



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Eficácia do Biodentine na manutenção da vitalidade pulpar – Revisão Sistemática

Clique ou toque aqui para introduzir texto.

Anissa Benmattih

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

Gandra, 15 de maio de 2022



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Anissa Benmattih

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

Eficácia do Biodentine na manutenção da vitalidade pulpar – Revisão Sistemática

Trabalho realizado sob a Orientação de "Prof. Doutor Paulo Miller"

Declaração de Integridade

Eu, 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.



DEDICATORIA

Dedico esta dissertação à minha mãe, que se esforçou pelo meu sucesso, através do seu apoio, de todos os sacrifícios que fez e dos seus preciosos conselhos, por toda a sua assistência e presença.

Aquela que sempre me empurrou para o melhor e me motivou nos meus estudos, receba através deste trabalho, a expressão da minha profunda e eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio inabalável e a paciência ao longo do meu percurso académico; vocês proporcionaram-me um modelo de trabalho e de perseverança.

Aos meus irmãos, Adel e Adam; vocês são uma fonte imparável de motivação.

À minha professora, Isabel Vasconcelos de todo o coração, obrigada para toda a sua ajuda. A sua paixão, a sua qualidade de ensino, e a sua disponibilidade são inspiradoras.

A todos os meus amigos do Porto que me deram alegrias e gargalhadas durante todos estes anos. Ao H e BM pela vossa gentileza, pelo apoio e gargalhadas durante estes anos de estudo.

Ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Miller e ao Professor António Ferraz pela sua ajuda e pelo seu investimento.

RESUMO

Introdução: A manutenção da vitalidade pulpar é essencial para preservar o estado de saúde do dente a longo prazo e sua posição final na arcada durante a vida útil esperada do dente. Um dos fatores que estão associados ao sucesso da terapia pulpar vital é a aplicação do material ideal. Alguns materiais podem modular o equilíbrio entre a inflamação e regeneração do tecido. Foi demonstrado que os cimentos à base de silicato de cálcio como o *Biodentine* têm um potencial significativo de regeneração. Atualmente, existem varios biocerâmicos pré-misturados disponíveis, com semelhanças químicas, mas diferentes nomes comerciais tais como: “*iRoot BP/Bioagreggate, EndoSequence root repair e TotalFill BC Repair*”.

Objetivos: Perceber se o uso do Biodentine nos procedimentos de terapia pulpar vital, fomenta a preservação da vitalidade pulpar, bem como, qual o seu posicionamento face a outros cimentos à base de silicato de cálcio mais atuais.

Materiais e métodos: Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados Pubmed, considerando artigos publicados em inglês entre 2012 e 2022, utilizando as seguintes palavras-chave: «Biodentine”, “tricalcium silicate”, “conservative treatment”, “dental pulp exposure”, “vital pulp treatment”, “vital pulp therapy”.

Conclusão: O Biodentine é eficaz na manutenção da vitalidade pulpar no entanto os novos cimentos biocerâmicos pré-misturados podem ser uma solução alternativa ao Biodentine na manutenção da vitalidade pulpar.

PALAVRAS-CHAVE – “Biodentine, tricalcium silicate, conservative treatment, dental pulp exposure, vital pulp treatment, vital pulp therapy.”

ABSTRACT

Background: Maintaining pulp vitality is essential to preserve the long-term health status of the tooth and its final position in the arch during the expected lifetime of the tooth. One of the factors that are associated with the success of vital pulp therapy is the application of the optimal material. Some materials can modulate the balance between inflammation and tissue regeneration. Calcium silicate cements such as Biodentine have been shown to have significant regenerative potential. Currently, there are several premixed bioceramics available, with chemical similarities but different commercial names such as "iRoot BP/Bioagregate, EndoSequence root repair and TotalFill BC Repair".

Objectives: To understand if the use of Biodentine in vital pulp therapy procedures promotes the preservation of pulp vitality, as well as, what is its position compared to other more current calcium silicate cements.

Material and methods: A bibliographic search was carried out in the Pubmed database, considering articles published in English between 2012 and 2022, using the following keywords: « Biodentine”, “tricalcium silicate”, “conservative treatment”, “dental pulp exposure”, “vital pulp treatment”, “vital pulp therapy”.

Conclusion: Biodentine is effective in maintaining pulp vitality but new premixed bioceramics can be an alternative solution to Biodentine in maintaining pulp vitality.

KEY WORDS - “Biodentine, tricalcium silicate, conservative treatment, dental pulp exposure, vital pulp treatment, vital pulp therapy.”

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	3
4. RESULTADOS	6
5. DISCUSSÃO	22
5.1 Propriedades físicas	22
5.1.1 Tempo de presa	22
5.1.2 Libertação de íons cálcio	23
5.1.3 Manuseamento	25
5.1.4 Micro dureza	25
5.1.5 Resistência a compressão	26
5.1.6 Radiopacidade	28
5.1.7 Cor	29
5.2 Propriedades químicas	31
5.2.1 Adesão	31
5.3 Propriedades biológicas	33
5.3.1 Vias de sinalização	33
5.3.2 Migração celular	34
5.3.3 Biocompatibilidade e citotoxicidade	35
5.4 Sucesso clínico	36
5.4.1 Regeneração pulpar	36
5.4.2 Dor pós-operatória	38
5.6 Limites do Biodentine	39
6. CONCLUSÕES	41

Lista de abreviaturas

BD: *Biodentine*

MTA: *Mineral Trióxido Agregate*

BA: *Bioagregate*

BC: *Bioceramics : Endosequence RRM / Total Fill BC Repair*

ERRM: *Endosequence Root Repair Material*

WMTA: *White MTA = MTA-Angelus = MTA Branco*

GMTA: *Grey MTA*

IRM: *Intermediate Restorative Material*

TDMH: *Treated Dentin Matrix Hydrogel*

VEGF: *Vascular Endothelial Growth Factor*

TGF-B1: *Transforming Growth Factor Beta 1*

TCS: *Prototype Radiopacified Tricalcium Silicate Cement*

Ca²⁺: *Cálcio*

Índice de figuras:

Figura 1: Fluxograma PRISMA de pesquisa bibliográfica 5

Índice de tabelas

Tabela 1: Dados relevantes recolhidos a partir dos estudos recuperados..... 7

1. INTRODUÇÃO

A polpa dentária, envolvida por uma camada protetora de dentina, oferece suporte à vitalidade do dente através de fatores essenciais via foramen apical e desempenha um papel fundamental na manutenção do dente. ⁽¹⁾

Embriologicamente, histologicamente e funcionalmente, a dentina e a polpa são iguais e são consideradas como um complexo dentina-polpa, por isso a manutenção da vitalidade pulpar é essencial para preservar o dente saudável a longo prazo e manter a sua posição na arcada durante a sua vida útil esperada. ^(2,3)

A lesão de cárie e/ou lesão física iniciam a inflamação da polpa dentária. A inflamação leve ou moderada induz a regeneração da polpa, enquanto a grave e/ou a inflamação crónica danifica a polpa. ⁽³⁾

A opção de tratamento depende da causa e da extensão da destruição do tecido dentário mineralizado. O resultado desse tratamento é determinado pela avaliação precisa do estado da polpa e da capacidade do Médico Dentista de prever o sucesso da terapia. ^(3,4)

Um dos fatores que estão associados ao sucesso da terapia pulpar vital é a utilização dos materiais ideais. Alguns materiais podem modular o equilíbrio entre a inflamação e regeneração do tecido. Foi demonstrado que os cimentos à base de silicato de cálcio como o Biodentine (Septodont Saint Maur des Fosses, França) têm um potencial significativo de estimular a regeneração. Biodentine foi capaz de mudar o equilíbrio da inflamação para a regeneração. ^(4,5)

Durante vários anos, os cimentos à base de silicato de cálcio provaram ser muito úteis em situações clínicas que requerem uma abordagem conservadora. A sua biocompatibilidade e a sua capacidade de regenerar tecidos dentários estão comprovadas. ⁽⁵⁾

O Biodentine é um dos cimentos mais frequentemente usado. É um cimento restaurador bioativo à base de silicato de cálcio com propriedades mecânicas semelhantes à dentina, que pode ser usado como substituto da dentina. ^(5,6,7)

Este material apresenta-se na formulação de um pó e um líquido. O pó contém silicato tricálcico e dicálcico (3CaO SiO_2 e 2CaO SiO_2), carbonato de cálcio (CaCO_3), dióxido de zircónio (ZrO_2) e óxido de ferro.

O líquido contém cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que é usado como acelerador de presa e agente redutor de água numa solução aquosa com uma mistura de policarboxilato (agente superplastificante). ⁽⁷⁾

Prepara-se colocando cinco gotas de líquido numa tampa contendo o pó sendo depois misturada usando um amalgamador por 30 s. ⁽⁷⁾

O BD pode ser aplicado diretamente como substituto da dentina na cavidade com uma espátula e um plugger sem qualquer pré-tratamento de condicionamento, e tem um tempo de presa de aproximadamente 12 min. ^(7,8,9)

Atualmente, existem materiais biocerâmicos pré-misturados disponíveis, com semelhanças químicas, mas diferentes nomes comerciais como o Bioaggregate/iRoot BP, o EndoSequence root repair e TotalFill BC Repair. Estes biocerâmicos são semelhantes ao Biodentine em composição química (silicatos de cálcio, óxido de zircónio, óxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e cargas). ^(10,11,12,13)

A escolha deste tema baseou-se na abordagem comparativa do Biodentine em relação a outros materiais biocerâmicos mais recentes, compreender e comparar as propriedades e características mais gerais, e de que forma se enquadram para preservar a vitalidade pulpar.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é, através de uma revisão sistemática, perceber se o uso do Biodentine nos procedimentos de terapia pulpar vital, fomenta a preservação da vitalidade pulpar, bem como, qual o seu posicionamento face a outros cimentos à base de silicato de cálcio mais atuais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

- **Tipo de estudo:** Revisão sistemática

- **Pergunta(s) de Pesquisa:**

PICo (estudos qualitativos):

A revisão sistemática seguiu o protocolo PRISMA.

Definição da pergunta/questão PICO da revisão integrativa.

“O Biodentine pode ser um biomaterial eficiente num tratamento conservador da vitalidade pulpar?”

A pergunta PICO responde aos seguintes critérios:

- **População:** Pacientes com diagnóstico de pulpíte;
- **Interesse:** Eficácia do uso do Biodentine;
- **Contexto:** Medicina dentaria, tratamentos conservadores.

- **Critérios de elegibilidade:**

- Critérios de inclusão: artigos dos últimos 10 anos, escritos em inglês, estudos de coorte prospetivos, casos clínicos, ensaios clínicos randomizados e artigos que abordam os materiais que permitem a manutenção da vitalidade pulpar.

- Critérios de exclusão: artigos repetidos, não relacionado com o tema do trabalho, e com acessibilidade de dados incompleta e insuficiente, revisões.

