam com o tema principal do trabalho.

Para a análise dos artigos foi dada relevância ao nome dos autores, ao ano de publicação bem como a revista de publicação, o tipo de estudo e os materiais utilizados.

4. RESULTADOS

Na primeira pesquisa na base de dados PubMed, obteve-se um resultado de 351 artigos. Após a remoção dos artigos repetidos foi feita a leitura dos títulos e dos resumos, tendo sido eliminados 91 artigos. De seguida foi feita a leitura integral dos artigos, foram eliminados 51 artigos, resultando na seleção de 23 artigos para a execução deste trabalho.

Dos 23 artigos selecionados, 6 (26,08%) estudam a biocompatibilidade e citotoxicidade¹²⁻¹⁷, em 5 artigos (21,37%) é abordada a penetração¹⁸⁻²². Estudos que tratam a resistência à fratura²³⁻²⁵, e capacidade de selamento²⁶⁻²⁸ encontramos 3 artigos (13,04%) de cada. Nos estudos relacionados com tempo de presa temos 2 artigos (8,69%)^{29,30}. Os restantes artigos abordam a remineralização³¹, a radiopacidade³², a capacidade antibacteriana (solubilidade e pH)³³ e características microestruturais³⁴.

Os artigos de estudo utilizados e avaliados de acordo com os autores podem ser vistos na tabela 1.

Os principais resultados são os seguintes:

- Nos estudos os cimentos biocerâmicos apresentam uma boa biocompatibilidade pelo que não foram encontrados efeitos citotóxicos críticos¹².
- Os cimentos biocerâmicos pré-misturados têm uma excelente capacidade de ligação e quase nenhuma alteração volumétrica.
- Têm a capacidade de induzir a diferenciação das células estaminais de germe dentário humano (hTGSC), conseguindo assim uma elevada capacidade de estimulação dos processos de mineralização que conduzem a um aumento da deposição de tecido duro¹³.

Os cimentos biocerâmicos induzem a diferenciação das células estaminais de germe de dente humano (hTGSC) promovendo assim a criação e deposição de tecido duro. Esta qualidade torna os cimentos biocerâmicos candidatos perfeitos para utilização como cimentos reparadores¹⁴.

- Os cimentos biocerâmicos apresentam uma boa resistência à fratura com e sem presença de reabsorção interna, mesmo que o módulo elástico seja inferior ao da dentina^{23,24,25}.

- Os cimentos biocerâmicos são o “Gold standard” nos tratamentos de reparação de raízes e são amplamente utilizados como barreiras apicais devido à sua excelente microfiltração e aderência à dentina especialmente depois da irrigação com hipoclorito de sódio (NaOCl)²⁷.
- Os cimentos biocerâmicos têm uma radiopacidade e fluidez de acordo com as recomendações da norma ISO 6876/2001, embora inferiores a cimentos resinoso³².

Os cimentos biocerâmicos têm um pH e uma liberação de cálcio (Ca (2+)) elevados o que lhe confere uma alcalinidade prolongada e uma maior solubilidade favorecendo os efeitos biológicos e antimicrobianos³³.

- As partículas de tamanho nanométrico encontradas nos cimentos biocerâmicos proporcionam elevada área de superfície e dispersão máxima de silicato de cálcio e componentes de aluminato de cálcio. A nano estrutura e a formulação em pó permitem um processo de hidratação envolvendo estruturas de silicato hidratado, que são eficazes para ter um tempo de presa rápido e uma resposta bioativa eficiente³⁴.

5.DISCUSSÃO

5.1. Cimentos biocerâmicos

Os cimentos biocerâmicos são materiais cerâmicos inorgânicos, não metálicos e biocompatíveis concebidos para uso médico e dentário. São feitos de alumina, zircónio, vidro bioativo, cerâmica de vidro, silicato de cálcio, hidroxiapatite e fosfatos de cálcio. De acordo com a interação que têm com os tecidos, podem ser classificados da seguinte forma:

- Bioinertes: Não causam reações biológicas adversas nos tecidos circundantes (alumina e zircónio).
- Bioativos: Aqueles que não se degradam, mas interagem com o tecido circundante (vidro, fosfato de cálcio, hidroxiapatite).
- Biodegradáveis: Estes são solúveis ou reabsorvíveis¹³.

Os cimentos biocerâmicos podem ser divididos de acordo com a sua utilização, e podem ser utilizados para o preenchimento de canais radiculares ou como cimentos restauradores²³.

Dentro da função restaurativa, são utilizados nos capeamentos pulpares de exposições da polpa dentária sem patologia ou sintomatologia prévia, e têm demonstrado uma boa taxa

de sucesso devido à sua capacidade de selamento, baixa solubilidade e ótimas propriedades mecânicas³⁶.

Podem ser utilizados nas perfurações por um procedimento endodôntico. A escolha do cimento biocerâmico é determinada pela área e acessibilidade do local da perfuração, a capacidade de controlar fluidos e fatores estéticos^{37,38}.

Os cimentos biocerâmicos são ideais na gestão de dentes com ápices abertos devido à sua capacidade de atuar como uma barreira apical osteocondutora porque a libertação contínua de cálcio, fosfato e íões permite ao cimento biocerâmico participar no processo de regeneração e remineralização dos tecidos duros, melhorando a capacidade de selamento pela aposição de cristais de hidroxiapatita na interface³⁹.

Para além disso, estes cimentos quando aplicados em cavidades de cirurgia apical demonstraram uma obturação eficiente e durável, sendo mais biocompatíveis do que os materiais normalmente utilizados. A vantagem que têm é a formação de cimento e osso na área periapical, o que tem sido demonstrado histologicamente *in vivo* em animais⁴⁰.

Nos artigos estudados, encontrámos uma variedade de materiais biocerâmicos que são comercializados.

É o caso do TotalFill[®], um cimento biocerâmico desenvolvido para a reparação de canais radiculares e aplicações cirúrgicas, mas também para obturação dos canais radiculares.

É um material insolúvel, radiopaco, sem alumínio, baseado numa composição de silicato de cálcio. É dispensado através da utilização de uma seringa.

Está disponível como TotalFill[®] BC Sealer para obturações dos canais radiculares e o como TotalFill[®] BC RRM[™]. É utilizado como material biocerâmico de reparação¹³. (Fig. 1)

O EndoSequence[®] Root Repair Material RRM[™] (Brasseler USA, Savannah, USA) é outro material que está indicado na reparação de perfurações não cirúrgicas apicais e capeamentos pulpaes diretos.

Segundo o fabricante, a composição principal é silicato de cálcio, óxido de zircónio, pentóxido de tântalo, fosfato monobásico de cálcio e agentes de volume. O material é

biocompatível e bioativo e tem boas propriedades de selamento. Este cimento aumenta a resistência à fratura em maior grau do que o MTA e tem uma maior resistência à ligação do que o Biodentine e o NeoMTA²⁵. (Fig. 2)

O primeiro cimento hidráulico patenteado à base de silicato de cálcio (HCSC) para aplicações endodônticas foi o agregado mineral trióxido (MTA) (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, EUA) recebeu considerável atenção devido à sua capacidade de selagem, biocompatibilidade, capacidade regenerativa e propriedades antibacterianas³⁰.

O MTA é o biomaterial mais comum utilizado no tratamento endodôntico e é composto principalmente de silicato tricálcico e dicálcico com óxido de bismuto.

A hidratação deste pó resulta na formação de hidróxido de cálcio e de um gel de silicato de cálcio hidratado que, após um período de tempo, se transforma num sólido mal cristalizado e poroso.

Este material tem demonstrado consistentemente excelentes propriedades de biocompatibilidade *in vitro* e baixa citotoxicidade e está associado a um melhor resultado clínico quando usado para o capeamento direto da polpa, pulpotomia ou apexificação.

A sua apresentação inicial foi cinzenta e devido a problemas de manuseamento e descoloração, foi posteriormente desenvolvida uma composição MTA branca (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa, OK, EUA).

Vários estudos revelaram que o ProRoot MTA pode induzir a fixação celular, proliferação e diferenciação de células estaminais de polpa dentária e células estaminais apicais de papila em células que podem produzir tecido mineralizado. (Fig. 3)

Em 2009, surgiu no mercado um novo cimento de silicato tricálcico, o Biodentine (BD, Septodont, Saint-Maur des-Fossés, França), cujo componente em pó consiste em silicato tricálcico e dicalcium silicate (materiais principais e secundários do núcleo), um óxido de cálcio e carbonato de cálcio, óxido de ferro e óxido de zircônio (como radiopacificador). O componente líquido contém cloreto de cálcio (acelerador) e um polímero solúvel em água (como agente redutor de água).

Em comparação com o MTA, este material proporciona melhorias em termos de manipulação em ambiente clínico, uma vez que completa a sua presa em 12 minutos,

permitindo a realização de procedimentos restaurativos numa única visita de tratamento, e provoca menos descoloração dos dentes¹⁴. (Fig.4)

Com as mesmas indicações do MTA, surgiu no mercado mais recentemente o BIO-C® REPAIR Angelus. (Fig.5)

O BIO-C® SEALER utilizado na obturação dos canais radiculares é um cimento biocerâmico que não precisa de ser manipulado, para além dos benefícios da formulação biocerâmica, como a indução da regeneração dos tecidos, ação bactericida e inibição da infiltração bacteriana.

A apresentação pronta a usar facilita a aplicação no canal, simplificando este procedimento com grande economia de tempo.

O pH elevado do BIO-C® SEALER neutraliza a acidez do meio, impedindo a progressão da reabsorção.

