

O USO DOS NOVOS BIOCERÂMICOS NA MICROCIRURGIA ENDODÔNTICA - Revisão sistemática integrativa

Pierre Marie François Dominique Bassereau

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

Gandra, 23 de setembro de 2021

Pierre Marie François Dominique Bassereau

Dissertação conducente ao Grau de Mestre
em Medicina Dentária (ciclo integrado)

O USO DO NOVOS BIOCERÂMICOS NA MICROCIRURGIA ENDODÔNTICA - Revisão sistemática integrativa

Trabalho realizado sob a Orientação do Prof. Fausto Miguel Tadeu Coelho Da Silva

Declaração de Integridade

Eu, Pierre Marie François Dominique Bassereau, 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.



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

AGRADECIMENTOS

A minha família, pelos valores que me transmitiram e por tudo me terem dado ao longo da minha vida. Especialmente à minha avó, pelo amor que ela me deu durante 25 anos.

À Margot, vim aqui para obter um diploma, mas vou embora com muito mais valioso. Obrigado pelo teu apoio durante estes 5 anos, devo-te muito.

Ao meu binómio e amigo Samuel pela sua presença ao longo do ano. Ganhas o direito de ser o padrinho da minha 6ª filha.

A todos os meus amigos. A vós que conheci aqui, que tornastes esta experiência no estrangeiro mágica. Tenho orgulho em contar-vos entre os meus amigos.

A meu Orientador Fausto Miguel Tadeu Coelho Da Silva, obrigado pelo apoio, e acompanhamento neste trabalho.

RESUMO

Introdução: A microcirurgia endodôntica é necessária para garantir um melhor resultado quando o tratamento não cirúrgico está contraindicado. A seleção do material retro-obturador é muito importante porque deve apresentar boas características biológicas e físicas. O MTA é atualmente considerado o *gold standard*, mas apresenta várias desvantagens. Assim foi desenvolvida uma vasta gama de novos materiais biocerâmicos para melhorar os resultados da retro-preparação como a *Biodentine*, o *EndoSequence* e o *BioAggregate*.

Objetivos: Verificar se os novos materiais biocerâmicos são uma alternativa adequada ao MTA na microcirurgia endodôntica e se ultrapassam as desvantagens deste material.

Material e métodos: Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados Pubmed, considerando artigos publicados em inglês entre 2011 e 2021, utilizando as seguintes palavras-chave: «*microsurgery*», «*human*», «*root end*», «*silicates*», «*root canal filling materials*», «*calcium compounds*».

Resultados: Foram selecionados 14 artigos, considerados pertinentes sobre os materiais retro-obturadores. Dos quais 5 abordam as propriedades biológicas dos novos biocerâmicos, 4 estudam a impermeabilização e a qualidade do selamento, 2 analisam as propriedades físicas dos materiais e por fim, 3 analisam outras características como a radiopacidade, o manuseamento ou o tempo de presa.

Discussão: Os novos biocerâmicos apresentam características biológicas e físicas pelo menos tão boas como o MTA. As suas capacidades de selamento são também adequadas, o que é crucial para o sucesso deste tratamento. Asseguram também um tempo de presa mais curto e um melhor manuseamento, o que facilita as suas utilizações.

Conclusão: Podemos considerar os novos biocerâmicos como uma solução alternativa ao MTA no tratamento da microcirurgia endodôntica.

PALAVRAS-CHAVE – «*microsurgery*», «*human*», «*root end*», «*silicates*», «*root canal filling materials*», «*calcium compounds*»



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

ABSTRACT

Background: Endodontic microsurgery is necessary to guarantee a better result when non-surgical treatment is contraindicated. The selection of the retrofilling material is very important because it must present good biological and physical characteristics. MTA is currently considered the gold standard, but it has several drawbacks. Therefore, a wide range of new bioceramic materials has been developed to improve the results of retro preparation such as Biodentine, EndoSequence and BioAggregate.