- Metodologia de pesquisa bibliográfica:

- **Palavras Chave:** “Biodentine, tricalcium silicate, conservative treatment, dental pulp exposure, vital pulp treatment, vital pulp therapy”

Expressão de pesquisa avançada :

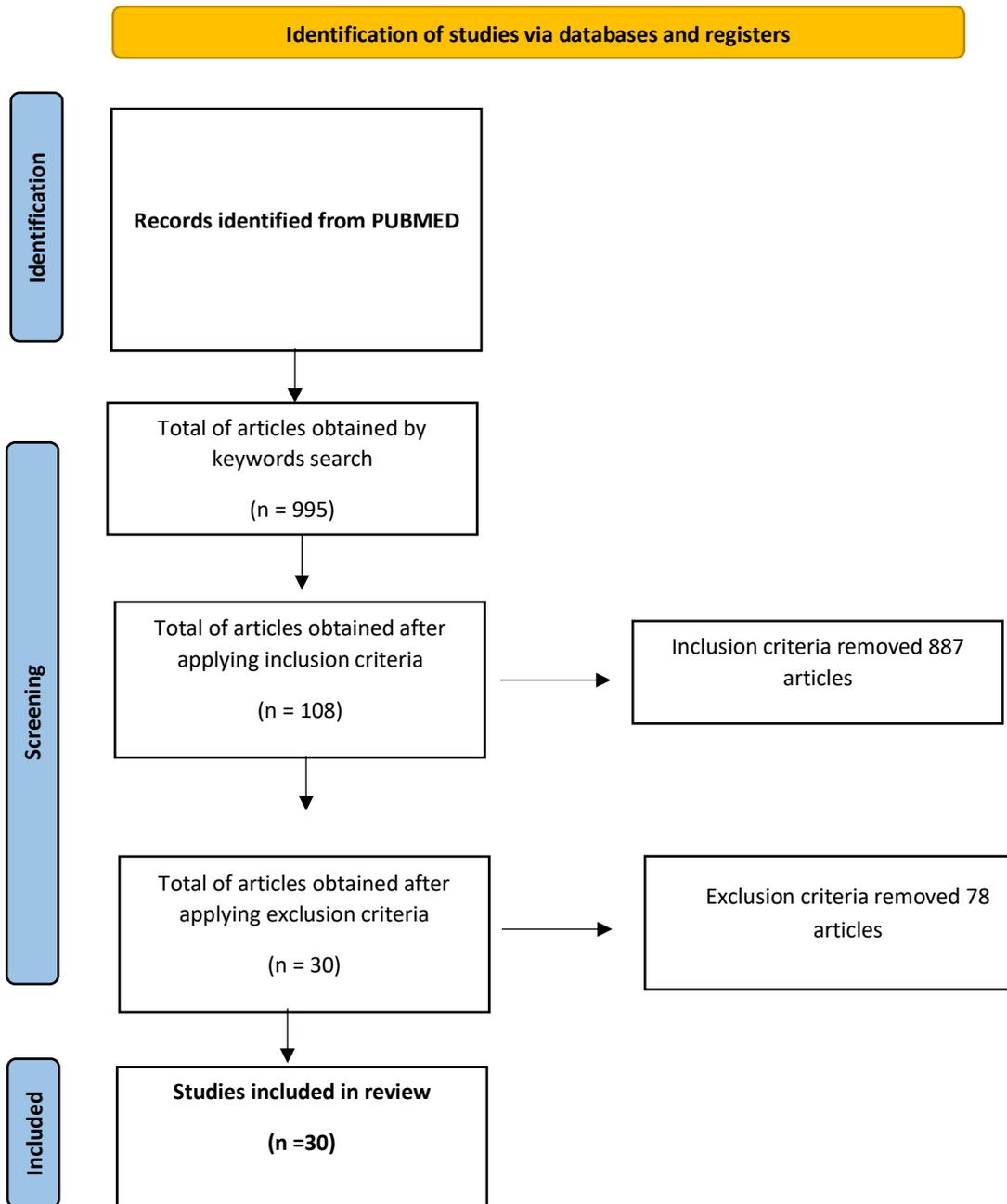
A estratégia de busca foi efetuada através de uma pesquisa implementada na base de dados da PubMed em Março de 2022, no modo de pesquisa avançada.

Foram usadas as palavras-chave e combinações: ((Biodentine) AND (vital pulp treatment)) OR (Biodentine) AND (conservative treatment [MeSH Terms]) OR (Biodentine) AND (vital pulp therapy) OR (Biodentine) AND (dental pulp exposure [MeSH Terms]) OR (Biodentine) OR (tricalcium silicate)

Foi utilizado o software de gestão de referências ZOTERO para a correta organização das citações.

Os artigos selecionados foram lidos e avaliados individualmente.

Figura 1: Fluxograma PRISMA de pesquisa bibliográfica



From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

4. RESULTADOS

A pesquisa bibliográfica identificou um total de 995 artigos na base de dados PubMed:

Numa primeira seleção, foram excluídos 887 artigos pois não se enquadravam de acordo com os critérios de inclusão.

Dos 108 artigos potencialmente relevantes, foram excluídos 78 artigos pois não se enquadravam de acordo com os critérios de exclusão.

Sendo assim, 30 estudos foram considerados relevantes para este trabalho após a remoção dos duplicados e leitura dos resumos e foram incluídos nesta revisão.

- A primeira etapa (fase I) permitiu incluir 108 artigos de acordo com os critérios de inclusão.
- A segunda etapa (fase II) permitiu incluir 43 artigos de acordo com os critérios de exclusão, esta etapa consistiu em avaliar os resumos dos artigos, segundo os critérios de elegibilidade na análise do resumo, o que permitiu ainda excluir uma parte dos artigos não pertinentes (5 artigos indisponíveis com leitura integral).
- Durante a segunda etapa também, os artigos pré-selecionados foram lidos e analisados individualmente em função dos objetivos deste estudo: foram excluídos 4 artigos que não abordavam o Biodentine estudado neste trabalho, 2 artigos não pertinentes para o tema do nosso trabalho, 32 artigos foram considerados elegíveis para este estudo, mas só 30 artigos tinham dados estatísticos. Como tal, foram considerados só esses últimos.

Tabela 1: Dados relevantes recolhidos a partir dos estudos recuperados

Estudo	Título	Objetivo	Amostra	Resultados	Conclusão
Sahin et al. (2021) ⁽⁵⁾ <i>The journal Clinical Oral Investigations</i>	« Clinical, radiographic, and histological evaluation of three different pulp-capping materials in indirect pulp treatment of primary teeth: a randomized clinical trial. »	Avaliar o sucesso clínico, radiográfico e histopatológico de três diferentes materiais de proteção pulpar numa fase de tratamento de proteção pulpar indireto dos dentes primários.	109 pacientes Idade : entre 5-9 anos Dentes decíduos com caries profundas Sintomas de pulpite reversível. Três grupos: (I) hidróxido de cálcio (Dycal) (grupo de controlo) (n = 36) (II) silicato tricálcico (Biodentine) (n = 37) (III) silicato tricálcico à base de resina (TheraCal LC)	A 24 meses; sucesso clínico e radiográfico para Dycal, Biodentine, e TheraCal LC :100%, 100%, e 93,3%, respectivamente, e não relatou diferença significativa entre os grupos (p > 0,05). O grupo TheraCal LC foi estatisticamente mal sucedido quando comparado com os outros grupos relativamente à integridade da camada odontoblástica, da gravidade da pulpite, e de outras alterações pulpares no exame histológico (p < 0,05)	A proteção pulpar indireta mostrou altas taxas de sucesso clínico e radiográfico no tratamento dos dentes primários, independentemente do material de proteção pulpar escolhido. O exame histológico indicou que o estado da polpa foi afetado pelo material de proteção escolhido, especialmente quando foi selecionado um material contendo resina, como o TheraCal LC
Parikh et al. (2021) ⁽⁶⁾ <i>Journal of Conservative Dentistry</i>	« Comparative evaluation of biodentine and endosequence root repair material as direct pulp capping material: A clinical study. »	Avaliar clinicamente o Biodentine e endosequência (ERRM) como material de proteção pulpar direta em intervalos de 3 meses, 6 meses e 12 meses.	60 dentes permanentes posterior com caries profundas sem sinais de pulpite irreversível <u>2 grupos:</u> I: Biodentine (n=30) II: ERRM (n=30) Dor avaliada durante 7 dias.	Sucesso a 12 meses: Biodentine:78.60% ERRM: 64.70%	O grupo Biodentine teve um desempenho clínico superior ao do grupo ERRM em todos os intervalos de tempo O Biodentine pode ser usado com sucesso para restaurar os dentes vitais expostos.
Nowicka et al. (2013) ⁽⁷⁾ <i>The Journal of Endodontics</i>	« Response of Human Dental Pulp Capped with Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate. »	Comparar a resposta do complexo dentino-pulpar após a proteção pulpar direta com o Biodentine ou o MTA.	28 molares permanentes superiores e inferiores sem caries programadas para extração por razões ortodônticas. 2grupos :	A maioria dos dentes mostrou uma formação completa do ponte dentinario e uma ausência de resposta inflamatória pulpar. Camadas de células odontoblásticas bem	Biodentine teve uma eficácia semelhante no ambiente clínico e pode ser considerada uma alternativa interessante ao MTA na proteção pulpar durante a terapia pulpar vital.

			I : Biodentine II: MTA	organizadas foram encontradas para formar dentina tubular sobre a osteodentina. Não mostrou diferenças significativas entre os grupos experimentais Biodentine e MTA durante o período de observação. O paciente não apresentou dor e desconforto pós-operatório	
Rubanenko et al. (2019) ⁽⁸⁾ <i>The Pediatric Dental Journal</i>	“A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Tricalcium Silicate and Formocresol Pulpotomies Followed for Two to Four Years.”	Avaliar o sucesso a longo prazo das pulpotomias nos molares primários utilizando tricalcium silicate versus formocresol.	58 pacientes <u>Idade:</u> entre 2-10 anos 72 molares deciduos com tricalcium silicate 35 molares deciduos com formocresol <u>Métodos:</u> Pulpotomia com tricalcium silicate e formocresol	Sucesso 94,4%. O tricalcium silicate foi bem-sucedido em 97,3% dos casos, e o formocresol em 91,4%.	O tricalcium silicate mostra um sucesso superior ao formocresol nas pulpotomias de molares primários.
Grech et al. (2013) ⁽⁹⁾ <i>Dental Materials</i>	« Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. »	Investigar as propriedades físicas dos cimentos de silicato tricálcico radiopacificados : Bioaggregate e Biodentine foram investigados.	As propriedades físicas: radiopacidade, tempo de presa, resistência a compressão, microdureza do Bioaggregate e do Biodentine foram investigados. IRM foi usado como grupo de controle.	<u>Radiopacidade:</u> dia 1 : TCS = 5.4 BD =4.1 BA = 5.7, IRM = 9,6 dia 28 : TCS = 5.2 BD =3.3 BA = 5.0 IRM = 9.1 <u>Tempo de presa:</u> TCS: 290 Bioaggregate: 1260 Biodentine : 45 IRM= 3 <u>Resistência a compressão:</u> TCS= 23.55 BD= 67.18 BA= 16.34 <u>Microdureza :</u> TCS= 8,2 BD= 48,4 BA= 10,7	Todos os materiais apresentaram um valor de radiopacidade superior a 3mm de espessura de alumínio. Radiopacidade do BA maior que BD IRM = maior radiopacidade. Biodentine = baixo tempo de presa e propriedades mecânicas superiores. O tempo de presa o Bioaggregate foi maior.
Holiel et al. (2021) ⁽¹⁰⁾	« Histological evaluation of the regenerative potential of a novel	Produzir um novo hidrogel de matriz de dentina tratada injetável (TDMH) para ser usado como um	Foram incluídos 30 dentes. As polpas foram expostas mecanicamente.	Todos os dentes eram vitais durante os períodos de observação.	O TDMH pode alcançar a regeneração da dentina e a conservação da vitalidade pulpar e pode servir como um substituto