O tempo de presa do BIO-C® SEALER dependerá da presença de humidade onde este for aplicado à estrutura dentária. As moléculas de água presentes no meio entram gradualmente em contacto com as partículas do BIO-C® SEALER, causando hidratação, fixação do cimento e libertação dos iões ativos⁴¹. (Fig.6)

O novo iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, Canadá) é uma pasta de cimento pré-misturada hidráulica e injectável, pronta a usar. É composto por fosfato de cálcio, silicato de cálcio, hidróxido de cálcio, óxido de zircónio, agentes de preenchimento e espessantes. Uma das suas vantagens é a sua capacidade de formar hidroxiapatita durante o processo de fixação e, em última análise, criar uma ligação entre a parede dentinária e o cimento²³. (Fig. 7)

Outro cimento biocerâmico com amplas aplicações é o BioRoot™ RCS, as principais características deste cimento são a sua biocompatibilidade, que reduz as reações adversas; estimula a mineralização óssea da estrutura dentária; promove a cicatrização periapical e a sua alcalinidade impede o crescimento bacteriano.

Este tipo de cimento biocerâmico cria um preenchimento consistente dentro dos túbulos dentinários^{18,33}. (Fig. 8)

5.2. Propriedades Clínicas dos cimentos biocerâmicos

5.2.1. Resistência à fratura

Um dos objetivos da obturação do canal radicular é aumentar a sua resistência à fratura.

Foram realizados alguns estudos para avaliar a resistência dos biocerâmicos.

No estudo de Ghoneim *et al*²³, ao avaliar os diferentes cimentos obturadores para canais radiculares, verificaram que com o IRoot SP foi registada uma resistência à fratura significativamente mais elevada tanto no grupo de controlo cujas raízes foram preparadas, mas não preenchidas ($381,4 \pm 53,2$ N) e no grupo 1 (cimento IRoot SP/Cone de ActiV GP [$372 \pm 62,9$ N]) sem diferença significativa entre eles, enquanto que o valor mais baixo foi registado no grupo 4 (ActiV GP/Cone de ActiV [$288,3 \pm 30,5$ N]). Ou seja, o cimento de base biocerâmica (IRoot SP) é promissor em termos de aumentar a resistência à fratura *in vitro* das raízes tratadas endodonticamente, especialmente quando acompanhado por cones ActiV GP.

Também, a investigação de Osiri *et al*²⁴ encontrou benefícios em termos de resistência à fratura ao utilizar um cimento biocerâmico, este facto é evidenciado no seu estudo onde avaliaram um cimento biocerâmico à base de silicato de cálcio (BCS) versus a utilização do cone de gutta-percha modificado AH (BCC), cujos resultados mostraram que a carga de fratura das raízes obturadas era semelhante à resistência de uma raiz saudável, sem diferenças significativas em relação às duas opções de obturação, mas diferente das raízes cujos canais foram preparados, mas não obturadas. Contudo, ao comparar ambos os materiais, observou-se que o cimento biocerâmico à base de silicato de cálcio (BCS) apresentava maior resistência à aderência, profundidade máxima e penetração circunferencial ao nível da raiz apical, bem como uma maior área de penetração do cimento a todos os níveis em comparação com a gutta-percha e cimento à base de resina epoxica (GP / AH). No entanto, foi observado que em ambos os materiais o módulo de elasticidade (MOE) foi muito mais baixo que o da dentina.

Da mesma forma, Khalil *et al*²⁵, encontraram uma resposta de resistência à fratura com o uso de diferentes materiais: cimento de ionómero de vidro (GIC), gutta-percha (GP) e EndoSequence® Root Repair utilizado como reforço na reparação de cavidades de reabsorção interna simuladas em dentes tratados endodonticamente, o grupo que usava

apenas gutta-percha mostrou uma boa resistência à fratura. No entanto, houve melhores resultados ao utilizar o EndoSequence®, fornecendo mais resistência do que a técnica do GP/Sealer quando ambos são utilizados para preencher uma cavidade de reabsorção.

5.2.2. Penetração

Os cimentos endodônticos ajudam a selar o sistema de canais, preenchendo irregularidades anatômicas, canais laterais e túbulos dentinários, melhorando assim a adaptação do preenchimento da raiz na interface dentinária²⁸.

As propriedades físicas e químicas, tais como tamanho das partículas, solubilidade, viscosidade e tensão superficial, influenciam a profundidade e consistência da penetração nos túbulos dentinários do material¹⁹.

O sucesso da penetração dos materiais biocerâmicos, foi comprovado por Jardim Del Monaco *et al*²⁰, que estudaram a influência do laser Nd: YAG na penetração de um cimento biocerâmico nos túbulos dentinários, cujos resultados mostraram que o cimento biocerâmico tinha maior penetração a profundidades de 3 e 5 mm do que o cimento de controlo, independentemente da utilização do laser ($p < 0,05$). A análise do perímetro mostrou que não havia diferença entre os dois cimentos a uma profundidade de 3 mm ($p < 0,05$), independentemente da utilização do laser. Contudo, a uma profundidade de 5 mm, o uso combinado do cimento biocerâmico e do laser mostrou um perímetro de penetração maior ($p < 0,05$) do que o do cimento de controlo.

Da mesma forma, Candeiro *et al*²¹, em 2019 avaliaram a penetração de cimentos biocerâmicos e epoxídicos de resina em canais laterais simulados. Especificamente, estudaram dois cimentos endodônticos, Endosequence® BC Sealer e AH Plus®, e não observaram diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$). O cimento endodôntico Endosequence® BC Sealer tem uma capacidade semelhante ao AH Plus® para o preenchimento de canais. É importante notar que o diâmetro destes canais laterais apenas influenciou a capacidade de penetração da Endosequence® BC Sealer, embora tenha mostrado maior penetração em canais laterais com um diâmetro de 0,10 mm.

Martinho *et al*²² avaliaram o efeito *in vitro* de diferentes soluções de irrigação na difusão do cimento MTA na dentina do canal radicular, ou seja, analisaram a penetração *in vitro* de um cimento de silicato nos túbulos dentinários após a utilização de diferentes soluções de

irrigação endodônticas. Os resultados mostraram uma secção apical, na qual não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no que diz respeito à penetração dos cimentos. No entanto, na secção do meio, o grupo 1, que utilizou 17% EDTA (ácido etilenodiamino tetracético) + 3,0% hipoclorito de sódio (NaOCl) apresentou a maior percentagem, enquanto o grupo 2, que recebeu irrigação com 17% EDTA + 2,0% clorexidina, teve uma menor percentagem de penetração, o que pode indicar que a clorexidina pode ter limitado esta penetração. Embora ao comparar o grupo 1 com o grupo de controlo, que recebeu apenas 17% de EDTA + solução salina, o primeiro tinha um maior poder de penetração, o que poderia indicar que hipoclorito de sódio (NaOCl) permite uma maior penetração. Comparando os resultados, poderá afirmar-se que hipoclorito de sódio (NaOCl) como solução irrigante promove uma penetração mais uniforme do cimento biocerâmico, que pode ser correlacionada com um melhor selamento e, conseqüentemente, um maior sucesso do tratamento endodôntico.

Ainda acerca da penetração dos cimentos biocerâmicos, Bianco *et al*¹⁸, avaliaram com microtomografia computadorizada (Micro-CT) a obturação de canais radiculares com dois cimentos biocerâmicos diferentes: GuttaFlow Bioseal e BioRoot RCS centrado-se na presença de vazios criados durante o procedimento de obturação, estudando também, os valores médios em termos de espessura de cimento, quantidade de guta-percha e comparando-a com o volume total formado e a quantidade média dos dois cimentos, em relação ao volume total formado. Na visualização, não encontraram diferença significativa entre a quantidade de guttapercha em comparação com o volume formado entre o grupo GuttaFlow e BioRoot RCS bioseal. Por outras palavras, ambos os procedimentos tiveram bom sucesso, apesar de ambos terem tido vazios nos canais radiculares examinados.

Da mesma forma, ao avaliar a capacidade de preenchimento e as alterações volumétricas dos materiais biocerâmicos durante a obturação, comparando Bio-C Repair e MTA HP, no estudo realizado por Torres *et al*¹⁹, não houve diferenças significativas entre os dois cimentos, embora MTA HP tenha tido a maior alteração volumétrica na direção redutora ($p < 0,05$), mostrando mais perda de volume do que Bio-C Repair.

5.2.3. Capacidade de selamento

A adesão do cimento endodôntico é definida como a sua capacidade de aderir à dentina do canal radicular de forma alcançar um selamento eficaz por parte da obturação²⁰.

Relativamente ao selamento de canais radiculares utilizando cimentos biocerâmicos, Antunes *et al*²⁶, estudaram a capacidade de selamento destes cimentos na zona apical dos canais radiculares, a fim de reduzir a proliferação de microrganismos. A população de microrganismos foi contada utilizando unidades formadoras de colónias (UFC). Para este estudo, compararam *in vitro* a capacidade de selamento do agregado de trióxido mineral (MTA) e EndoSequence BioCeramic Root Repair Material-Fast Set® (BC-RRM). No grupo de controlo, a gutta-percha quente foi utilizada sem cimento. No grupo MTA, 10 de 20 (50%) ainda tinham bactérias viáveis detetáveis nos canais. No grupo BC-RRM putty, 5 de 18 (28%) foram positivos para o crescimento bacteriano. Não houve diferença significativa quando se compararam os dados de presença/ausência dos grupos MTA e BC-RRM, tanto os controlos positivos como os negativos deram os resultados esperados. Da mesma forma, Juez *et al*²⁷, mas comparando o Agregado de Trióxido Mineral Branco, TotalFill Bioceramic, Endosequence® Root Repair e BioDentine, em termos de capacidade de selamento, não encontraram diferenças significativas entre os três grupos experimentais.