Objectives: To verify if the new bioceramic materials are a suitable alternative to MTA in endodontic microsurgery and if they correct the disadvantages of this material.

Material and methods: A bibliographic search was conducted in the Pubmed database from 2011 to 2021 of articles in English using the following keywords: "microsurgery", "human", "root end", "silicates", "root canal filling materials", "calcium compounds".

Results: A total of 14 articles were selected and considered relevant about retrofilling materials. 5 treat the biological properties of the new bioceramics, 4 deal with waterproofing and sealing quality, 2 analyze the physical properties of the materials and finally, 3 present other characteristics such as radiopacity, manipulation or setting time.

Discussion: The new bioceramics present biological and physical characteristics at least as good as MTA. Their sealing ability is also adequate, which is crucial for the success of this treatment. They also ensure a shorter setting time and better handling, which facilitate their use.

Conclusion: We can consider the new bioceramics as an alternative solution to MTA in the treatment of endodontic microsurgery.

KEY WORDS - *"microsurgery", "human", "root end", "silicates", "root canal filling materials", "calcium compounds"*.



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

ÍNDICE GERAL

RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. MATERIAIS E MÉTODOS	2
A. PROTOCOLO	2
B. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	2
C. FONTES DE INFORMAÇÃO.....	3
D. ESTRATÉGIA DE BUSCA	3
E. SELEÇÃO DE ESTUDO.....	4
IV. RESULTADOS.....	6
A. SELEÇÃO DOS ARTIGOS	6
B. ÍTENS DE OBTENÇÃO DE DADOS	6
C. SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	13
I. <i>Capacidade de selamento</i>	13
II. <i>Propriedades físicas</i>	13
III. <i>Propriedades biológicas</i>	14
IV. <i>Radiopacidade, Tempo de presa e Manuseamento</i>	14
V. DISCUSSÃO.....	15
A. CAPACIDADE DE SELAMENTO	15
1. Porosidade e adaptação marginal.....	15
2. Estanqueidade.....	16
B. PROPRIEDADES FÍSICAS.....	17
1. Força de ligação.....	17
2. Solubilidade e estabilidade física	18
3. Microdureza	18
C. PROPRIEDADES BIOLÓGICAS	18
1. Biocompatibilidade e citotoxicidade	18
2. Bioatividade e reação química.....	19
3. Ação antifúngica e antibacteriana.....	20
D. OUTROS FATORES.....	20
1. Tempo de presa.....	20
2. Manuseamento	21
3. Radiopacidade	22
VI. CONCLUSÕES	23
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

INDICE DE TABELA

Tabela 1 - Critérios de elegibilidade	3
Tabela 2 : Estratégia de busca	4
Tabela 3: Resultados dos artigos	7

INDICE DE FIGURA

Figura 1 - Fluxograma PRISMA	5
------------------------------------	---



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BD – *Biodentine*

BA – *BioAggregate*

BC – *Endosequence RRM BC = TotalFill*

MTA – *Mineral Trioxide Aggregate* = Mineral trióxido Agregado

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

GMTA – *Grey MTA* = MTA Cinzento

MM-MTA – *Micro Mega MTA*

ZOE – Óxido de zinco Eugenol

GIC – Cimento de Ionómero de vidro

IRM – *Intermediate Restorative Material* = Material Restaurador Intermédio

min – Minutos

h – horas

mm – Milímetros

mm – Mililitros

CT – Controlo

n – Amostra

% – Percentagem

Ca²⁺ – Cálcio

Al – Alumínio

I. INTRODUÇÃO

A microcirurgia endodôntica é necessária para garantir um melhor resultado para o tratamento de dentes com lesões peri-apicais em casos de falhas da abordagem não cirúrgica, e/ou quando o novo tratamento não cirúrgico está contraindicado ⁽¹⁻⁵⁾. A taxa de sucesso deste procedimento cirúrgico é de aproximadamente 91,9% ⁽³⁾.