<i>Clinical Oral Investigations</i>	treated dentin matrix hydrogel in direct pulp capping. »	novo agente de proteção pulpar para regeneração dentinária em comparação com Biodentine e MTA.	<u>3 grupos</u> : -TDMH -Biodentine -MTA	Análise histológica após 2 meses mostrou ponte de dentina completa Ausência de resposta inflamatória pulpar sem diferenças significativas entre os grupos. A dentina foi significativamente mais espessa com o grupo TDMH com camadas de odontoblastos bem organizadas que formaram uma estrutura tubular homogênea com numerosas linhas de túbulos dentinários mostrando uma tendência positiva à regeneração da dentina.	natural viável para os cimentos à base de silicato na restauração de defeitos dentinários in vivo no procedimento de proteção pulpar direta.
Holiel et al. (2021) ⁽¹¹⁾ <i>Clinical Oral Investigations</i>	« Tomographic evaluation of direct pulp capping using a novel injectable treated dentin matrix hydrogel: a 2-year randomized controlled clinical trial. »	Avaliar clinicamente e radiograficamente o sucesso do procedimento de proteção pulpar feito nos dentes posteriores permanentes expostos traumáticamente usando um novo hidrogel de matriz de dentina tratada injetável (TDMH), Biodentine e MTA e avaliar a ponte dentinária formada sob os materiais de proteção pulpar usando imagens CBCT.	45 pacientes <u>3 grupos</u> : -TDMH -Biodentine -MTA	Durante o período de “follow-up”: todos os pacientes eram assintomáticos. A avaliação tomográfica mostrou que os materiais testados têm diferentes níveis de impacto nas pontes dentinárias formadas com o grupo TDMH, resultando em pontes dentinárias significativamente superiores com maior radiodensidade e espessura do que Biodentine e MTA.	O TDMH tem maior potencial para induzir a formação de pontes dentinárias do que Biodentine e MTA.
Vallés et al. (2013) ⁽¹²⁾ <i>Journal of Endodontics</i>	« Influence of Light and Oxygen on the Color Stability of Five Calcium Silicate-based Materials. »	Avaliar a influência da irradiação de luz e do oxigênio na estabilidade da cor de 5 materiais à base de silicato de cálcio.	<u>5 grupos</u> : -ProRoot MTA -Angelus WMTA -White Portland -Cement(PC) with bismuth oxide -Biodentine Cada grupo foi exposto a diferentes condições de oxigênio e luz. Um espectrofotômetro foi usado para	PC com óxido de bismuto, Angelus WMTA e ProRoot WMTA mostrou descoloração escura após irradiação de luz num ambiente livre de oxigênio, que foi estatisticamente diferente de Biodentine e PC. Nos grupos que não foram expostos à	A combinação de condições de luz e anaeróbicas (semelhantes às em situações clínicas) resulta em diferenças na cor dos materiais à base de silicato de cálcio testados durante um período de 5 dias, dos quais Biodentine e PC demonstraram estabilidade de cor.

			determinar a cor de cada espécime em 0, 120 segundos e 5 dias.	irradiação de luz ou a uma atmosfera de oxigênio, todos os materiais apresentaram estabilidade de cor ao longo do tempo, não sendo observadas diferenças significativas entre eles. PC e Biodentine têm mantido a estabilidade de cor em todas as condições ao longo do tempo e não apresentaram diferenças significativas.	
Motwani et al. (2021) ⁽¹³⁾ <i>Journal of Conservative Dentistry : JCD</i>	“Premixed bioceramics: A novel pulp capping agent.”	Discutir a introdução de biocerâmicos pré-misturados disponíveis e suas propriedades físicas, químicas e biocompatíveis.	X	X	Os materiais biocerâmicos pré-misturados possuem resultados favoráveis e todas as propriedades comparáveis ao material atualmente recomendado para proteção pulpar, o MTA. Embora os resultados sejam comparáveis ou mesmo superiores, o material é introduzido recentemente e, portanto, há menos dados e muito poucos ensaios clínicos para averiguá-lo como uma opção alternativa ao MTA. Como um material para ser bem-sucedido como agente de proteção pulpar, o material restaurador deve ser avaliado a longo prazo de 5 a 10 anos, o que está faltando com esses materiais. Até ao momento, pode-se concluir que biocerâmicos pré-misturados podem ser utilizados como material de proteção pulpar.
Tomás-Catalá et al. (2018) ⁽¹⁴⁾ <i>Journal of Endodontics</i>	« Biocompatibility of New Pulp-capping Materials NeoMTA Plus, MTA Repair HP, and Biodentine on Human	Avaliar a citotoxicidade do MTA Repair HP, NeoMTA Plus e Biodentine, novos materiais bioativos usados para proteção pulpar, em células-tronco da polpa dentária humana (hDPSCs).	<u>3 grupos:</u> -MTA Repair HP -NeoMTA Plus -Biodentine	<u>Viabilidade celular:</u> moderada após 24 e 48 horas na presença de MTA Repair HP e NeoMTA Plus, enquanto que em 48 e 72 horas, Biodentine apresentou maiores taxas de viabilidade	Os novos materiais de proteção pulpar MTA Repair HP, NeoMTA Plus e Biodentine mostraram um grau adequado de citocompatibilidade com hDPSCs e boas taxas de migração celular, embora o Biodentine tenha

	Dental Pulp Stem Cells. »			<p>celular do que MTA Repair HP e NeoMTA Plus.</p> <p><u>Taxas de migração celular:</u> adequadas para MTA Repair HP e NeoMTA Plus, ambas semelhantes às taxas do grupo controle. Maior taxa de migração celular foi observada na presença de Biodentine. Alto grau de proliferação e adesão celular nos discos Biodentine, mas taxas moderadas nos discos MTA Repair HP e NeoMTA Plus.</p>	apresentado maiores taxas de proliferação dependentes do tempo.
<p>Linu et al. (2017) ⁽¹⁵⁾</p> <p><i>Journal of Endodontics</i></p>	« Treatment Outcome Following Direct Pulp Capping Using Bioceramic Materials in Mature Permanent Teeth with Carious Exposure: A Pilot Retrospective Study. »	Investigar as sequelas da proteção pulpar direto usando agregado trióxido mineral (MTA) e Biodentine em dentes permanentes maduros com exposição à cárie.	<p>30 pacientes</p> <p>Tratados com a técnica de proteção pulpar direta</p> <p><u>2 grupos :</u></p> <p>-Biodentine</p> <p>-MTA</p>	<p><u>Sucesso:</u></p> <p>Biodentine =92.3%</p> <p>MTA=84.6%</p> <p>Formação de ponte dentinária radiograficamente visível</p> <p>MTA: descoloração coronal. Calcificações difusas da câmara pulpar foram observadas em 1 (7,7%) caso feito com MTA e 3 (23,1%) casos feito com Biodentine.</p>	O advento de materiais biocerâmicos com melhores propriedades de biocompatibilidade e selamento pode tornar mais previsível o resultado da técnica de proteção pulpar direta em dentes permanentes maduros com exposição à cárie. A taxa de sucesso observada neste estudo deve ser confirmada por meio de ensaios controlados randomizados com longos períodos de “follow-up”. Efeitos de eventos adversos como descoloração coronal e calcificações da câmara pulpar também precisam ser avaliados.
<p>Klein et al. (2021) ⁽¹⁶⁾</p> <p><i>Journal of Dental Research</i></p>	« Cytotoxicity assessment of Bio-C Repair Íon+: A new calcium silicate-based cement. »	Avaliar os efeitos citotóxicos de quatro materiais de proteção pulpar à base de silicato de cálcio, dos quais o Bio-C Repair Íon+ ainda está em fase experimental	<p><u>4 grupos:</u></p> <p><u>Grupo I:</u> Biodentine</p> <p><u>Grupo II:</u> MTA</p> <p><u>Grupo III:</u> Repair HP</p> <p><u>Grupo IV:</u> Bio-C Repair Ion +</p>	<p>Todos os materiais testados demonstraram redução na viabilidade celular (P<0,05). De acordo com ISO 10993-5:, Bio-C Repair Íon+ exibiu citotoxicidade leve e moderada no 24 horas e 7 dias, respectivamente. Bio-C Repair e Biodentine</p>	<p>A maior viabilidade celular foi demonstrada por Biodentine, MTA e Repair HP, em ordem decrescente.</p> <p>Bio-C Repair e Bio-C Repair Íon+ apresentaram citotoxicidade moderada, semelhante ao MTA Repair HP na análise de 7 dias</p>

				apresentaram citotoxicidade leve, e MTA Repair HP exibiram citotoxicidade moderada em ambos os intervalos.	
Meschi et al. (2020) ⁽¹⁷⁾ <i>Journal of Endodontics</i>	« Material Pulp Cells and Tissue Interactions. »	Resumir as propriedades osteoindutoras, biocompatíveis, anti-inflamatórias, antimicrobianas e estéticas de vários biomateriais adequados para terapia pulpar vital e procedimentos endodônticos regenerativos.	X	X	Dois procedimentos endodônticos cada vez mais comuns, terapia pulpar vital (VPT) e procedimentos endodônticos regenerativos, dependem de mecanismos de regeneração/reparação de tecidos dentários com a ajuda de biomateriais. Estes materiais são aplicados em contacto com o tecido da polpa e são obrigados a ser biocompatíveis, formar um selo antimicrobiano, não induzir manchas, e ser fácil de manipular. Historicamente, o hidróxido de cálcio desempenhou um papel importante no VPT. No entanto, nos últimos 3 décadas, esforços significativos na investigação e indústria têm sido feitos para desenvolver vários biomateriais, incluindo cimentos de silicato de tricalcium hidráulico.
Jang et al. (2014) ⁽¹⁸⁾ <i>Restorative Dentistry & Endodontics</i>	« Cytotoxicity and physical properties of tricalcium silicate-based endodontic materials. »	Avaliar a citotoxicidade, tempo de presa e resistência à compressão do MTA e de dois novos materiais endodônticos à base de silicato tricálcico, Bioaggregate (BA) e Biodentine (BD).	3 grupos: -BD -MTA -BA	BA teve viabilidade celular comparável ao MTA, enquanto a viabilidade celular de BD foi significativamente menor que a de MTA. A análise ICP-MS revelou que BD liberou quantidade significativamente maior de 5 metais pesados (arsênio, cobre, ferro, manganês e zinco) do que MTA e BA. O tempo de presa do BD foi significativamente	BA e BD foram biocompatíveis e não apresentaram efeitos citotóxicos nos fibroblastos do ligamento periodontal. O BA mostrou citotoxicidade comparável ao MTA, mas propriedades físicas inferiores. O BD apresentou citotoxicidade um pouco mais alta, mas propriedades físicas superiores ao MTA.

				menor do que o do MTA e do BA, e a resistência à compressão do BA foi significativamente menor do que o do MTA e do BD.	
Tanalp et al. (2013) ⁽¹⁹⁾ <i>The Scientific World Journal</i>	« Comparison of the Radiopacities of Different Root-End Filling and Repair Materials. »	Avaliar a radiopacidade de 3 materiais: Biodentine, MM-MTA e MTA Angelus.	Biodentine, MM-MTA e MTA Angelus foram preparados de acordo com as instruções dos fabricantes, preenchido nos anéis de aço inoxidável cilíndricos (n = 10), e preservados a 37°. Os espécimes foram colocados numa placa de fósforo e radiografias. As densidades radiográficas do espécimes foram determinados usando a caixa de ferramentas dum software, e os valores foram convertidos em milímetros de alumínio (mm Al).	Todos os materiais testados apresentaram radiopacidades significativamente maiores comparado ao controle (dentina) em seus respectivos grupos ($P < 0,001$). A radiopacidade média do grupo BD foi significativamente menor em comparação com os grupos MTA Angelus e MM-MTA ($P < 0,01$). Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as radiopacidades do MTA Angelus e MM-MTA ($P > 0,05$).	Dentro das limitações do presente estudo, embora todos os os materiais tinham radiopacidades mais altas em comparação com a dentina, a radiopacidade relativamente menor do Biodentine em comparação com outros materiais pode ser melhorada para alcançar resultados mais fiáveis em procedimentos como proteção pulpar.
Yoldaş et al. (2015) ⁽²⁰⁾ <i>Journal of Endodontics</i>	« Comparison of the Potential Discoloration Effect of Bioaggregate, Biodentine, and White Mineral Trioxide Aggregate on Bovine Teeth: In Vitro Research. »	Avaliar e comparar o potencial de descoloração de 3 diferentes cimentos tricálcicos usando um modelo de dente bovino.	4 grupos : -BioAggregate - Biodentine -MTA Angelus -grupo sanguíneo.	Todos os grupos apresentaram descoloração crescente durante um período do primeiro ano. O "grupo sanguíneo único" apresentou os valores mais elevados de alteração de cor, seguido pelo BioAggregate, MTA Angelus e Biodentine, respectivamente. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas para Biodentine quando comparadas com o único grupo de sangue e o BioAggregate ($P < 0,05$).	Considerando os resultados do estudo, o Biodentine apresenta o menor potencial de descoloração entre os materiais testados.