Ozkocak e Sonat²⁸, estudaram a capacidade de selamento de vários cimentos biocerâmicos de canais radiculares depois de utilizar várias soluções de irrigação e laser Er: YAG na dentina radicular, especificamente água destilada, hidróxido de cálcio, hipoclorito de sódio, EDTA. Os estudos mostraram uma maior força de ligação nos cimentos à base de resina (AH Plus®) do que no cimento biocerâmico (EndoSequence® BC Sealer e Real Seal) com diferenças estatisticamente significativas ($P < ,05$), exceto nos grupos que utilizaram hipoclorito de sódio.

Este estudo permitiu aos autores relatar que a capacidade de selamento dos cimentos biocerâmicos de canais radiculares é influenciada pelas suas propriedades e pelos vários tratamentos de superfície dentinária.

5.2.4. Tempo de presa

O tempo de presa é uma propriedade física indispensável na seleção do cimento a utilizar do ponto de vista clínico, porque se o tempo de presa for lento ou incompleto pode causar maior irritação dos tecidos e um aumento da solubilidade que leva à falha do selamento, pelo que é importante caracterizar como os cimentos baseados em silicato de cálcio fornecem informações sobre o processo de hidratação do cimento²⁹.

Daí a importância do trabalho realizado por Silva *et al*²⁹, que no seu estudo apresentaram e exploraram o potencial de um modelo experimental de base animal desenvolvido para determinar o tempo de microdureza de um conjunto de cimentos obturadores de canais radiculares.

Os resultados foram que o AH Plus®, sendo um cimento resinoso, teve um tempo de presa diferente dependendo do molde utilizado, em metal era mais curto (423 ± 20 min e 476 ± 35 min), em gesso era mais longo (476 ± 35 min). Verificou-se que o BioC Sealer® atingiu o tempo de microdureza máximo após 7 dias em moldes de gesso, enquanto o TotalFill BC Sealer e o Sealapex nunca atingiram o tempo de microdureza máximo após 25 dias, independentemente do molde utilizado.

Com base na importância da presa nas propriedades físicas do cimento a seleccionar, Guo *et al*³⁰, estudaram as propriedades físicas e o comportamento de hidratação do iRoot, iRoot FS e três outros cimentos endodônticos, concluindo que o iRoot FS teve o tempo presa mais curto dos quatro cimentos biocerâmicos ($p < 0,001$). Quanto aos valores de microdureza de iRoot FS, ERRM Putty e MTA aumentaram a taxas diferentes durante o período de 28 dias. No primeiro dia, o ERRM Putty tinha a microdureza mais baixa dos cimentos biocerâmicos ($p < .001$), mas atingiu o mesmo nível do MTA aos 4, 7 e 28 dias. A microdureza do iRoot FS era inferior à do W-MTA aos 7 e 28 dias ($p < ,05$). A porosidade dos materiais não mudou após 7 dias ($p < ,05$).

É claro que isto afetou os valores de resistência à compressão, observando que esta era mais elevada aos 28 dias do que aos 7 dias ($p < .01$). Para cada cimento avaliado, o ERRM Putty teve a maior resistência à compressão e a menor porosidade dos cimentos biocerâmicos avaliados ($p < .05$), seguido do iRoot FS, W-MTA e G-MTA, respetivamente. A calorimetria diferencial de varrimento (DSC) mostrou que o iRoot FS hidratou-se mais rapidamente, induzindo uma intensa reação exotérmica. O putty ERRM não mostrou um pico exotérmico claro durante o teste de calorimetria isotérmica.

5.2.5. Remineralização

Os cimentos biocerâmicos endodônticos estimulam o processo natural de remineralização (processo de precipitação de cálcio, fosfato) da interface entre o material de preenchimento

e o dente, sendo, portanto, considerados materiais bioativos, podendo aplicados como um agente terapêutico ativo para estimular a regeneração³¹.

Jiménez-Sánchez *et al*³¹, em 2019 avaliaram a capacidade de remineralização *in vitro* do cimento MTA Repair HP através de espectroscopia de infravermelho transformado de Fourier FT-IR, e análise FEG-SEM e EDX (microscopia eletrônica de varrimento ambiental). O método espectroscopia de infravermelho transformado de Fourier (FT-IR) permitiu observar a formação crescente de bandas de fosfatos, formadas quando o cimento foi imerso num meio rico em fosfatos simulados e ocorreu uma reação entre o cálcio no cimento e o fosfato na solução. A análise microscopia eletrônica de varrimento ambiental (FEG-SEM) revela que a MTA Repair HP produz um revestimento de superfície eficaz que consiste em agregados esféricos homogêneos de fase fosfática com um diâmetro médio de 0,5-1,0 µm e análise EDX comparando superfícies não tratadas (hidratadas) e tratadas com líquido corporal simulado (SBF) durante 24 e 72 horas. O MTA Repair HP revelou deposição de fosfato após 24 horas, com um sinal de alta relação fósforo/silício medido após 24 horas, indicando deposição de fase de fosfato muito elevada para este material.

5.2.6. Radiopacidade

A radiopacidade é uma propriedade física essencial que permite a visualização do material de preenchimento endodôntico através de exame radiográfico para verificar o preenchimento.

O estudo de Candeiro *et al*³², em 2012, analisou as características da radiopacidade quando realizaram um estudo cujo objetivo era avaliar as propriedades físico-químicas do cimento biocerâmico, Endosequence BC Sealer. Os resultados mostraram que o cimento biocerâmico endodôntico Endosequence BC Sealer mostrou uma radiopacidade (3,84 mm Al) significativamente inferior à do AH Plus (6,90 mm Al).

Os cimentos biocerâmicos têm uma radiopacidade e fluidez de acordo com as recomendações da norma ISO 6876/2001, embora inferiores a cimentos resinosos³².

5.2.7. Capacidade antibacteriana (solubilidade e pH)

Os cimentos estão em contato com o fluido periapical do tecido e, se não for dimensionalmente estável pode ocorrer uma falha no selamento periapical. A alta solubilidade é indesejável porque a dissolução destes materiais pode permitir a formação de lacunas dentro e entre o material e as paredes de dentina que poderão comprometer o selamento^{42,15}.

A principal propriedade antimicrobiana dos cimentos está na sua alcalinidade. Um pH alcalino (pH próximo de 11) promove a eliminação de bactérias³².

Em relação ao pH, no estudo de Poggio *et al*³³, que descobriram que os cimentos BioRoot™ RCS e Totalfill BC Sealer apresentavam um pH alcalino elevado ao longo do tempo ($P < 0,05$); a alcalinidade dos outros cimentos testados era significativamente mais baixa.

A alcalinidade prolongada do cimento biocerâmico coincidiu com o aumento da solubilidade, sobre o qual é apresentado o estudo realizado por Poggio *et al*³³, que compararam a solubilidade e o pH de diferentes cimentos biocerâmicos em canais radiculares *in vitro*, entre os quais BioRoot™ RCS e TotalFill BC Sealer exibiram solubilidade significativamente mais elevada ($P < 0,05$). Todos os restantes cimentos biocerâmicos cumpriram os requisitos de solubilidade da Organização Internacional de Normalização 6876, demonstrando uma perda de peso inferior a 3%.

5.2.8. Características microestruturais

O tamanho e forma das partículas que compõem os cimentos biocerâmicos podem afetar a hidratação, adesão, microporosidade, solubilidade e adsorção de proteínas e podem gerar uma resposta bioativa eficiente. Jiménez-Sánchez *et al*³⁴, em 2020, analisaram as características microestruturais do MTA Repair HP, tanto o precursor do pó como o material no conjunto, para obter informações sobre as relações entre os parâmetros físico-químicos e a funcionalidade do material. A este respeito, os autores salientam as características do material precursor MTA Repair HP de partículas de silicato tricálcico de tamanho nanómetro com elevada relação de aspeto, que proporcionam uma elevada superfície e uma dispersão maximizada do silicato de cálcio e componentes de aluminato de cálcio altamente reativos. A nanoestrutura e formulação do pó precursor MTA Repair HP permite um processo de

hidratação compreendendo estruturas de silicato hidratado, que são muito eficazes na obtenção de um conjunto rápido e uma resposta bioativa eficiente.

5.2.9. Biocompatibilidade e Toxicidade

Os cimentos biocerâmicos são materiais biocompatíveis porque conseguem uma resposta do hospedeiro adequada e vantajosa em aplicações clínicas específicas¹³.

A biocompatibilidade é atribuída à presença de fosfato de cálcio, que é também o principal componente inorgânico dos tecidos duros e permitem a proliferação de fibroblastos e osteoblastos³⁷.

Relativamente à biocompatibilidade e citotoxicidade dos cimentos biocerâmicos, existe um estudo de De Deus *et al*¹², que verificou a biocompatibilidade *in vitro* do iRoot® Plus e o comparou com o White ProRoot MTA, ambos eram compatíveis e não produziam efeitos citotóxicos críticos. Da mesma forma, Modareszadeh *et al*¹⁵, avaliaram a citotoxicidade e a atividade da fosfatase alcalina de um material de reparação radicular biocerâmico, o EndoSequence® (ESRRM) e compararam estas características com as do ProRoot MTA e Geristore (GR), concluindo que o ESRRM reduz a bioatividade e a atividade fosfatase alcalina (ALP) das células estaminais de polpa dentaria; só o GR diminuiu a bioatividade, enquanto o MTA não teve qualquer efeito sobre as células.

Na mesma linha, Güven *et al*¹³, compararam o efeito do agregado de trióxido mineral (MTA) e iROOT SP na viabilidade celular, capacidade de deposição de tecido duro e diferenciação odontogénica das células estaminais de germes dentários humanos (hTGSC), mostrando que induziram a diferenciação do hTGSC em células semelhantes a odontoblastos; contudo, o MTA proporcionaria um potencial mais indutivo e a deposição de tecido duro. Da mesma forma, Sequeira *et al*¹⁴, avaliaram a citotoxicidade e biocompatibilidade do PulpGuard em comparação com o MTA e o Biodentine. As células apicais de papila cultivadas (APC) foram incubadas durante 24, 48 ou 72 h com diferentes diluições de eluatos preparados a partir destes materiais, mostrando que o PulpGuard tinha um bom perfil de citocompatibilidade *in vitro* e não afectava significativamente a proliferação e as taxas de migração das APC. As células cultivadas na presença de eluatos PulpGuard mostraram um perfil semelhante às cultivadas com ProRoot MTA.

Giacomino *et al*¹⁷, também compararam o efeito da biocompatibilidade e potencial osteogénico entre Endosequence BC sealer e ProRoot com Roth, mostrando que tanto EndoSequence como ProRoot eram mais biocompatíveis, promovendo a diferenciação osteoblástica. Além disso, Meneses *et al*¹⁶, no seu estudo *in vitro* investigaram a citotoxicidade e o papel biomodulador dos cones de guta percha convencionais (CGP), cones de guta percha biocerâmica (BC) e cones de polímero CPoint (CP) em células do ligamento periodontal, com o resultado de que o CP era mais citotóxico do que a CGP, enquanto a BC não apresentava citotoxicidade.

6. CONCLUSÃO:

Os cimentos biocerâmicos são biocompatíveis e não produzem uma resposta inflamatória dos tecidos periapicais em contacto com eles. São estáveis, não sofrem contração; pelo contrário, têm expansão e não reabsorvem.

Tem a capacidade de produzir hidroxiapatite durante o processo de endurecimento, gerando uma ligação química entre a dentina e o material de preenchimento.

O pH é muito alcalino tendo assim uma alta atividade antibacteriana. São fáceis de usar o que permite a sua utilização numa seringa pré-misturada.

Tem um tempo de trabalho de aproximadamente três a quatro horas à temperatura ambiente, e é introduzido diretamente no canal.

Os cimentos biocerâmicos têm um futuro muito promissor na sua aplicação para a terapia endodôntica. Embora as suas propriedades sejam um bom indicador para serem um excelente material de obturação, são necessárias mais provas científicas e acompanhamento clínico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sakamoto M, Siqueira JF, Rôças IN, Benno Y. Bacterial reduction and persistence after endodontic treatment procedures. *Oral Microbiol Immunol.* 2007;22(1):19–23.
2. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of Intracanal Bacteria Using Nickel- Titanium Rotary Instrumentation and Various. 1988;(13).
3. Waltimo T, Trope M, Haapasalo M, Ørstavik D. Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. *J Endod.* 2005;31(12):863–6.
4. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: A systematic review and meta-analysis. *J Endod* [Internet]. 2011;37(7):895–902. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.002>
5. Tomson PL, Simon SR. Contemporary cleaning and shaping. *Prim Dent J.* 2016;5(2):46–53.
6. Peng TY, Chen MS, Chen YY, Chen YJ, Chen CY, Fang A, et al. Impact of zr-doped bi2o3 radiopacifier by spray pyrolysis on mineral trioxide aggregate. *Materials (Basel).* 2021;14(2):1–11.
7. Bortoluzzi EA, da Silveira Teixeira C, Broon NJ, Consolaro A, Pinheiro TN, da Fonseca Roberti Garcia L, et al. Tissue response to white mineral aggregate-based cement containing barium sulfate as alternative radiopacifier: A randomized controlled animal study. *Microsc Res Tech.* 2021;84(4):705–11.
8. Ha W, Kahler B, Walsh LJ. Classification and nomenclature of commercial hygroscopic dental cements. *Eur Endod J.* 2017;2(1).
9. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul Med.* 2016;89(4):470–3.
10. Drs A, Koch K, Brave D, Nasseh AA. A review of bioceramic technology in endodontics. *CE Artic Technol.* 2013;10(C):6–13.
11. Mangat P, Azhar S, Rathore G, Masarat F, Yand N, Sah S. Bioceramics in endodontics:

- A review. *Int J Oral Care Res.* 2021;9(2):59.
12. De-Deus G, Canabarro A, Alves GG, Marins JR, Linhares ABR, Granjeiro JM. Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts. *Int Endod J.* 2012;45(6):508–13.
 13. Güven EP, Taşlı PN, Yalvac ME, Sofiev N, Kayahan MB, Sahin F. In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *Int Endod J.* 2013;46(12):1173–82.
 14. Sequeira DB, Seabra CM, Palma PJ, Cardoso AL, Peça J, Santos JM. Effects of a new bioceramic material on human apical papilla cells. *J Funct Biomater.* 2018;9(4):1–14.
 15. Modareszadeh MR, Di Fiore PM, Tipton DA, Salamat N. Cytotoxicity and alkaline phosphatase activity evaluation of endosequence root repair material. *J Endod [Internet].* 2012;38(8):1101–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.014>
 16. Meneses CB, Gambini AF, Olivi LT, Santos M Dos, Sipert CR. Effect of CPoint, EndoSequence BC, and gutta-percha points on viability and gene expression of periodontal ligament fibroblasts. *Eur Endod J.* 2019;4(2):57–61.
 17. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *J Endod [Internet].* 2019;45(1):51–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.007>
 18. Bianco E, Calvelli C, Citterio CL, Pellegatta A, Venino PM, Maddalone M. Evaluation with micro-CT of the canal seal made with two different bioceramic cements: Guttaflow bioseal and bioroot RCS. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(4):359–66.
 19. Ferrari F, Torres E, Pinto JC, Figueira GO, Guerreiro-tanomaru JM. v o i s r n o l a v o i is n o l a v o i is r n o l a. 2021;46(1):1–8.
 20. Del Monaco RJ, de Oliveira MT, de Lima AF, Navarro RS, Zanetti RV, de Fátima Teixeira da Silva D, et al. Influence of Nd:YAG laser on the penetration of a bioceramic root canal sealer into dentinal tubules: A confocal analysis. *PLoS One.* 2018;13(8):1–11.
 21. Candeiro GT de M, Lavor AB, Lima IT de F, Vasconcelos BC de, Gomes NV, Iglecias EF,

- et al. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Braz Oral Res.* 2019;33:1–7.
22. Martinho JP, França S, Paulo S, Paula AB, Coelho AS, Abrantes AM, et al. Effect of different irrigation solutions on the diffusion of mta cement into the root canal dentin. *Materials (Basel).* 2020;13(23):1–10.
 23. Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM. Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *J Endod [Internet].* 2011;37(11):1590–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.008>
 24. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate–based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *J Endod [Internet].* 2018;44(12):1843–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.011>
 25. Khalil WA, Alghamdi F, Aljahdali E. Strengthening effect of bioceramic cement when used to repair simulated internal resorption cavities in endodontically treated teeth. *Dent Med Probl.* 2020;57(2):165–9.
 26. Antunes HS, Gominho LF, Andrade-Junior C V., Dessaune-Neto N, Alves FRF, Rôças IN, et al. Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *Int Endod J.* 2016;49(10):960–5.
 27. Juez M, Ballester ML, Berástegui E. In vitro comparison of apical microleakage by spectrophotometry in simulated apexification using White Mineral Trioxide Aggregate, TotalFill Bioceramic Root Repair material, and BioDentine. *J Conserv Dent.* 2019;22(3):237–40.
 28. Ozkocak I, Sonat B. Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er:YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. *J Endod [Internet].* 2015;41(8):1331–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.004>
 29. Silva EJNL, Ehrhardt IC, Sampaio GC, Cardoso ML, Oliveira D da S, Uzeda MJ, et al. Determining the setting of root canal sealers using an in vivo animal experimental model. *Clin Oral Investig.* 2021;25(4):1899–906.

30. Guo YJ, Du TF, Li HB, Shen Y, Mobuchon C, Hieawy A, et al. Physical properties and hydration behavior of a fast-setting bioceramic endodontic material. *BMC Oral Health* [Internet]. 2016;16(1):1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-016-0184-1>
31. Jiménez-Sánchez M del C, Segura-Egea JJ, Díaz-Cuenca A. MTA HP Repair stimulates in vitro an homogeneous calcium phosphate phase coating deposition. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(4):e322–6.
32. Candeiro GTDM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2012;38(6):842–5.
33. Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrocola G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(10):e1189–94.
34. Jiménez-Sánchez MC, Segura-Egea JJ, Díaz-Cuenca A. A microstructure insight of MTA repair HP of rapid setting capacity and bioactive response. *Materials (Basel)*. 2020;13(7):1–11.
35. Al-Haddad A, Aziz ZACA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater*. 2016;2016.
36. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. The Biomineralization Ability of Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement on Dentin Enhances the Push-out Strength. *J Endod* [Internet]. 2010;36(2):286–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.009>
37. Huang X, Lin J, Parhar M, Shen Y, Haapasalo M, Wei X. Clinical use of bioceramic materials. *Endod Top* [Internet]. 2015;32(1):97–117. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih>.
38. BILLIS G, CHONG B. The influence of root-end filling material on the outcome of apical surgery. *ENDO - Endod Pract Today*. 2019;13(1):9–19.
39. Tran D, He J, Glickman GN, Woodmansey KF. Comparative analysis of calcium silicate-based root filling materials using an open apex model. *J Endod* [Internet].