<p>Biočanin et al. (2018) ⁽²¹⁾</p> <p><i>Journal of Endodontics</i></p>	<p>« Marginal Gaps between 2 Calcium Silicate and Glass Ionomer Cements and Apical Root Dentin. »</p>	<p>Comparar a qualidade de obturação dos seguintes materiais: silicato de cálcio (BD), agregado de trióxido mineral (MTA+) e cimento de ionômero de vidro (Fuji IX).</p>	<p>A estanqueidade dos materiais foi calculada considerando os ângulos de contato dos cimentos medidos usando uma gota de glicerol. A porosidade dos cimentos foi determinada usando porosimetria de intrusão de mercúrio e imagens de tomografia micro-computadorizada (μCT). Os incisivos superiores humanos extraídos foram retroobturados e a análise de μCT foi aplicada para calcular o volume do espaço entre o material obturador retrógrado e a dentina do canal radicular. Os experimentos foram realizados antes e após a imersão dos materiais em fluido corporal simulado (SBF).</p>	<p>Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os ângulos de contato dos materiais estudados. O material com menor nanoporosidade (Fuji IX: 2,99% e 4,17% antes e depois do SBF, respectivamente) apresentou os maiores valores de microporosidade (4,2% e 3,1% antes e depois do SBF, respectivamente). Biodentine apresentou o menor valor de microporosidade (1,2% e 0,8% antes e após SBF, respectivamente) e o menor valor de microgap para a parede do canal radicular ($[10 \pm 30] \times 10^{-3} \text{ mm}^3$).</p>	<p>BD e MTA possuem certas vantagens sobre Fuji IX para a obturação hermética dos canais radiculares. BD mostra uma tendência para o menor "gap" marginal na interface cimento-dentina.</p>
<p>Dawood et al. (2015) ⁽²²⁾</p> <p><i>Australian Dental Journal</i></p>	<p>« The physical properties and ion release of CPP-ACP-modified calcium silicate based cements. »</p>	<p>Investigar as propriedades físicas e a liberação de íons de cimentos à base de silicato de cálcio (CSCs) modificados com fosfopeptídeo de caseína-fosfato de cálcio amorfo (CPP-ACP) e comparar as propriedades de um agregado de trióxido mineral (MTA) experimental com dois CSCs disponíveis comercialmente, Biodentine™ e Ângelus® MTA.</p>	<p>Tempo de presa, solubilidade, resistência à compressão e microdureza superficial Vickers dos três CSCs foram investigados.</p> <p>A liberação de cálcio (Ca^{2+}), íons fosfato (Pi) e pH dos cimentos teste foram investigados.</p> <p>3 grupos : Biodentine MTA MTA Angelus</p>	<p>A adição de 1,0% CPP-ACP no Biodentine™ e de 0,5% noutros cimentos não afetou negativamente as suas propriedades físicas, exceto pelo tempo de presa. A adição de 0,5% de CPP-ACP aumentou o Ca^{2+} libertado do Biodentine (após 168 e 336 h), MTA Angelus® (após 168 h) e o MTA de teste.</p> <p>Biodentine™ libertou mais Ca^{2+} particularmente nos estágios iniciais e apresentou menor tempo de presa e maiores propriedades mecânicas do que os outros cimentos</p>	<p>Até 1,0% de CPP-ACP em Biodentine™ melhora a liberação de Ca^{2+} e Pi e 0,5% de CPP-ACP em MTA Angelus e o MTA de teste melhora a liberação de Ca^{2+} sem alterar as propriedades mecânicas e a solubilidade.</p> <p>A adição de CPP-ACP em CSCs prolongou o tempo de presa.</p>

				O MTA e o MTA experimental foram semelhantes.	
Hashem et al. (2015) ⁽²³⁾ <i>Dental Materials</i>	« The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. »	Comparar as resistências de união ao microcislamento in vitro (μ SBS) de resina composta com Biodentine vs. cimento de ionômero de vidro vs. cimento de ionômero de vidro modificado por resina (RM-GIC) usando um adesivo autocondicionante (SE)/condicionamento total (TE) após envelhecimento de três substratos e colagem e caracterização de seus modos de falha.	O compósito de resina foi ligado a 920 discos padronizados de Biodentine™, GIC & RM-GIC. 2 grupos: <u>Grupo I</u> : submetido ao envelhecimento precoce (t=0min, 5min, 20min, 24h) ou tardio do substrato. <u>Grupo II</u> : adesivo aplicado após o envelhecimento precoce (t=5min) ou retardado (t=2wk) do substrato.	Não há diferenças significativas entre os modos de ligação (SE)/(TE) (P=0,42). Redução significativa em μ SBS entre os intervalos de tempo precoce e tardio para Biodentine™ (P=0,001), mas nenhuma para o GIC/RM-GIC (P=0,465, P=0,512 respectivamente. Com o bonding, não houve diferença significativa entre os intervalos de tempo para todos os grupos, exceto aos 6 meses para o GIC (P<0,05). Os modos de falha foram principalmente coesivos em todos os substratos (68,82%) seguidos por falha adesiva na interface resina-substrato (21,71%).	Biodentine™ é um material restaurador fraco em sua fase inicial de presa. A colocação da resina composta sobrejacente como parte da restauração definitiva laminada/em camadas é melhor retardada por > 2 semanas para permitir uma maturação intrínseca suficiente para suportar as forças de contração da resina composta. Um adesivo de condicionamento total ou autocondicionante pode ser usado.
Odabaş et al. (2013) ⁽²⁴⁾ <i>The Scientific World Journal</i>	« Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. »	Medir a resistência ao cisalhamento de diferentes sistemas adesivos ao Biodentine com diferentes intervalos de tempo.	Foram preparados um total de 80 blocos acrílicos. O Biodentine foi misturado de acordo com as instruções do fabricante. Os blocos de acrílico estavam cheios de Biodentine. Em seguida, as amostras foram armazenadas a 37°C com 100% de humidade durante 12 minutos e 24 horas. Após 12 minutos, 40 amostras foram selecionadas aleatoriamente e divididas em <u>4 grupos</u> : :	<u>Grupo 1</u> : Prime & Bond : 9.127 ± 3.161 (12h) 15.990 ± 3.409 (24h) <u>Grupo 2</u> : Clearfil SE Bond : 16.903 ± 8.112 (12h) 19.559 ± 7.582(24h) <u>Grupo 3</u> : Clearfil S3 Bond : 11.057 ± 3.850 (12h) 15.193 ± 3.344 (24h) <u>Grupo 4</u> : Control 1.600 ± 0.512 (12h) 1.737 ± 0.434 (24h)	A colocação de resina composta utilizada com sistemas adesivos autocondicionantes sobre Biodentine apresentou melhor resistência de união ao cisalhamento.

			<p><u>grupo 1:</u> (sistema adesivo) Prime & Bond NT;</p> <p><u>grupo 2:</u> (sistema adesivo auto-etch de duas etapas) Clearfil SE Bond; <u>grupo 3:</u>(sistemas adesivos auto-etch de um passo) Clearfil S3 Bond;</p> <p><u>grupo 4:</u> controlo (sem adesivo).</p>		
<p>Camilleri et al. (2013) ⁽²⁵⁾</p> <p><i>Dental Materials</i></p>	<p>« Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. »</p>	<p>Caracterizar e investigar a hidratação do Biodentine e um cimento fabricado em laboratório feito com uma mistura de silicato tricálcico e óxido de zircónio (TCS-20-Z) e comparar suas propriedades com o MTA Angelus.</p>	<p><u>Materiais:</u></p> <p>-Um cimento contendo 80% de TCS e 20% de óxido de zircónio (TCS-20-Z)</p> <p>-Biodentine™</p> <p>-MTA Angelus™.</p> <p><u>Métodos:</u></p> <p>A área de superfície específica e a distribuição do tamanho das partículas dos cimentos não hidratados e do óxido de zircónio foram investigados utilizando um método de adsorção de gás e microscopia electrónica de digitalização.</p>	<p>Os cimentos não hidratados foram compostos por silicato tricálcico e uma fase radiopacificadora; óxido de zircónio para Biodentine e TCS-20-Z, enquanto óxido de bismuto para MTA Angelus.</p> <p>Além disso, o Biodentine continha partículas de carbonato de cálcio e o MTA Angelus exibia a presença de silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxidos de cálcio, alumínio e silício.</p>	<p>Todas os cimentos testados eram compostos principalmente por silicato tricálcico e um radiopacificador. O cimento fabricado em laboratório não continha outros aditivos.</p> <p>Biodentine inclui carbonato de cálcio que, juntamente com os aditivos no líquido de mistura, resultou em um material com propriedades químicas aprimoradas em relação ao cimento protótipo TCS-20-Z.</p>
<p>Bachoo et al. (2013) ⁽²⁶⁾</p> <p><i>British Dental Journal</i></p>	<p>« A biocompatible and bioactive replacement for dentine: Is this a reality? The properties and uses of a novel calcium-based cement. »</p>	<p>Descrever o Biodentine, ilustrar seu uso em relatos de casos clínicos.</p>	X	X	<p>O Biodentine visa regenerar danos dos tecidos dentários e representa uma promissora evolução da tecnologia MTA.</p> <p>A sua vantagem clínica reside em suas propriedades mecânicas aprimoradas, e tempo de presa reduzido, que pode permitir o seu uso como substituto de dentina.</p>



<p>Luo et al. (2014) ⁽²⁷⁾ <i>Journal of Endodontics</i></p>	<p>« Biodentine induces human dental pulp stem cell differentiation through mitogen-activated protein kinase and calcium-/calmodulin-dependent protein kinase II pathways. »</p>	<p>Investigar a resposta das hDPSCs ao material e se a proteína quinase ativada por mitógeno (MAPK), o fator nuclear kappa B (NF-κB) e a proteína quinase II dependente de cálcio/calmodulina (CaMKII) , as vias de sinal desempenharam um papel regulador na diferenciação de odontoblastos induzida por Biodentine.</p>	<p>hDPCs obtidos de terceiros molares foram incubados com Biodentine.</p> <p>A diferenciação odontoblástica foi avaliada pela atividade da fosfatase alcalina, coloração com vermelho de alizarina e reação em cadeia da polimerase com transcriptase reversa quantitativa em tempo real para a análise da expressão de RNA mensageiro dos seguintes marcadores gênicos de diferenciação: osteocalcina (OCN), dentina sialofosproteína (DSPP), dentina proteína de matriz 1 (DMP1) e sialoproteína óssea (BSP). Culturas celulares na presença de Biodentine foram expostas a inibidores específicos das vias MAPK (U0126, SB203580 e SP600125), NF-κB (pirrolidina ditiocarbamato) e CaMKII (KN-93) para avaliar o efeito regulatório na expressão desses marcadores.</p>	<p>Biodentine aumentou significativamente a atividade da fosfatase alcalina e a formação de nódulos mineralizados e a expressão de OCN, DSPP, DMP1 e BSP. O inibidor de CaMKII KN-93 atenuou significativamente e o inibidor de NF-κB pirrolidina ditiocarbamato aumentou ainda mais a regulação positiva da expressão gênica e mineralização induzidas por Biodentine.</p>	<p>Biodentine é um material bioativo e biocompatível capaz de induzir a diferenciação de odontoblastos de hDPSCs.</p> <p>Os resultados indicam que essa indução é regulada pelas vias MAPK e CaMKII.</p>
<p>Peters et al. (2016) ⁽²⁸⁾ <i>International Endodontic Journal</i></p>	<p>« Effects of two calcium silicate cements on cell viability, angiogenic growth factor release and related gene expression in stem cells from the apical papilla. »</p>	<p>Avaliar os efeitos de dois tipos de cimentos de silicato de cálcio na viabilidade, libertação do fator de crescimento angiogênico, expressão gênica angiogênica relacionada à inflamação em células-tronco humanas da papila apical (SCAP).</p>	<p>SCAPs cultivados por 7 dias com MTA ou BD.</p> <p>Viabilidade celular e concentrações médias de fator de crescimento endotelial vascular (VEGF/VEGFA) e angiopoietina 1 (ANGPT1) medidos.</p>	<p><u>DIA 1:</u> Células em contato com qualquer cimento associadas a maior viabilidade celular em comparação com o grupo sem tratamento.</p> <p><u>DIAS 3 e 7:</u> não houve diferenças entre os grupos. A exposição a qualquer cimento aumentou significativamente as</p>	<p>Tanto o MTA quanto o BD estimularam a expressão de genes angiogênicos e libertação de VEGF, induzindo padrões de expressão semelhantes; no entanto, eles parecem inibir a expressão de genes específicos, incluindo ANGPT1 e FGF2.</p>