2016;42(4):654–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.01.015>

40. Estrela C, Decurcio D de A, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges ÁH. Root perforations: A review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res.* 2018;32(October):133–46.
41. Lacey S, Pitt Ford TR, Watson TF, Sherriff M. A study of the rheological properties of endodontic sealers. *Int Endod J.* 2005;38(8):499–504.
42. ORSTAVIK D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Top.* 2005;12(1):25–38.

ANEXOS:

Fluxograma

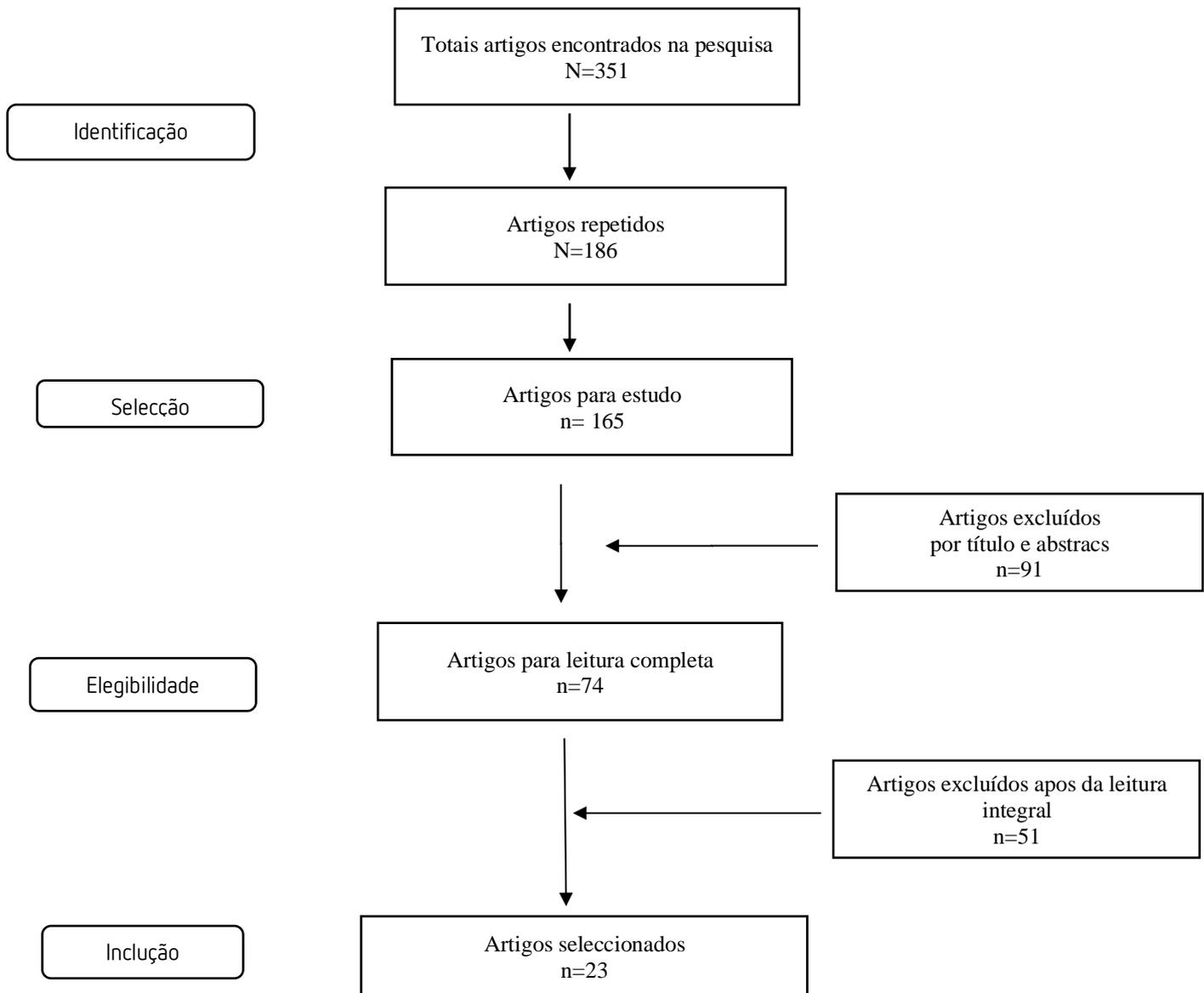




TABELA 1:

Autor/año	Tipo de estudio	Título	Objetivo	Resultados	Conclusiones
De-Deus G, Canabarro A, Alves GG, Marins JR, Linhares ABR, Granjeiro JM, 2012 ¹²	Clinical trial	Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.02003.x	Verificar a biocompatibilidade e in vitro da IRoot BP Plus (iRoot) e compará-la com a MTA (MTA) WhiteProRoot MTA (MTA).	As células expostas à MTA revelaram um padrão de citocompatibilidade semelhante ao das células não tratadas (controlo negativo), em ambos os pontos do tempo experimental ($P > 0,05$). iRoot, contudo, promoveu uma viabilidade significativamente inferior à da MTA e do controlo, após 48 h de exposição ($P < 0,001$). Contudo, iRoot não induziu efeitos citotóxicos críticos porque a viabilidade celular permaneceu acima dos 70% do grupo de controlo na maioria dos testes realizados.	iRoot e MTA eram biocompatíveis e não induziam efeitos citotóxicos críticos.
Güven EP, Taşlı PN, Yalvac ME, Sofiev N, Kayahan MB, Sahin F, 2013 ¹³	Estudo comparativo <i>In vitro</i>	<i>In vitro</i> comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. doi: 10.1111/iej.12115 . Epub 2013 Apr 26.	Para comparar o efeito do agregado de trióxido mineral (MTA) e do iRoot SP, um cimento de canal radicular biocerâmico, na viabilidade celular, capacidade de deposição de tecido duro e diferenciação odontogénica das células estaminais de germe dentários humanos (hTGSC).	O cimento biocerâmico endodôntico mostrou uma radiopacidade significativamente menor (3,84 mm Al) do que o AH Plus (6,90 mm Al). A análise do pH mostrou que o EndoSequence BC Sealer exibiu uma libertação de pH e ca (2+) superior à do AH Plus ($P < 0,05$) durante os períodos experimentais. O teste de fluxo revelou que o BC Sealer e o AH Plus mostraram um caudal de 26,96 mm e 21,17 mm, respetivamente ($P < 0,05$).	A MTA e iRoot SP induziram a diferenciação hTGSC em células estaminais da polpa dental, mas a MTA poderia fornecer mais potencial indutivo e deposição de tecido duro em comparação com iRoot SP
Sequeira DB, Seabra CM, Palma PJ, Cardoso AL, Peça J, Santos JM, 2018 ¹⁴	Estudio comparativo	Effects of a New Bioceramic Material on Human Apical Papilla Cells. J Funct Biomater. doi: 10.3390/jfb9040074.	Para avaliar a biocompatibilidade e citotoxicidade de um novo biomaterial endodôntico, PulpGuard, em comparação com dois outros biomateriais amplamente utilizados em procedimentos endodônticos,	Las células incubadas en presencia de eluatos extraídos de ProRoot MTA y PulpGuard mostraron tasas de viabilidad comparables a las de las células de control; en cambio, los eluatos de Biodentin sin diluir indujeron una reducción significativa de la viabilidad celular. El ensayo de cicatrización de heridas	PulpGuard mostrou um bom perfil de biocompatibilidade in vitro e não afectou significativamente a proliferação de APC e as taxas de migração. As células cultivadas na presença de eluatos PulpGuard mostraram um perfil semelhante aos cultivados com os eluatos de cimento endodôntico ProRoot MTA amplamente utilizados.

			ProRoot Mineral Trioxide Aggregate (MTA) e Biodentine.	reveló que los eluidos de ProRoot MTA y PulpGuard permitían la migración y proliferación celular sin obstáculos. Se observó adherencia celular en la superficie de todos los materiales probados. En consonancia con su composición divulgada, el análisis EDS encontró una alta abundancia relativa de calcio en Biodentine y ProRoot MTA y una alta abundancia de silicio en PulpGuard. También había cantidades significativas de zinc y calcio en los discos PulpGuard. En términos de solubilidad, Biodentine y ProRoot MTA mostraron una ligera pérdida de peso tras la extracción del eluato.	
Modareszadeh MR, DiFiore PM, Tipton DA, Salamat N. 2012 ¹⁵	Clinical Trial In vitro	Cytotoxicity and alkaline phosphatase activity evaluation of EndoSequence root repair material. Doi: 10.1016/j.joen.2012.04.014	Avaliar a citotoxicidade e a atividade da fosfatase alcalina (ALP) de um novo material de reparação de raízes. Nomes de marcas: EndoSequence RootRepair Material (ESRRM; Brasseler USA, Savannah, GA) e; -Comparar estas características com as da ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) e Geristore (GR; Den-Mat LLC, Santa Maria, CA).	-A bioatividade celular, bem como a atividade ALP, diminuiu significativamente após a exposição ao eluato ESRRM em quase todos os períodos de tempo tanto a 100% como a 50%, com exceção da atividade ALP no dia 1 eluato ESRRM a 50% de concentração. A MTA não alterou a bioatividade ou a atividade ALP das células; -RM eluatos a 100% de concentração reduzem a bioatividade nos dias 1 e 3, enquanto que os eluatos RBC a 50% de concentração afetam as células apenas no dia 1. -Nenhum dos eluatos de RBC teve qualquer efeito sobre a atividade ALP das células.	Concluiu-se que a eluição de ESRRM de todos os períodos de tempo reduziu geralmente a bioatividade e a atividade ALP das células semelhantes ao osteoblasto. Só a GR reduziu a bioatividade, enquanto que a MTA não teve qualquer efeito sobre as células.
Meneses CB, Gambini AF, Olivi LT, Santos MD, Sipert CR, 2019 ¹⁶	Ensayo comparativo <i>In vitro</i>	Effect of CPoint, EndoSequence BC, and Gutta-percha Points on Viability and Gene Expression of Periodontal Ligament	Investigar o potencial citotóxico e biomodulador dos pontos de gutta-percha convencionais (CGP), dos pontos de gutta-percha	Foram encontrados extratos puros de CGP e CP como sendo citotóxicos para PDL (P <0,01). Uma vez diluído a 1:5, apenas o PC mostrou citotoxicidade. BC não afetou a viabilidade celular em	O CP foi considerado mais citotóxico do que o CGP, enquanto que o BC não mostrou citotoxicidade. Os cones testados não afetaram a expressão do gene COL-1, enquanto que o CGP regulou positivamente o CEMP-1. Os nossos resultados sugerem



		Fibroblasts. doi: 10.14744/eej.2019.7404.	contendo biocerâmica (BC) e dos pontos de polímero CPoint (CP) em células do ligamento periodontal (PDL) in vitro.	nenhuma amostra de extrato. Nenhum extrato alterou significativamente a expressão do gene COL-1. Para o CEMP-1, foi observado um aumento significativo na expressão genética apenas para o CGP (P <0,05).	que os componentes do ponto de obtenção podem afetar as respostas biológicas dos fibroblastos PDL.
Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. 2019 ¹⁷	Estudo comparativo	Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. doi: 10.1016/j.joen.2018.08.007.	Para comparar o efeito da biocompatibilidade e o potencial osteogénico entre EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA) e ProRoot ES (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN) com Roth (RothInternational),	Ambos os cimentos biocerâmicos têm uma excelente biocompatibilidade, mesmo em concentrações elevadas. Em contraste, a morte celular foi detetada quando Roth e AH Plus foram utilizados em concentrações 100 vezes inferiores às dos grupos biocerâmicos. É importante notar que ambos os cimentos biocerâmicos melhoraram significativamente a diferenciação osteoblástica, embora tenham sido observadas maiores respostas com EndoSequence BC Sealer. Isto foi evidenciado pelo aumento da expressão do DMP-1, uma forte regulação da expressão do gene marcador osteogénico e uma deposição mineral superior. A diferenciação e função dos osteoblastos foram significativamente prejudicadas quando se utilizou o cimento Roth ou AH Plus.	EndoSequence BC Sealer e ProRoot ES eram significativamente mais biocompatíveis e promoviam a diferenciação osteoblástica, uma bioatividade não encontrada nos cimentos AH Plus e Roth.
Bianco E, Calvelli C, Citterio CL, Pellegatta A, Venino PM, Maddalone M. 2020 ¹⁸	Ensayo clínico	Evaluation with Micro-CT of the Canal Seal Made with Two Different Bioceramic Cements: GuttaFlow Bioseal and BioRoot RCS	Investigar a qualidade dos selos de canais radiculares obtidos através da comparação de dois cimentos biocerâmicos, GuttaFlow bioseal e BioRoot RCS, concentrando-se na presença de vazios criados durante o	Não foram observadas diferenças significativas na quantidade de guttapercha em comparação com o volume formado entre o grupo GuttaFlow e BioRoot RCS bioseal. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em termos de vazios.	Os dados obtidos deste estudo levaram à conclusão de que as amostras preenchidas com GuttaFlow bioseal e BioRoot RCS têm uma capacidade de selamento semelhante, uma vez que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. Nenhuma das amostras mostrou a ausência de vazios dentro do preenchimento do canal radicular.



			procedimento de preenchimento do canal.		
Torres FFE, Pinto JC, Figueira GO, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, 2020 ¹⁹	Estudio comparativo	A micro-computed tomographic study using a novel test model to assess the filling ability and volumetric changes of bioceramic root repair materials. doi: 10.5395/rde.2021.46. e2.	Avaliar a capacidade de preenchimento e alterações volumétricas de materiais de reparação à base de silicato de cálcio (MTA HP Aggregate Repair e Bio-C Repair, Angelus) em comparação com um material à base de óxido de zinco e eugenol (Intermediate Restorative Material [IRM]; Dentsply DeTrey).	A Bio-C Repair tinha uma capacidade de preenchimento superior à MTA HP ($p < 0,05$). O IRM era semelhante ao Bio-C e MTA HP ($p > 0,05$). MTA HP teve a maior alteração volumétrica ($p < 0,05$), mostrando mais perda de volume do que Bio-C e IRM, que foram semelhantes ($p > 0,05$).	O Bio-C Repair é um novo material endodôntico com excelente capacidade de pre - preenchimento e baixa alteração volumétrica. O modelo de gesso proposto para avaliar a capacidade de preenchimento e as alterações volumétricas por micro-CT teve resultados apropriados e reprodutíveis. Este modelo pode melhorar a avaliação físico-química dos materiais biocerâmicos pré-misturados, que necessitam de humidade para se fixarem.
Jardim Del Monaco R, Tavares de Oliveira M, Lima AFD, Scarparo Navarro R, Zanetti RV, de Fátima Teixeira da Silva D, <i>et al</i> , 2018 ²⁰	Ensayo clínico	Influence of Nd: YAG laser on the penetration of a bioceramic root canal sealer into dentinal tubules: A confocal analysis. doi: org/10.1371/journal.pone.0202295	Para avaliar a penetração de um cimento de canal radicular biocerâmico nos túbulos dentinários a 3 mm e 5 mm do ápice após irradiação laser Nd: YAG.	A análise de penetração mostrou que o cimento biocerâmico tinha uma penetração a profundidades de 3 e 5 mm superior à do cimento de controlo, independentemente da utilização do laser ($p < 0,05$). A análise do perímetro mostrou que não havia diferença entre os dois cimentos a uma profundidade de 3 mm ($p < 0,05$), independentemente da utilização do laser. A uma profundidade de 5 mm, o cimento biocerâmico e o laser mostraram um perímetro de penetração maior ($p < 0,05$) do que o cimento de controlo.	A utilização do laser Nd: YAG não comprometeu a penetração do cimento biocerâmico nos túbulos dentinários dos canais radiculares a 3 mm e 5 mm do ápice.
Candeiro GTM, Lavor AB, Lima ITF, Vasconcelos BC, Gomes NV, Iglecias EF, Gavini G. 2019 ²¹	Estudio comparativo	Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. doi: 10.1590/1807-07bor-2019.vol33.0049.	Para avaliar a capacidade de penetração de dois cimentos endodônticos, Endosequence BC Sealer e AH Plus, em canais laterais artificiais.	Não foram observadas diferenças significativas entre os dois cimentos endodônticos utilizados para preencher os canais laterais simulados ($p > 0,05$). O diâmetro dos canais laterais apenas influenciou a capacidade da Endosequence BC Sealer para encher os canais, com maior penetração nos canais	Endosequence BC Sealer bioceramic endodontic cement exhibe uma capacidade semelhante ao AH Plus no pre - preenchimento de canais laterais simulados. e mostrou maior penetração em canais laterais de 0,10 mm de diâmetro ($p < 0,05$).



				laterais de 0,10 mm de diâmetro ($p < 0,05$).	
Martinho JP, França S, Paulo S, Paula AB, Coelho AS, Abrantes AM <i>et al</i> , 2020 ²²	Ensaio clínico <i>In vitro</i>	Effect of Different Irrigation Solutions on the Diffusion of MTA Cement into the Root Canal Dentin. doi: 10.3390/ma13235472.	Analisar a infiltração in vitro de um cimento de canal radicular de silicato nos túbulos dentinários após a utilização de diferentes soluções de irrigação endodôntica.	Na secção apical, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no que diz respeito à penetração dos cimentos. Na secção do meio, o Grupo 1 teve a percentagem mais alta e o Grupo 2 a mais baixa ($p = 0,004$). O Grupo 1 também tinha diferenças estatisticamente significativas no Grupo de Controlo ($p = 0,031$) e tinha valores de penetração de cimentos próximos. Entretanto, o Grupo de Controlo ($p = 0,023$) e o Grupo 2 ($p = 0,029$) revelaram uma diminuição significativa da penetração do cimento entre as secções apical e intermédia.	Os resultados obtidos apoiam que a irrigação final com NaOCl promoveu a penetração de cimentos semelhantes nas secções apical e intermédia. Por outro lado, observou-se uma diminuição significativa da penetração do cimento na secção média para os grupos clorexidina e salina. Em comparação com outras soluções irrigantes, NaOCl promove uma penetração mais uniforme do cimento, que pode estar correlacionada com uma melhor vedação e, consequentemente, com um maior sucesso do tratamento endodôntico.
Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM, 2011(23) ²³	Clinical trial	Resistance to Fracture of Roots Obturated with Novel Canal-filling Systems. doi: 10.1016/j.joen.2011.08.008	Avaliar e comparar a resistência à fratura de raízes preenchidas com vários sistemas contemporâneos de preenchimento de canais radiculares	Foi registada uma resistência à fratura significativamente maior tanto para o grupo de controlo negativo ($381,4 \pm 53,2$ N) como para o grupo 1 (cimento iRoot SP/Cone do ActiV GP [$372 \pm 62,9$ N]) sem diferença significativa entre eles, enquanto que o valor foi reportado para o grupo 4 (cimento ActiV GP/Cone do ActiV [$288,3 \pm 30,5$ N]).	O cimento de base biocerâmica (iRoot SP) é um cimento promissor em termos de aumentar a resistência à fratura in vitro das raízes tratadas endodônticamente, particularmente quando acompanhado por cones ActiV GP.
Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K, 2018 ²⁴	Ensaio clínico <i>In vitro</i>	Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. doi: 10.1016/j.joen.2018.08.011	Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM, 2011(23) ²³	-A carga de fratura de BCC / BCS, GP / AH e raízes intactas não foi significativamente diferente, mas significativamente mais elevada do que a das raízes não preparadas. BCC / BCS proporcionou maior força de ligação, profundidade máxima e penetração circunferencial ao nível da raiz apical, bem como maior área de penetração do cimento a todos os níveis em comparação com GP /	BCC / BCS e GP / AH uniram e fortaleceram as raízes preparadas; as suas forças de fratura foram semelhantes às das raízes intactas.