				<p>concentrações de VEGF no dia 3; no entanto, os níveis de ANGPT-1 diminuiram significativamente em comparação com o grupo sem tratamento no dia 3.</p> <p>A exposição ao MTA e BD estimulou a expressão de VEGFA e FIGF/VEGFD. Além disso, a exposição a ambos os cimentos diminuiu significativamente os níveis de mRNA de ANGPT1 e FGF2 em relação ao grupo sem tratamento.</p>	
<p>Laurent et al. (2012) ⁽²⁹⁾</p> <p><i>International Endodontic Journal</i></p>	<p>« Biodentine(TM) induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. »</p>	<p>Avaliar a capacidade do BD recentemente desenvolvido para induzir a síntese de dentina reparadora e investigar sua capacidade de modular a secreção de TGF-β1 das células pulpareas.</p>	<p>Biodentine foi diretamente aplicado na polpa dentária.</p> <p>Após vários períodos de cultura, a interação do material com o tecido da polpa foi analisada.</p> <p>O efeito do aumento da área superficial deste material na secreção de TGF-β1 foi investigado em culturas de células da polpa e comparado com MTA, hidróxido de cálcio e resina adesiva Xeno.</p>	<p>Biodentine induziu a formação de focos mineralizados logo após sua aplicação. A mineralização apareceu sob a forma de osteodentina e expressou marcadores de odontoblastos. Biodentine aumentou significativamente a secreção de TGF-β1 das células da polpa (P < 0,03) independentemente do aumento da superfície de contato. Esse aumento foi também observado com hidróxido de cálcio e MTA, mas não com o Xeno resinoso.</p>	<p>Quando o Biodentine foi aplicado diretamente na polpa, induziu uma forma precoce de síntese de dentina reparadora, provavelmente devido a uma modulação da secreção de TGF-β1 das células da polpa.</p>
<p>Tran et al. (2021) ⁽³⁰⁾</p> <p><i>Healthcare (Basel)</i></p>	<p>« Biodentine TM Full Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Irreversible Pulpitis and Apical Periodontitis. »</p>	<p>Este relato apresenta dois casos de pulpotomia total com Biodentine em dentes permanentes maduros com pulpite irreversível e periodontite apical aguda.</p>	<p>2 casos clínicos :</p> <p><u>Caso 1 :</u></p> <p>Paciente de 40 anos Queixa: Dor espontânea e persistente, dor na mastigação no dente 45, desde um mês. <u>Exame clínico:</u> lesão e sensibilidade à percussão. <u>Exame radiográfico:</u> lesão profunda e uma lesão apical.</p>	<p><u>Caso 1 e 2 :</u></p> <p>Na consulta seguinte, os pacientes relataram que uma dor leve ocorreu no primeiro dia pós-tratamento, mas a dor foi logo aliviada. A percussão vertical não infligiu dor. A camada superficial de Biodentine foi removida, deixando uma camada de aproximadamente 3</p>	<p>Com base na perspectiva do material bioativo e da biologia pulpar, a pulpotomia completa em dentes permanentes maduros com pulpite irreversível e periodontite apical pode ser considerada como um tratamento alternativo ao tratamento endodôntico.</p> <p>Um estudo a longo prazo é necessário para confirmar os benefícios</p>

			<p>O dente foi anestesiado com lidocaína 2% Desinfecção com hipoclorito de sódio 5% (NaOCl). A cavidade foi preenchida com Biodentine.</p> <p><u>Caso 2 :</u></p> <p>Paciente de 25 anos</p> <p><u>Queixa:</u> dor espontânea severa e persistente no 36, ocorrendo várias vezes ao longo de 2 semanas.</p> <p><u>Exame clínico:</u></p> <p>Cáries que se estendem até a polpa + dente sensível à percussão vertical e horizontal.</p> <p><u>Exame radiográfico:</u> Ligamento periodontal alargado na raiz mesial. O dente foi diagnosticado com púlpite irreversível.</p> <p>Mesmo procedimento que o Caso 1</p>	<p>mm. Os dentes foi finalmente restaurados com resina compósita (3M). A avaliação clínica e radiográfica foi concluída aos 6 meses e 1 ano pós-operatório. O paciente não tinha nenhuma queixa sobre os dentes, e negativo respostas a testes de polpa fria e elétrica, e radiografias periapicicas não mostraram lesão após 1 ano.</p>	<p>futuros desta opção de tratamento.</p>
<p>Koubi et al. (2013) ⁽³¹⁾</p> <p><i>Clinical Oral Investigations</i></p>	<p>« Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. »</p>	<p>Determinar por quanto tempo Biodentine, pode permanecer como restauração posterior.</p>	<p>Biodentine foi comparado com o compósito Z100®, para avaliar se e por quanto tempo poderia ser usado como uma restauração posterior.</p> <p>Em segundo lugar, quando a abrasão ocorreu, Biodentine foi avaliado como um substituto de dentina combinado com Z100®.</p>	<p>Um total de 397 casos foi incluído.</p> <p>No dia da colocação da restauração, ambos materiais obtiveram boas notas para manuseio de materiais, forma anatômica (0,12±0,33), adaptação marginal (0,01±0,10) e contato interproximal (0,11±0,39). Durante o acompanhamento, ambos os materiais pontuaram bem na</p>	<p>Biodentine é capaz de restaurar dentes posteriores por até 6 meses.</p> <p>Quando posteriormente coberto com Z100®, é um substituto de dentina conveniente, eficiente e bem tolerado. Relevância clínica : Biodentine como substituto de dentina pode ser usado sob um compósito para restaurações posteriores.</p>

				<p>rugosidade da superfície (≤ 1) sem cárie secundária e dor pós-operatória. Biodentine manteve propriedades de superfície aceitáveis em relação a anatomia pontuação de forma (≤ 1), pontuação de adaptação marginal (≤ 2) e pontuação de contato interproximal (≤ 1) por até 6 meses após a colocação. Quando Biodentine foi retido como substituto da dentina após o controle da vitalidade pulpar, foi coberto sistematicamente com o compósito Z100®. Este procedimento permite restaurações clinicamente sólidas e sem sintomas.</p>	
<p>Altunsoy et al. (2015) ⁽³²⁾</p> <p><i>Journal of Endodontics</i></p>	<p>"Shear Bond Strength of a Self-adhering Flowable Composite and a Flowable Base Composite to Mineral Trioxide Aggregate, Calcium-enriched Mixture Cement, and Biodentine."</p>	<p>Investigar a resistência de união ao cisalhamento (SBS) de um compósito fluido autoaderente (Vertise Flow) e um compósito fluido (X-tra base) ao MTA, Biodentine e mistura enriquecida com cálcio (CEM).</p>	<p><u>Materiais:</u> 60 blocos cilíndricos de acrílico com furo.</p> <p><u>Métodos:</u> Os blocos de acrílico foram preenchidos com MTA, Biodentine e CEM (n = 20) e consequentemente colocados em 3 grupos.</p> <p>Os espécimes foram armazenados por 72 horas a 37°C e 100% de umidade. Em seguida, cada grupo foi dividido em 2 subgrupos de acordo com o tipo de resina composta utilizada (n = 10). Vertise Flow e X-tra base foram aplicados sobre MTA, Biodentine e CEM e depois polimerizados.</p>	<p>Os grupos Vertise Flow-CEM e X-tra base-MTA apresentaram valores de SBS significativamente maiores do que o grupo Vertise flow-Biodentine (P < 0,05).</p> <p>Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os outros grupos (P > 0,05).</p>	<p>MTA e CEM apresentaram uma maior SBS do que Biodentine;</p> <p>portanto, eles podem ser preferidos em compósitos fluidos.</p>
<p>Bhavana et al. (2015) ⁽³³⁾</p>	<p>"Evaluation of antibacterial and antifungal activity of new calcium-based</p>	<p>Avaliar as propriedades antibacterianas e antifúngicas do cimento à base de cálcio, Biodentine, em comparação com os</p>	<p>GIC, ProRoot MTA, e Biodentine foram preparados para testar a influência destes cimentos no</p>	<p>O teste indica que a actividade antimicrobiana do Biodentine, em todos os microrganismos</p>	<p>Todos os materiais mostraram actividade antimicrobiana, excepto o GIC em Candida.</p>

<i>Journal of Conservative Dentistry</i>	cement (Biodentine) compared to MTA and glass ionomer cement".	cimentos comerciais de ionómero de vidro (GICs) e o agregado de trióxido mineral (MTA).	crescimento de quatro estirpes microbianas orais: Streptococcus mutans, Enterococcus faecalis, Escherichia coli, e Candida albicans; utilizando o método de difusão do ágar. A análise estatística foi realizada utilizando ANOVA.	testados, era muito forte, mostrando uma zona de inibição média de 3,2 mm, que se estende ao longo do tempo para todas as estirpes. Para Biodentine, GIC, e MTA, os diâmetros das zonas de inibição para S. mutans eram significativamente maiores do que para E. faecalis, Candida, e E. coli (P < 0,05).	Foi observada a maior zona de inibição para o grupo Streptococcus. O Biodentine criou zonas de inibição maiores do que a MTA e o GIC.
Hrab et al. (2017) ⁽³⁴⁾ <i>Clujul Medical journal</i>	"Comparative radiographic assessment of a new bioceramic-based root canal sealer."	Avaliar a radiopacidade de dois seladores de canal radicular baseados em biocerâmicos, o selador convencional TotalFill BC (FKG Dentaire Switzerland) e um novo material experimental de enchimento desenvolvido em colaboração com o 'Raluca Ripan' Institute for Research in Chemistry, Cluj-Napoca.	5 amostras de discos utilizando ambos os materiais, sendo submetidos a radiografia digital juntamente com cunhas de degraus de alumínio, em conformidade com a norma ISO 6876: 2012. A radiopacidade foi determinada pela análise computadorizada das imagens obtidas. A análise estatística foi realizada utilizando ANOVA.	Ambos os materiais mostraram uma radiopacidade que era 3 mm superior à espessura equivalente do alumínio. O Total Fill BC mostrou uma radiopacidade maior do que o material experimental, mas as diferenças não foram estatisticamente significativas	Ambos os materiais estão em conformidade com a norma ISO 6876: recomendações de 2012 sobre radiopacidade mínima.

Entre estes 30 artigos, 10 apresentaram as propriedades físicas (tempo de presa, liberação de íon, manuseamento, radiopacidade, cor, microdureza, resistência a compressão) (33,3%), 5 estudaram as propriedades químicas (adesão) (16,7%), 7 analisaram as propriedades biológicas (vias de sinalização, migração celular, biocompatibilidade e citotoxicidade) dos materiais (23,3 %) e por fim, 8 artigos abordam o sucesso clínico (regeneração pulpar e dores pós-operatórias) (26,7 %).

5. DISCUSSÃO

5.1 Propriedades físicas

5.1.1 Tempo de presa

O tempo de presa é um fator importante a ser levado em consideração. Um tempo de presa longo pode causar problemas clínicos devido à incapacidade do cimento em manter a forma e suportar as tensões. Ao contrário um tempo acelerado reduz o risco de contaminação do biocerâmico.^{9,19}

O tempo de presa do Biodentine (BD) conforme indicado pelo seu fabricante é de cerca de 12 min. No entanto, alguns estudos relataram que o tempo de presa do BD foi 13.1 ± 1.1 min (Dawood *et al*; 2015) e 15 ± 1 min (Jang *et al*; 2014).^{18,22}

A adição de cloreto de cálcio, agente acelerador de presa, bem como a redução do tamanho das partículas de silicato permitem reduzir o tempo de presa. A utilização de policarboxilato, agente redutor de água e superplastificante, permite reduzir a relação líquido/pó, aumentando as propriedades físicas do material e reduzindo o tempo de presa.¹⁸

Segundo Dawood *et al*; o pó do BD contém aproximadamente 15% de carbonato de cálcio conforme mencionado na literatura do fabricante. O carbonato de cálcio atua como um agente de nucleação para o hidrato de silicato de cálcio, reduzindo a duração do período de indução, aumentando a hidratação. Criando assim uma microestrutura mais densa e reduzindo o tempo de presa do cimento.²²

Grech *et al*; compararam o tempo de presa do BD com diversos cimentos: “prototype radiopacified tricalcium silicate cement” (TCS), Bioaggregate (BA) e Intermediate Restorative Material (IRM), após imersão em solução salina que simula condições clínicas. O tempo medido do BD é de 45 minutos, que é menor que o BA que foi usado em comparação.⁹

Uma descoberta interessante do estudo de Grech *et al*; foi que o maior período de presa determinado foi para o BA, outro material à base de silicato tricálcico. A ficha do produto BD indica o tempo de presa de 9 a 12 minutos, menor que o observado no estudo de Grech *et al*. No entanto, 9–12 minutos indicados na ficha do produto é o tempo inicial de presa, enquanto Grech *et al*. avaliaram o tempo final de presa (45min). Portanto, ambos os artigos não são comparáveis.⁹

Os cimentos anteriores como o MTA teve tempo de presa de 2 h. Mais tarde, para diminuir o longo tempo de presa e concluir o procedimento em um tempo mínimo, os fabricantes desenvolveram uma nova massa de presa rápida mais eficiente, o “Endosequence Root Repair Material” (ERRM) endurece em aproximadamente 20 min.^{6,13}

5.1.2 Liberação de íões cálcio

Num estudo de Camilleri.2013 a análise por difratografia de raios X revelou a presença de picos de hidróxido de cálcio no BD fixados em 1 dia, isto significa que o BD tem cristalização rápida contínua e a liberação de hidróxido de cálcio durante a reação de presa leva a um aumento do pH do ambiente por vários dias.²⁵

No estudo de Parikh *et al*; observamos que o ERRM tem um pH mais alto e maior liberação de Ca²⁺ do que o AH Plus 35 e demonstrou libertar menos íões cálcio do que o BD e o White MTA (WMTA).⁶

Segundo Dawood, o Ca²⁺ libertado do BD foi maior que o de WMTA e Grey MTA(GMTA), o que pode ser atribuído aos maiores teores de produtos

libertadores de cálcio no BD do que nos outros cimentos testados. O cimento aumentou a libertação de Ca^{2+} . Isso pode explicar os resultados atuais em relação à maior aporte de Ca^{2+} do BD em comparação com WMTA e GMTA, pois os dois últimos cimentos não contêm cloreto de cálcio de acordo com as informações dos fabricantes.

22

Maior libertação de Ca^{2+} do BD em comparação com o MTA também foi relatada anteriormente. Embora tenha sido relatado que o WMTA possui alto teor de cálcio na sua composição.

O presente estudo mostra que o WMTA libertou uma menor quantidade de Ca^{2+} que pode ser atribuída à solubilidade relativamente baixa desse cimento.²²

Em um estudo semelhante, BD mostrou libertação de íões cálcio significativamente maior a curto prazo (3 horas) do que ProRoot[®] MTA, WMTA e MTA Plus, mas a longo prazo (28 dias) a libertação de íões de cálcio de BD foi significativamente maior do que o MTA Plus sozinho.¹⁶

Num estudo de Holiel *et al*; vimos que em ambos os períodos de tempo, as amostras de ambos os grupos (MTA e BD) demonstraram infiltração de células inflamatórias leve ou nula. Ao longo do período experimental, a inflamação foi reduzida, o que pode ser explicado pelo fato de que os cimentos de silicato de cálcio libertaram uma grande quantidade de hidróxido de cálcio durante a presa, causando uma irritação para os tecidos pulpaes, mas uma vez que os cimentos são fixados, a liberação diminui com o tempo, proporcionando um ambiente mais favorável para a cicatrização pulpar.¹⁰

Os cimentos de silicato de cálcio, tais como o BD, o Total Fill BC ou o BA são ricos em compostos de cálcio, o que permite a formação de tecido duro.¹³

5.1.3 Manuseamento

O BD é aplicado misturando 5 gotas de líquido com pó, desta forma a mistura pode conter erros nas proporções de acordo com vários autores.^{7,13,26,27}

A busca por um material mais recente, com características uniformes e de fácil manuseio, levou ao desenvolvimento do cimento biocerâmico pré-misturado: *ERRM e Total fill BC*;

Num estudo de Motwani *et al*;2021, afirmam que são materiais pré-misturados, portanto prontos para uso sem pré-requisito para misturar e manusear, evitando erros do operador. Os materiais pré-misturados têm a vantagem de uma consistência homogênea, apenas a quantidade necessária de material pode ser dispensada e, assim, evita o desperdício de material, contaminação cruzada e permite uma entrega fácil para áreas não acessíveis ao contrário do BD.¹³

5.1.4 Micro dureza

A microdureza é uma importante propriedade mecânica dos cimentos. A microdureza suficiente garante que os materiais colocados sejam resistentes tanto à mastigação quanto à abrasão.

De acordo com o estudo de Grech *et al*; a dureza aumenta ao longo do tempo após a imersão em água salina dos cimentos testados para simular condições clínicas, após 2 horas de compressão, observa-se uma dureza Vickers de 48,4 unidades.⁹ Observamos que a microdureza do BD é superior às de o BA e o IRM.⁹

Camilleri, num estudo comparando as propriedades físicas do BD com um Ionómero de vidro convencional (Fuji IX) e um Ionómero de vidro modificado por resina (Vitrebond), mostrou que o BD exibiu maior microdureza superficial em comparação aos outros materiais quando não condicionados. Por outro lado, não houve diferença na microdureza dos diferentes materiais quando eles foram condicionados.²⁵

Assim o BD é um material forte, testado em compressão, e as suas propriedades de superfície foram superiores. A melhoria da resistência é atribuída à baixa relação de pó/líquido utilizada no BD, que é permitida porque o polímero solúvel em água é adicionado ao líquido de mistura.⁸

5.1.5 Resistência a compressão

A resistência à compressão é considerada uma das principais características físicas dos cimentos. Considerando que uma área significativa de utilização de produtos como o BD são as terapias pulpares vitais, é essencial que o cimento tenha capacidade para resistir às forças mastigatórias, ou seja; deve ter resistência à compressão suficiente para suportar os impactos externos provisoriamente, até ser coberto por um material definitivo.

Como demonstrado por Koubi *et al*; A longa reação de presa do material é acompanhada por um aumento da resistência à compressão. No termino de presa inicial, o valor da resistência à compressão do BD atinge um valor médio de 130 MPa.

Após 7 dias, o valor da resistência à compressão é de 253 MPa, valor próximo ao da dentina (297 MPa). BD tem uma maior resistência à compressão para suportar os impactos externos de forças de mastigação, a sua resistência mecânica é semelhante à da dentina (297 Mpa).³¹

Segundo Dawood *et al*; a resistência à compressão de BD foi considerada significativamente maior do que WMTA, GMTA e mistura enriquecida com cálcio.²²

Como mostrou, Jang *et al*; a resistência à compressão do BD foi significativamente maior que a do MTA e BA em todos os intervalos de tempo ($p < 0,05$). Não houve mudanças significativas na resistência à compressão do BD com o tempo ao contrário do que foi demonstrado no estudo de Koubi *et al*; em 2013. A resistência à compressão do MTA aumentou consideravelmente com o tempo. A resistência à compressão do BA foi significativamente menor do que a do MTA e BD em todos os momentos ($p < 0,05$).¹⁸

Grech *et al*; compararam a resistência à compressão do BD com outros cimentos, após imersão em solução salina por 28 dias. Essas condições possibilitam simular o ambiente da cavidade oral.⁹

A resistência à compressão do BD é de $10,6 \pm 2$, $57,1 \pm 12$ e $72,6 \pm 8$ MPa após 35 minutos, 24 horas e 28 dias, respectivamente, valor significativamente superior ao BA e os demais materiais testados no estudo.⁹

Este valor elevado é consequência da baixa relação líquido/pó, permitida pela adição do polímero solúvel em água, o que leva à redução da porosidade.

Para Dawood, a maior resistência e microdureza do BD podem ser explicadas pelas baixíssimas relações água/pó necessárias para uma boa manipulação do cimento. Isso foi possível adicionando um polímero hidrossolúvel plastificante ao líquido do cimento. O policarboxilato solúvel em água é adicionado ao pó de BD para diminuir a relação água/pó e manter uma boa capacidade de trabalho do cimento resultante. No entanto, este polímero hidrossolúvel tem um efeito surfactante e, portanto, pode dispersar as partículas de cimento aplicando carga nas suas superfícies.²²

Parikh *et al*; descobriram que a resistência à compressão do ERRM pré-misturado foi menos influenciada pelo contacto com os fluidos biológicos quando comparado ao MTA. Isso pode ser atribuído ao facto de que o ERRM foi pré-misturado pelo fabricante e fornece uma mistura mais uniforme. O BD requer a mistura manual durante a consulta o que pode causar inconsistência dentro do material.⁶

5.1.6 Radiopacidade

A radiopacidade é uma propriedade importante esperada de um material de proteção pulpar, pois esses materiais geralmente são aplicados em espessuras baixas e precisam ser facilmente discernidos dos tecidos circundantes. De acordo com a norma ISO, os materiais dentários devem ter uma radiopacidade equivalente a 3 mm de alumínio.

A radiopacidade do BD (2.8 mm) é próxima à da dentina (1 mm).¹⁹

Essa opacidade é explicada pelo uso de um agente opacificante: óxido de zircónio que mostrou ser biocompatível e inerte.^{9,19}

A baixa radiopacidade deste cimento dificulta a distinção radiológica entre o material e os tecidos calcificados do dente, o que dificulta a sua monitorização.⁹

Tanalp *et al*; compararam a radiopacidade do BD e MTA, a radiopacidade média do grupo BD foi significativamente menor em comparação com os grupos AMTA e Micro-méga MTA (MM-MTA).

Por isso, numa análise clínica verificou-se que a radiopacidade do BD está na região da dentina e que o BD não é adequadamente visível na radiografia, resultando em dificuldade na sua correta aplicação.¹⁹

É vantajoso usar materiais com valores de radiopacidade semelhantes ou superiores ao do esmalte para obter um melhor desempenho de qualidade.¹³

Hrab *et al*; compararam a radiopacidade do cimento TotalFill BC com hidroxiapatita com zinco (5%–10%), hidroxiapatita com prata (10%–15%), vidros de aluminossilicato (45%–50%), óxido de zircónio (10%–15%) e hidróxido de cálcio (5%–10%).

Chegaram a conclusão que o TotalFill apesar de ter uma radiopacidade média de $4 \pm 0,15$ (unidade), era mais radiopaco que os materiais experimentais.³⁴

Grech *et al.*, que também estudaram a radiopacidade, mostram no seu estudo um melhor resultado do BA em relação ao BD.⁹

5.1.7 Cor

A descoloração dos dentes foi uma das principais desvantagens dos cimentos anteriores. Os cimentos mais recentes tentaram reduzir o risco de descoloração dos dentes, ao tentar melhorar a biocompatibilidade.