				AH. O MOE de todos os materiais era muito mais baixo do que o da dentina.	
Khalil WA, Alghamdi F, Aljahdali E. 2020 ²⁵	Estudio comparativo	Strengthening effect of bioceramic cement when used to repair simulated internal resorption cavities in endodontically treated teeth. Dent Med doi: 10.17219/dmp/116743.	Avaliar a resistência à fratura dos pré-molares com CRI, GIC, GP ou RRM.	O grupo de controlo mostrou um valor médio de resistência à fratura significativamente mais elevado em comparação com os grupos CKD ($p < 0,05$). Não foi encontrada qualquer diferença significativa entre GIC e RRM, enquanto que o grupo de GP tinha uma resistência à fratura significativamente inferior à de outros grupos de CKD testados ($p < 0,05$). A percentagem de buracos foi significativamente mais elevada no grupo GIC em comparação com os grupos GP e RRM ($p < 0,05$).	O material de reparação radicular EndoSequence fornece mais resistência do que a técnica de GP/sealer quando ambos são utilizados para preencher uma cavidade de reabsorção. A resistência à fratura dos dentes preenchidos com RRM foi próxima da obtida com GIC.
Antunes HS, Gominho LF, Andrade-Junior CV, Dessaune-Neto N, Alves FRF, Rôças IN <i>et al</i> , 2015 ²⁶	Estudio comparativo <i>In vitro</i>	Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. doi:10.1111/iej.12543	Para comparar <i>in vitro</i> a capacidade de obturação dos preenchimentos radiculares com MTA e BC-RRM) Putty utilizando um novo modelo de fuga de nutrientes bacterianos que fornece informação sobre se as bactérias intracanal estão ou não a receber nutrientes do soro através de canais de fuga.	No grupo MTA, 10 de 20 (50%) amostras ainda tinham bactérias viáveis detetáveis nas carcaças (média, $8,97 \times 10^3$ UFC). No grupo BC-RRM putty, 5 de 18 (28%) amostras foram positivas para o crescimento bacteriano (média, $2,88 \times 10^4$ UFC). Não houve diferença significativa ao comparar dados quantitativos ou presença/ausência de grupos de massa de betume MTA e BC-RRM. Os controlos positivos e negativos produziram os resultados esperados.	MTA e BC-RRM Putty tinham uma capacidade de obturação semelhante. O modelo experimental foi eficaz para determinar se as bactérias intracanal residuais poderiam sobreviver recebendo nutrientes do exterior.
Juez M, Ballester ML, Berástegui E, 2019 ²⁷	Ensayo clínico <i>In vitro</i>	<i>In vitro</i> comparison of apical microleakage by spectrophotometry in simulated apexification using White Mineral Trioxide Aggregate, TotalFill Bioceramic Root Repair	Para comparar a capacidade de selamento de vários materiais de preenchimento radicular à base de silicato de cálcio com um modelo de fuga de glicose após preenchimento ortogrado utilizando um modelo de vértice aberto.	Não houve diferenças significativas entre os três grupos experimentais. Os resultados mostraram uma tendência para aumentar as fugas desde o primeiro dia até ao fim do período experimental.	Dentro dos parâmetros deste estudo <i>in vitro</i> , pode concluir-se que os três materiais avaliados apresentam uma microinfiltração apical semelhante no tratamento de dentes com ápices abertos que requerem a colocação de uma barreira apical ortogonal.



		material, and BioDentine. doi: 10.4103/JCD.JC D_19_19.			
Ozkocak I, Sonat B, 2015 ²⁸	Clinical trial	Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er: YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. doi: 10.1016/j.joen.2015.03.004	Avaliar a força de ligação de vários cimentos de canais radiculares após a utilização de várias soluções de irrigação e irradiação laser Er: YAG na dentina dos canais radiculares.	Os cimentos de canais radiculares de resina tinha numa força de ligação mais elevada do que o cimento biocerâmico, e as diferenças eram estatisticamente significativas ($P < .05$) exceto nos grupos de hipoclorito de sódio. As aplicações laser EDTA e Er: YAG removeram a camada de esfregaço e aumentaram a resistência da ligação. A maior aderência foi observada nos grupos EDTA quando cada cimento foi avaliado por si próprio.	A força de ligação dos cimentos de canais radiculares é influenciada pelas suas propriedades e pelos vários tratamentos de superfície dentinária. O estudo do microscópio eletrónico de varrimento mostrou que, embora os túbulos dentinários estivessem sem abertos, no exame do perfil os cimentos não penetravam nos canais dentinários em todas as amostras.
Silva EJNL, Ehrhardt IC, Sampaio GC, Cardoso ML, Oliveira DDS, Uzeda MJ, Calasans-Maia MD, Cavalcante DM, Zuolo ML, De-Deus G, 2021 ²⁹	Ensayoclínico <i>In vitro</i>	Determining the setting of root canal sealers using an in vivo animal experimental model. doi: 10.1007/s00784-020-03496-x.	Apresentar e explorar o potencial de um modelo experimental de base animal desenvolvido para determinar o cimento de canais radiculares fixado in vivo. O ajuste de AH Plus, BioCSealer, TotalFill BC Sealer e Sealapex foi determinado utilizando a ISO 6876 ou o novo método in vivo proposto neste estudo.	Foram obtidos os seguintes resultados in vitro utilizando a metodologia ISO 6876: conjunto AH Plus após um tempo médio de 423 ± 20 min e 476 ± 35 min, em moldes metálicos e de gesso, respetivamente. Os conjuntos BioCSealer após 7 dias (em moldes de pedra dentária), enquanto que TotalFill BC Sealer e Sealapex não se ajustam mesmo após 25 dias em ambas as condições testadas (moldes de metal ou pedra dentária). Usando a nova metodologia in vivo, AH Plus, BioCSealer e TotalFill BC Sealer, definidos após 7 e 30 dias. Em contraste, a Sealapex não se fixou em momento algum.	AH Plus e BioCSealer endurecido in vitro e in vivo. TotalFill BC Sealer não endureceu in vitro, mas endureceu após 1 semana em condições in vivo. A Seal apex não endureceu em nenhuma das condições.
Guo YJ, Du TF, Li HB, Shen Y, Mobuchon C, Hieawy A, Wang ZJ, Yang Y, Ma J, Haapasalo M, 2016 ³⁰	Estudio comparativo	Physical properties and hydration behavior of a fast-setting bioceramic endodontic material. doi: 10.1186/s12903-016-0184-1.	Investigar as propriedades físicas e o comportamento de hidratação do iRoot, iRoot FS e três outros cimentos endodônticos.	iRoot FS teve o tempo de presa mais curto dos quatro cimentos biocerâmicos ($p < 0,001$). Os valores de microdureza de iRoot FS, ERRM Putty e MTA aumentaram a taxas diferentes durante o período de 28 dias. No dia 1, o ERRM Putty tinha a microdureza	O iRoot FS teve um tempo de presa e um processo de hidratação mais rápidos do que os outros cimentos biocerâmicos testados. As propriedades mecânicas do iRoot FS, G-MTA e W-MTA eram relativamente semelhantes.

				<p>mais baixa dos cimentos biocerâmicos ($p < .001$), mas atingiu o mesmo nível do MTA aos 4, 7 e 28 dias. A microdureza do iRoot FS era inferior à do W-MTA aos 7 e 28 dias ($p < .05$). A porosidade dos materiais não mudou após 7 dias ($p < .05$). Os valores de resistência à compressão aos 28 dias foram significativamente mais elevados para todos os grupos biocerâmicos em comparação com aqueles aos 7 dias ($p < .01$). ERRM Putty teve a maior resistência à compressão e a menor porosidade dos cimentos biocerâmicos avaliados ($p < .05$), seguido de iRoot FS, W-MTA e G-MTA, respetivamente. A DSC mostrou que o iRoot FS hidratou-se mais rapidamente, induzindo uma intensa reação exotérmica. A massa de ERRM não mostrou um pico exotérmico claro durante o teste de calorimetria isotérmica.</p>	
<p>Jiménez-Sánchez MDC, Segura-Egea JJ, Díaz-Cuenca, 2019³¹</p>	<p>Ensayo clínico <i>In vitro</i></p>	<p>A. MTA HP Repair stimulates in vitro an homogeneous calcium phosphate phase coating deposition. doi: 10.4317/jced.55661.</p>	<p>Para estudar a capacidade de mineralização in vitro do material biocerâmico endodôntico MTA HP Repair</p>	<p>O FT-IR mostrou uma formação crescente de bandas de fase de fosfato a 1097, 960, 607 e 570 cm^{-1}, com uma absorção prolongada de SBF. A análise FEG-SEM revela que a HP produz um revestimento superficial eficaz que consiste em agregados de fase esférica homogênea de fosfato com um diâmetro médio de 0,5-1,0 μm. A análise EDX comparando superfícies não tratadas (hidratadas), 24 h e 72 h SBF tratadas de MTA HP Repair revelou deposição de fosfato após 24 h, com um sinal de alta relação fósforo/elemento de silício medido após 24 h, indicando deposição de fase de fosfato muito</p>	<p>O estudo mostra que a MTA HP Repair produz uma resposta bioativa rápida e eficaz in vitro em termos de formação de revestimento de superfície de fosfato de cálcio cristalino. A elevada resposta bioativa da MTA HP Repair torna-a um candidato interessante para o uso endodôntico como cimento de reparação.</p>