Como afirmado por Linu *et al*; os cimentos à base de silicato de cálcio utilizados até agora, como o MTA, causam uma alteração de cor a longo prazo. Várias hipóteses explicam isso tais como: a presença do óxido de bismuto como radiopacificador e/ou contaminação do material por sangue.¹⁵

Vallés *et al*; estudaram a estabilidade cromática dos dentes com BD e os resultados mostram uma grande estabilidade cromática do BD em todas as condições. Parece que o uso de BD não induz discromia coronal.¹²

BD manteve a estabilidade de cor mesmo após 6 meses e exibiu descoloração significativamente menor em comparação com ProRoot MTA (Vallés *et al.*, 2015), BA e WMTA.^{12,20}

Devido ao seu potencial de estabilidade de cor, BD pode ser uma alternativa interessante de cimento para uso em áreas esteticamente sensíveis.²⁰

Assim num estudo de Meschi *et al*; 2020 onde avaliaram a descoloração induzida por Pro Root MTA, Medcem e BD, observamos uma coloração preta do dente para o MTA, 7 anos depois, uma leve coloração amarelada para o Medcem, 3 anos depois e 6 meses após, nenhuma descoloração foi visível para o BD, mas um acompanhamento de longo prazo é necessário para avaliar isso adequadamente.¹⁷

5.2 Propriedades químicas

5.2.1 Adesão

Considerando que o BD é um substituto da dentina destinado a permanecer sob restaurações usuais, os pesquisadores estudaram a adesão de diferentes sistemas de união ao BD, assim é importante conhecer suas capacidades de adesão para que a restauração final permaneça estanque e resista às forças de mastigação.²⁶ Há muito pouca informação na literatura sobre a interface entre o BD e as restaurações adesivas que o recobrem.

No seu estudo, Odabas *et al*; avaliaram a resistência ao cisalhamento (SBS) de um adesivo autocondicionante, um adesivo autocondicionante de 2 passos e um sistema adesivo autocondicionante de 1 passo ao BD em diferentes intervalos. Não foram encontradas diferenças significativas entre todos os grupos de adesivos nos mesmos intervalos de tempo (12 minutos e 24 horas). Quando diferentes intervalos de tempo foram comparados, o menor valor de adesão foi obtido para o adesivo etch-and-rinse em um período de 12 minutos, enquanto o maior foi obtido para o adesivo autocondicionante de 2 etapas no período de 24 horas.²⁴

Hashem *et al*; chamaram a atenção para outra questão em termos de características de resistência de união do BD com materiais subjacentes. BD é um material restaurador fraco na sua fase inicial de presa. Os autores defendem que, no caso de uma restauração definitiva laminada/em camadas, a colocação da resina composta sobre o BD deve ser adiada por o mínimo 2 semanas para que o material BD sofra maturação adequada para suportar as forças de contração da resina composta.²³ Esse tempo mínimo de 2 semanas também se justifica pela necessidade de avaliar a vitalidade pulpar após o capeamento. Uma vez verificada a vitalidade pulpar, o Médico dentista pode cobrir o BD com uma resina composta. Um adesivo autocondicionante

ou um adesivo de condicionamento total pode ser usado. A porosidade do BD poderia explicar que não há diferença.

A acidez do pré-condicionamento ou contida em adesivos autocondicionantes pode ser tamponada pela alcalinidade do BD.²³

Num estudo de Camilleri *et al*; compararam o BD, um CVI (Fuji IX, GC) e um CVIMAR (Vitrebond, 3M ESPE) numa restauração sandwiche aberta como substituto de dentina, revestindo-os com um compósito. O BD revela microinfiltração visível na interface material-dentina.

Enquanto CVI e CVIMAR, não apresentam alteração no comportamento físico ou microinfiltração nas mesmas condições.²⁵

Altunsoy *et al*; em 2015 mediram a resistência ao cisalhamento (SBS) de um compósito fluido autoaderente: Vertise Flow e um compósito fluido: X-trabase em MTA, BD e CEM (mistura de cimento enriquecido com cálcio).

Não há diferença significativa entre o Vertise Flow e o X-trabase (compósito fluido) quando aplicado sobre os materiais de capeamento testados. MTA e CEM apresentam valores de adesão superiores ao BD.³²

5.3 Propriedades biológicas

5.3.1 Vias de sinalização

De acordo com Peters *et al*; 2016, o BD tem ação na síntese de fatores de crescimento como o Fator de Crescimento Endotelial Vascular (VEGF) e o Fator de Crescimento Transformador Beta 1 (TGF- β 1) envolvidos na angiogênese. VEGF induz a proliferação e migração de células endoteliais. Em contato com BD, observa-se um aumento na secreção desse fator de crescimento.²⁸

O BD também atua nos fatores de inflamação. Ao entrar em contato com o material, a secreção pelos odontoblastos de citocina pró-inflamatória e o Factor de Necrose Tumoral alfa (TNF- α) diminui. Também se observou o aumento da atividade da fosfatase alcalina. Esta última está envolvida na formação da hidroxiapatita e na mineralização da matriz dentinária.^{18,35}

A ação favorável do BD na cicatrização pulpar foi demonstrada quando colocado em contato direto com as células-tronco pulpares (hDPSCs). O material leva à estimulação da proliferação e migração de células-tronco pulpares e fibroblastos, bem como sua adesão. Em contacto com o material, os fibroblastos são diferenciados em odontoblastos, e vão formar uma matriz mineralizada correspondente à dentina terciária.^{14,27}

Laurent *et al*; num estudo confirmaram que quando o BD é aplicado diretamente na polpa, induz uma forma precoce de formação de dentina reparadora. Este cimento tricálcico permite a preservação da vitalidade pulpar e facilita a sua cicatrização pela formação de dentina reactiva e ponte dentinária.²⁹

A cicatrização pulpar é um processo molecular e celular complexo.²⁷

A regeneração do complexo dentina-polpa após lesão grave envolve a diferenciação das células-tronco da polpa dentária (hDPSCs) em odontoblastos secundários e

subsequente dentinogênese. As células-tronco da polpa dentária são clonogênicas e são capazes de autorrenovação e diferenciação multi-linhagem.²⁷

Essa diferenciação celular é regulada por uma complexa rede de moléculas sinalizadoras, vias, receptores e sistemas de controle de transcrição.²⁷

Como demonstrado por Luo *et al*; 2014 num estudo onde investigaram por quais vias de sinalização o BD foi mediado na diferenciação de hDPSCs, BD é um material bioativo e biocompatível capaz de induzir a diferenciação de odontoblastos de hDPSCs com as vias MAPK e CaMKII.^{26,27}

5.3.2 Migração celular

No estudo de Tomás-Catalá *et al*; 2018, em 48 horas, o grupo BD apresentou maior migração celular do que o grupo controle em todas as diluições, enquanto o grupo NeoMTA apresentou migração celular um pouco mais rápida do que o grupo MTA Repair HP; mas ambos apresentaram maiores aberturas de feridas do que o grupo controle.

Esses resultados indicam que o BD teve um efeito mais forte na capacidade de migração das hDPSCs, enquanto o NeoMTA e o MTA Repair HP produziram valores semelhantes aos do controle.¹⁴

Imagens do material BD revelaram a presença de mais células do que em NeoMTA e MTA Repair HP.¹⁴

5.3.3 Biocompatibilidade e citotoxicidade

É imprescindível que o material utilizado em contato com o tecido pulpar tenha boa biocompatibilidade e bioatividade; caso contrário, irritará a polpa, com maior possibilidade de ser irreversível.¹⁶

Tomas afirma no seu estudo publicado em 2016 que a presença de Estrôncio (Sr), Alumínio (Al) e Enxofre (S) está relacionada com a citotoxicidade do NeoMTA Plus e MTA Repair HP. O seu baixo teor ou ausência está relacionado com a biocompatibilidade do BD.¹⁴

Devido ao seu campo de aplicação, BD está em contacto direto com tecidos mineralizados, polpa e/ou tecidos periapicais.

Segundo um estudo de Biocanin *et al*; 2018, o BD pode obliterar os túbulos dentinários, impedindo, a infiltração dos fluídos peri-radulares e, diminuindo os nutrientes necessários ao desenvolvimento bacteriano.²¹

Bhavana *et al*; 2015 num outro estudo confirmaram que BD apresenta ausência de citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade.

A sua biocompatibilidade é comparável à do MTA. No geral, o BD apresenta uma tolerância tecidular muito favorável.

O BD apresenta uma atividade antibacteriana e antifúngica relacionada ao seu pH alcalino (pH=12) que produz um efeito inibitório sobre os microrganismos circundantes e tecidos moles e também relacionada a presença na sua composição de carbonato de cálcio, que é precursor da formação de aglomerados de hidroxiapatite.³³

Klein *et al*; 2021 comparam a citotoxicidade dos cimentos à base de silicato de cálcio : o BD, Bio-C Repair e Bio-C Repair Íon+ exibiram menor citotoxicidade do que o MTA Repair HP na análise de 24 horas. Na análise de 7 dias, o BD apresentou a maior viabilidade celular, enquanto o MTA Repair HP foi o mais citotóxico para as

células NIH 3T3. Para este período de análise, os demais cimentos à base de silicato de cálcio apresentaram citotoxicidade moderada, sem diferença significativa. ¹⁶

5.4 Sucesso clínico

5.4.1 Regeneração pulpar

Num estudo de 2021, Sahin compara o TheraCal Lc com o BD assim demonstrou que os materiais que contêm resina, como o Theracal Lc, alteram o equilíbrio para um estado de inflamação, enquanto que os materiais sem resina, como o BD, exercem atividade anti-inflamatória e induzem a capacidade de regeneração pulpar. Assim na taxa de sucesso clínico o BD oferece resultados mais favoráveis para a saúde pulpar (100%) em comparação ao grupo Theracal (93.3%). ⁵

Além disso, é tentador considerar que o Theracal tem pouco ou nenhum efeito na cicatrização pulpar e desloca o equilíbrio para a inflamação, pois apresenta maior redução da camada odontoblástica, maior prevalência de fibrose e porque a formação de dentina terciária não foi observada enquanto várias pulpites foram detectadas em todas as amostras do grupo Theracal. ⁵

No estudo de Parikh *et al*; 2021, onde compara o BD com o ERRM, o sucesso a 12 meses foi de 78.60% para o BD e 64.70% para o ERRM, O grupo BD teve um desempenho clínico superior ao do grupo ERRM em todos os intervalos de tempo e, portanto, pode ser utilizado com sucesso para restaurar dentes vitais expostos. ⁶

Como demonstram Holiel *et al*; 2021, quando comparam o novo material “treated dentin matrix hydrogel” (TDMH) com o BD e MTA, durante o período de follow-up: todos os pacientes eram assintomáticos, sem sinais e sintomas clínicos e sem sinais radiográficos de patologia. Contudo a avaliação tomográfica mostrou que os materiais testados têm diferentes níveis de impacto nas pontes dentinárias formadas com o grupo TDMH, resultando em pontes dentinárias significativamente superiores com maior radiodensidade e espessura do que BD e MTA. Assim demonstrou que o TDMH tem maior potencial para induzir a formação de pontes dentinárias do que BD e MTA.¹¹

Com o seu trabalho, Rubanenko *et al*; 2019 comparam o tricalcium silicate (BD) com o Formocresol, com n=72 dentes para o BD e n=35 dentes para o Formocresol. O tricalcium silicate foi bem-sucedido em 97,3% dos casos, e o Formocresol em 91,4%. Com base nos resultados deste estudo, o tricalcium silicate é mais biocompatível e é preferível ao formocresol para tratamento de pulpotomia .⁸

Tambem Sahin *et al*; 2021, comparam três materiais: BD, Dycal e TheracalC em tratamento de capeamento pulpar indireto.

A 24 meses, o sucesso clínico e radiográfico para Dycal, BD, e TheraCal LC foi 100%, 100%, e 93,3%, respectivamente.

No grupo BD, todos os dentes apresentaram integridade da camada odontoblástica juntamente com formação de dentina terciária, ambos indicando a preservação da estrutura de uma polpa saudável. Além disso, BD demonstrou levar a uma secreção mais alta de TGF- β 1 e fator de crescimento de fibroblastos-2 (FGF-2) em comparação com TheraCal C. A formação de dentina terciária foi observada em todos os dentes do grupo Biodentine, todos com qualidade relativamente superior em comparação com os outros grupos. Também foi comprovado que o BD proporcionou resultados mais favoráveis em termos de saúde pulpar em comparação com o grupo Dycal.⁵

5.4.2 Dor pós-operatória

No estudo de Parikh *et al*; 2021, o grupo BD 22 (73,30%) dos pacientes não relataram dor em comparação com o grupo ERRM em que 26 pacientes (86,70%) tiveram dor depois de 24h.⁶ Iwamoto *et al*; na sua pesquisa também encontraram resultados semelhantes favoreis BD para obter menor incidência de dor pós-operatória.⁶

Também no estudo de Tran *et al*; 2021, em ambos os casos, os sinais e sintomas clínicos melhoraram um mês após a pulpotomia completa com BD.³⁰

Parikh *et al*; 2021 num estudo com n= 60 dentes permanentes com caries profundas sem sinais de pulpíte irreversível compararam o BD com ERRM.

Neste estudo observamos que a taxa de sucesso em 12 meses para o grupo BD é de 78,60% e o grupo ERRM é de 64,70%. Quanto aos resultados em 12 meses, verificaram-se 3 falhas para o BD. Os casos que falharam deram um teste de calor negativo e não tiveram dor. Para todos os casos de insucesso, foi realizado um tratamento endodôntico.

Em 24h a dor pós-operatória entre os grupos foi analisada. No entanto, no grupo BD os pacientes não relataram dor em comparação com o grupo ERRM. Assim um desempenho clinicamente melhor foi observado com o grupo BD no capeamento pulpar directo em todos os intervalos de tempo.⁶

5.6 Limites do Biodentine

Assim, apesar dessas boas propriedades, o BD tem seus limites.

- Segundo um estudo de Bachoo *et al*; após 6 meses, observa-se uma degradação da forma anatômica, da adaptação marginal e do ponto de contato interproximal; sendo necessária a colocação de um material restaurador definitivo adicional. Portanto a sua resistência à abrasão é baixa.²⁶
O BD é considerado hoje em dia um material reparador e não restaurador, tendo sempre que ser recoberto com um material restaurador até 6 meses no máximo segundo Bachoo *et al*.²⁶
- Segundo Hashem *et al*; BD é um material restaurador fraco na sua fase inicial de presa. A colocação de resina composta sobrejacente como material de restauração definitiva aplicado em camadas, é melhor ser feito 2 semanas depois para permitir maturação intrínseca suficiente e para suportar as forças de contração da resina composta. Um adesivo de condicionamento total ou autocondicionante pode ser usado.²³
- Segundo Tanalp *et al*; uma observação clínica indicou que a radiopacidade do BD está na região da dentina e o cimento não é adequadamente visível na radiografia, resultando numa dificuldade na sua correta aplicação.¹⁹
- Segundo Motwani *et al*; 2021, as propriedades do BD podem ser adversamente afetadas por um erro na proporção pó/líquido e podem apresentar dificuldades nas características de manuseamento. (Premixed bioceramics: A novel pulp capping agente).¹³

- Segundo Holiel *et al*; onde compara um novo material “treated dentin matrix hydrogel” (TDMH) com BD e MTA, a análise histológica após 2 meses mostrou a formação completa de uma ponte dentinária e a ausência de resposta inflamatória pulpar sem diferença significativa entre os grupos. No entanto, a dentina formada foi significativamente mais espessa com o grupo TDMH, com camadas de odontoblastos bem-dispostas que formaram uma estrutura tubular homogênea, com inúmeras fileiras de túbulos dentinários mostrando uma tendência positiva para a regeneração dentinária.¹⁰ No entanto, a análise de imagem CBCT revelou que os materiais testados nos três grupos tiveram diferentes níveis de impacto nas pontes de dentina recém-formadas, influenciando altamente as polpas expostas e induzindo positivamente a formação de dentina reparadora. Com o grupo TDMH os resultados mostram pontes de dentina significativamente superiores de maior densidade e espessura do que o BD e MTA.¹¹ Assim este estudo expande o estudo de Nowicka *et al*; 2013, onde ele apenas comparou BD ao MTA e relatou que a dentina estava bem organizada com o MTA, mas não com o TDMH.⁷

6. CONCLUSÕES

A escolha do material é um parâmetro essencial na prática clínica.

Nesta revisão, artigos relevantes relataram que o Biodentine apresentou muitas propriedades estimulantes e uma alta taxa de sucesso.

No entanto as suas propriedades podem ser adversamente afetadas e o Biodentine tem os seus limites em alguns pontos vistos na revisão. Também os novos cimentos Biocerâmicos pré-misturados mostraram uma evolução ao nível do manuseamento que foi uma das dificuldades do Biodentine.

Assim novos cimentos como Total Fill BC, Bioaggregate, TDMH podem ser uma alternativa ao Biodentine na manutenção da vitalidade pulpar.

Limites do estudo: A maioria dos estudos relativos ao Biodentine e aos novos cimentos como o Total Fill BC ou o TDMH concordam num ponto: são necessários mais estudos de longo prazo para confirmar os bons resultados do material para as diferentes indicações possíveis.

Referências bibliográficas

1. Morotomi T, Washio A, Kitamura C. Current and future options for dental pulp therapy. *Japanese Dental Science Review*. nov 2019;55(1):5-11.
2. Cohenca N, Paranjpe A, Berg J. Vital Pulp Therapy. *Dental Clinics of North America*. janv 2013;57(1):59-73.
3. Youssef A-R, Emara R, Taher MM, Al-Allaf FA, Almalki M, Almasri MA, et al. Effects of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide, biodentine and Emdogain on osteogenesis, Odontogenesis, angiogenesis and cell viability of dental pulp stem cells. *BMC Oral Health*. déc 2019;19(1):133.
4. Moussa DG, Aparicio C. Present and future of tissue engineering scaffolds for dentin-pulp complex regeneration. *J Tissue Eng Regen Med*. janv 2019;13(1):58-75.
5. Sahin N, Saygili S, Akcay M. Clinical, radiographic, and histological evaluation of three different pulp-capping materials in indirect pulp treatment of primary teeth: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. juin 2021;25(6):3945-55.
6. Parikh M, Kishan KV, Shah NC, Parikh M, Saklecha P. Comparative evaluation of biodentine and endosequence root repair material as direct pulp capping material: A clinical study. *J Conserv Dent*. août 2021;24(4):330-5.
7. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod*. juin 2013;39(6):743-7.
8. Rubanenko M, Petel R, Tickotsky N, Fayer I, Fuks AB, Moskovitz M. A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Tricalcium Silicate and Formocresol Pulpotomies Followed for Two to Four Years. *Pediatr Dent*. 15 nov 2019;41(6):446-50.
9. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater*. févr 2013;29(2):e20-28.
10. Holiel AA, Mahmoud EM, Abdel-Fattah WM, Kawana KY. Histological evaluation of the regenerative potential of a novel treated dentin matrix hydrogel in direct pulp capping. *Clin Oral Investig*. avr 2021;25(4):2101-12.

11. Holiel AA, Mahmoud EM, Abdel-Fattah WM. Tomographic evaluation of direct pulp capping using a novel injectable treated dentin matrix hydrogel: a 2-year randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* juill 2021;25(7):4621-34.
12. Vallés M, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Bourdelande JL, Roig M. Influence of light and oxygen on the color stability of five calcium silicate-based materials. *J Endod.* avr 2013;39(4):525-8.
13. Motwani N, Ikhar A, Nikhade P, Chandak M, Rathi S, Dugar M. Premixed bioceramics: A novel pulp capping agent. *J Conserv Dent.* 2021;24(2):124-9.
14. Tomás-Catalá CJ, Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Forner L, Llena C, et al. Biocompatibility of New Pulp-capping Materials NeOMTA Plus, MTA Repair HP, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells. *J Endod.* janv 2018;44(1):126-32.
15. Linu S, Lekshmi MS, Varunkumar VS, Sam Joseph VG. Treatment Outcome Following Direct Pulp Capping Using Bioceramic Materials in Mature Permanent Teeth with Carious Exposure: A Pilot Retrospective Study. *J Endod.* oct 2017;43(10):1635-9.
16. Klein-Junior CA, Zimmer R, Dobler T, Oliveira V, Marinowic DR, Özkömür A, et al. Cytotoxicity assessment of Bio-C Repair Íon+: A new calcium silicate-based cement. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2021;15(3):152-6.
17. Meschi N, Patel B, Ruparel NB. Material Pulp Cells and Tissue Interactions. *J Endod.* sept 2020;46(9S):S150-60.
18. Jang YE, Lee BN, Koh JT, Park YJ, Joo NE, Chang HS, et al. Cytotoxicity and physical properties of tricalcium silicate-based endodontic materials. *Restor Dent Endod.* mai 2014;39(2):89-94.
19. Tanalp J, Karapınar-Kazandağ M, Dölekoğlu S, Kayahan MB. Comparison of the radiopacities of different root-end filling and repair materials. *ScientificWorldJournal.* 2013;2013:594950.
20. Yoldaş SE, Bani M, Atabek D, Bodur H. Comparison of the Potential Discoloration Effect of Bioaggregate, Biodentine, and White Mineral Trioxide Aggregate on Bovine Teeth: In Vitro Research. *J Endod.* déc 2016;42(12):1815-8.

21. Biočanin V, Antonijević Đ, Poštić S, Ilić D, Vuković Z, Milić M, et al. Marginal Gaps between 2 Calcium Silicate and Glass Ionomer Cements and Apical Root Dentin. *J Endod.* mai 2018;44(5):816 21.
22. Dawood AE, Manton DJ, Parashos P, Wong R, Palamara J, Stanton DP, et al. The physical properties and ion release of CPP-ACP-modified calcium silicate-based cements. *Aust Dent J.* déc 2015;60(4):434 44.
23. Hashem DF, Foxton R, Manoharan A, Watson TF, Banerjee A. The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dent Mater.* mars 2014;30(3):343 9.
24. Odabaş ME, Bani M, Tirali RE. Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *ScientificWorldJournal.* 2013;2013:626103.
25. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater.* mai 2013;29(5):580 93.
26. Bachoo IK, Seymour D, Brunton P. A biocompatible and bioactive replacement for dentine: Is this a reality? The properties and uses of a novel calcium-based cement. *Br Dent J.* 2013;214:5.
27. Luo Z, Kohli MR, Yu Q, Kim S, Qu T, He W xi. Biodentine induces human dental pulp stem cell differentiation through mitogen-activated protein kinase and calcium-/calmodulin-dependent protein kinase II pathways. *J Endod.* juill 2014;40(7):937-42.
28. Peters OA, Galicia J, Arias A, Tolar M, Ng E, Shin SJ. Effects of two calcium silicate cements on cell viability, angiogenic growth factor release and related gene expression in stem cells from the apical papilla. *Int Endod J.* déc 2016;49(12):1132-40.
29. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J.* mai 2012;45(5):439-48.
30. Tran XV, Ngo LTQ, Boukpepsi T. BiodentineTM Full Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Irreversible Pulpitis and Apical Periodontitis. *Healthcare (Basel).* 12 juin 2021;9(6):720.
31. Koubi G, Colon P, Franquin JC, Hartmann A, Richard G, Faure MO, et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute,

- Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clin Oral Investig.* janv 2013;17(1):243-9.
32. Altunsoy M, Tanriver M, Ok E, Kucukyilmaz E. Shear Bond Strength of a Self-adhering Flowable Composite and a Flowable Base Composite to Mineral Trioxide Aggregate, Calcium-enriched Mixture Cement, and Biodentine. *J Endod.* oct 2015;41(10):1691-5.
33. Bhavana V, Chaitanya KP, Gandi P, Patil J, Dola B, Reddy RB. Evaluation of antibacterial and antifungal activity of new calcium-based cement (Biodentine) compared to MTA and glass ionomer cement. *J Conserv Dent.* févr 2015;18(1):44-6.
34. Hrab D, Chisnoiu AM, Badea ME, Moldovan M, Chisnoiu RM. Comparative radiographic assessment of a new bioceramic-based root canal sealer. *Clujul Med.* 2017;90(2):226-30.