				elevada para este material.	
Candeiro GT, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G, 2012 ³²	Estudo comparativo	Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. Doi: 10.1016/j.joen.2012.02.029	Para avaliar as propriedades físico-químicas de um cimento de canais radiculares biocerâmico, EndoSequence BC Sealer. Foram analisados a radiopacidade, pH, libertação e fluxo de iões de cálcio (Ca (2+)) e os resultados comparados com o cimento AH Plus.	O cimento biocerâmico endodôntico mostrou uma radiopacidade significativamente menor (3,84 mm Al) do que o AH Plus (6,90 mm Al). A análise do pH mostrou que o EndoSequence BC Sealer exibiu uma libertação de pH e ca (2+) superior à do AH Plus (P <,05) durante os períodos experimentais. O teste de fluxo revelou que o BC Sealer e o AH Plus mostraram um caudal de 26,96 mm e 21,17 mm, respetivamente (P <,05).	EndoSequence BC Sealer mostrou radiopacidade e fluxo de acordo com as recomendações da ISO 6876/2001. As outras propriedades físico-químicas analisadas mostraram valores favoráveis para um cimento de canal radicular.
Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrocola G, 2017 ³³	Estudo comparativo <i>In vitro</i>	Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. J Clin Exp Dent. doi: 10.4317/jced.54040.	Para comparar a solubilidade e o pH de diferentes cimentos de canais radiculares in vitro.	BioRoot™ RCS e TotalFill BC Sealer mostraram uma solubilidade significativamente maior (P <,05). Todos os restantes cimentos de canais radiculares cumpriram os requisitos de solubilidade da Organização Internacional de Normalização 6876, demonstrando uma perda de peso inferior a 3%. BioRoot™ RCS e Totalfill BC Sealer exibiram um pH alcalino elevado ao longo do tempo (P <,05); a alcalinidade dos outros cimentos testados foi significativamente mais baixa.	A alcalinidade prolongada do cimento biocerâmico coincidiu com o aumento da solubilidade. Isto pode promover os seus efeitos biológicos e antimicrobianos, mas a solubilidade contínua pode afetar a sua capacidade de prevenir fugas apicais.
Jiménez-Sánchez MC, Segura-Egea JJ, Díaz-Cuenca A, 2020 ³⁴	Ensayo clínico	A Microstructure Insight of MTA Repair HP of Rapid Setting Capacity and Bioactive Response. doi: 10.3390/ma13071641.	Analisar as características microestruturais da MTA Repair HP, tanto o precursor do pó como o material do conjunto, para obter informações sobre as relações entre os parâmetros físico-químicos e a funcionalidade do material.	Os resultados apresentados apontam para as características do material precursor MTA Repair HP de partículas de silicato tricálcico de elevada relação de aspeto, de tamanho nanométrico, que proporcionam uma elevada área de superfície e uma dispersão maximizada dos componentes altamente reativos de silicato de cálcio e aluminato de cálcio. A	A análise HRTEM do MTA Repair HP não hidratado revela que as nanopartículas distintivas de alta relação de aspeto exibindo imagens de baixo contraste e morfologia geometricamente regular correspondem à fase de Ca ₃ SiO ₅ . A análise XRD realizada em amostras utilizando diferentes tempos de processo de hidratação correlaciona principalmente a reação de Ca ₃ Al ₂ O ₆ -hidratação com o tempo inicial efetivo de 12 min.

				<p>nanoestrutura e formulação do pó precursor MTA Repair HP permite um processo de hidratação compreendendo estruturas de silicato hidratado, que são muito eficazes na obtenção de um conjunto rápido e uma resposta bioativa eficiente.</p>	
--	--	--	--	---	--

Legenda: Eluatos: Solução do solvente e matéria dissolvente como resultado da eluição. IRoot/SPCS: cimento silicato; GR: reagente dos grupos A1, A2, B e O; ALP: fosfatase alcalina; DSPP, hDPSC, HDPC: células estaminais de polpa dentária; Anti-COL1A anticorpo COL-1: uma IgG monoclonal de rato; PC: cimento com mais aluminato de cálcio e sulfato de cálcio do que MTA; DSPP: dentina sialofosfoproteína; EDTA: ácido etileno diamina tetraacético; Er: YAG: cirúrgico, sólido, laser infravermelho; BC-RRM Putty: EndoSequence BioCeramic RootRepair Material Fast Set; MTA: agregado mineral trióxido; CFU: unidades formadoras de colônias. -W-MTA: MTA branco; G-MTA: MTA cinzento; BioRoot™ RCS: É o mais recente cimento endodôntico baseado em materiais de silicato tricálcico; TotalFill BC Sealer: Cimento biocerâmico altamente radiopaco e hidrofílico, forma hidroxiapatita após da presa e liga-se quimicamente à dentina; GIC: cimento de ionómero de vidro; AH26 e AH Plus: cimento de resina epóxica; RealSeal SE: cimento de resina metacrilato; MOE: módulo de elasticidade; AH: hidroxiapatite; β-C2S: β-silicato dicálcico; ProRott MTA: MTA silicato tricálcico; Well-Root ST: cimento de canal radicular biocerâmico; hPLSC: células estaminais do ligamento periodontal humano; hTGSC: células estaminais do germe do dente humano; PDGF: factor de crescimento; FGF-2 - crescimento básico de fibroblastos; BIOC - cimento de canal radicular biocerâmico pré-misturado; PSB - resistência de ligação push-out; RCS - cimento de canal radicular; MTA HP; MTA HP Repair - trióxido mineral de alta plasticidade; IRM - material restaurador intermédio de óxido de eugenol-zinco; IRC - cavidades internas de reabsorção radicular; GP - gutta percha; RRM: EndoSequence® RootRepairMaterialTM; VEGFA, FIGF: factor de crescimento angiogénico; MTA-HP: Mineral Trioxide Angelus; BMP-2: proteína-2 morfogenética óssea; PulpGuard: cimento biocerâmico com boa citocompatibilidade; Biodentine: cimento à base de silicato de cálcio; Quick-Set2: Avalon BiomedInc; NeoMTA: Biomed's Avalon Plus Avalon Repair Cement; Proroot: um pó contendo partículas hidrofílicas finas que se fixam na presença de humidade; RelyX™ ARC: Cimento Adesivo de Resina; Nd:YAG laser :lasers de neodímio que são bombeados opticamente utilizando díodos laser; EndoSequence BC Sealer: antibacteriano durante a o tempo de presa devido ao seu pH altamente alcalino; AH Plus: hidroxiapatita reforçada; BCC: cimento de cobre preto; NeoMTA Plus: material de tratamento de raízes e polpa é um sistema pó/gel livre de resina; CPoint: cimento biocerâmico radiopaco obturador; EndoSequence BC: cimento biocerâmico de raiz antibacteriana; CGP: cimento biocerâmico; CEMP-1: produção e caracterização de uma proteína de cimento recombinante; NMR: espectro de ressonância magnética nuclear; MCL: cimento de cadeia de alumínio silicato; CSH: hidratos de silicato de cálcio; HUVEC: células endoteliais da veia umbilical humana; NaOCl: cloreto de sódio; P-BC PBS AH e P-AH: são uma alternativa ao MTA em cirurgia endodôntica na região coronal; AH-Plus: é uma pasta/pasta de dois componentes para selar o canal radicular; NAP: cimento dentário à base de resina; EDTA: irrigador Intra canal; , MTAD: irrigador Intra canal com 17% EDTA; HRTEM: microscopia eletrónica de transmissão de alta resolução; Bio-C Repair: cimento de reparação biocerâmica, Ângelus.

Fig. 1



Apresentação clínica TotalFill Bioceramic Root Repair

Fonte: <https://www.fkg.ch/es/productos/endodoncia/obturaci%C3%B3n/totalfill>



Apresentação clínica TotalFill BC Sealer

Fonte: <https://www.fkg.ch/es/productos/endodoncia/obturaci%C3%B3n/totalfill>



Apresentação clínica TotalFill® BC RRM

Fonte: <https://www.dental-addict.be/fr/scellement-definitif/16111821-totalfill-bc-rrm-le-putty-fast-set.html>

Fig. 2



Apresentação clínica EndoSequence® Root Repair Material RRM™ (Brasseler USA, Savannah, USA)

Fonte: <https://optident.co.uk/product/endosequence-root-repair-material-3g-putty-jar/>

Fig. 3



Apresentação clínica de ProRoot® MTA branco (WMTA) e cinzento (GMTA).

Fonte: <https://pocketdentistry.com/wp-content/uploads/285/c02f00213.jpg>

Fig. 4



Apresentação clínica Biodentine™

Fonte: <https://www.dontalia.com/biodentine-5-capsules.html>

Fig. 5



Apresentação clínica BIO-C® REPAIR

Fonte: <https://angelus.ind.br/produto/bio-c-repair/>

Fig. 6



Apresentação clínica BIO-C® SEALER

Fonte: <https://angelus.ind.br/produto/bio-c-sealer/?lang=es>

Fig. 7



Apresentação clínica iRoot SP

Fonte: <https://www.amazon.com/-/es/Dental-iRoot-SP-inyectable-tecnolog%C3%ADa-biocer%C3%A1mica/dp/B07NC8WN4V>

Fig. 8



Apresentação clínica BioRoot™ RCS

Fonte: <https://www.ebay.com/itm/402660597838>