O procedimento cirúrgico envolve a remoção cirúrgica do tecido peri-radicular contaminado, a ressecção dos 3 mm apicais da raiz, seguida da preparação retrógrada da cavidade e colocação dum material retro-obturador ^(1,5-7).

A seleção do material influencia o resultado final do procedimento, porque o seu principal objetivo é selar a região apical, minimizando a micro-infiltração bacteriana, a reinfeção do canal radicular, promovendo assim a cicatrização do tecido peri-apical ^(1,3,4,6,8).

O material retro-obturador ideal deve ser radiopaco, biocompatível e oferecer uma atividade antimicrobiana, bioatividade, baixa solubilidade nos fluidos dos tecidos, baixa citotoxicidade, bom selamento marginal, aderência à dentina radicular, resistência à compressão, bem como uma estabilidade dimensional, tempo de presa adequado, e facilidade de manipulação ^(1-5,9).

Vários materiais retro-obturadores foram utilizados em cirurgia peri-apical incluindo amálgama, guta-percha, óxido de zinco eugenol (Super EBA), ionómero de vidro, IRM e muitos outros ^(1,6,9,10); mas todos demonstraram várias limitações ⁽⁷⁾.

No entanto, o *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA), um material endodôntico à base de silicato de cálcio desenvolvido pela modificação do cimento Portland, destaca-se entre todos estes materiais. É atualmente considerado o *gold standard* para a retro-obturaçãõ porque demonstrou uma biocompatibilidade e uma qualidade superior de obturaçãõ, bem como uma boa radiopacidade ^(1,3-5,7-12).

No entanto, há várias desvantagens na sua utilização como as suas propriedades de manipulaçãõ, a sua difícil compactaçãõ em canais radiculares estreitos e o seu longo tempo de presa ^(2,6,7,11). Também tem uma baixa resistênciã à compressãõ e um custo econômicõ elevado^(3,9).

A fim de resolver esses problemas clínicos, foram desenvolvidos novos materiais biocerâmicos ^(1,7,13). Neste estudo, vamos focar-nos especificamente em 3 destes novos materiais à base de silicatos de cálcio que são as alternativas mais utilizadas para o MTA na microcirurgia endodôntica: a *Biodentine* (Septodont, Saint Maur des Fosses, France), o *EndoSequence BioCeramic Root Repair Material BC-RRM* (Brasseler USA, Savannah, GA) e o *BioAggregate* (Innovative Biocaramix, Vancouver, Canada).

Por isso, o objetivo deste estudo é de verificar se os novos materiais biocerâmicos são uma alternativa adequada ao MTA na microcirurgia endodôntica e se ultrapassam as desvantagens deste material.

II. OBJETIVOS

Esta revisão integrativa pretende:

1. Verificar se os novos materiais biocerâmicos com os 3 exemplos apresentados (a *Biodentine*, o *BioAggregate* e o *EndoSequence BioCeramic Root Repair Material*) neste estudo são uma alternativa adequada ao MTA na microcirurgia endodôntica.
2. Demonstrar se superam as deficiências reconhecidas do MTA enquanto satisfazem as qualidades necessárias dum bom material retro-obturador.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Protocolo

Este trabalho foi realizado em conformidade com as diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyzes).

B. Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade usados na seleção dos artigos obedeceram aos critérios de inclusão e de exclusão seguintes (tabela 1)

Tabela 1 - Critérios de elegibilidade

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> • Artigos publicados ao longo dos dez últimos anos em inglês. • Artigos que abordam a cirurgia endodôntica nos humanos. • Artigos que abordem os materiais retro-obturadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artigos que analisam os fatores prognósticos relacionados com a microcirurgia • Artigos que tratam da técnica de preparação na microcirurgia • Artigos que apresentam outros materiais retro-obturadores não estudados neste trabalho • Artigos não pertinentes para este estudo.

C. Fontes de informação

Esta pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados Pubmed (via Biblioteca Nacional de Medicina) em Julho de 2021. Foram selecionados os estudos publicados em inglês e francês entre Junho de 2011 e julho de 2021.

D. Estratégia de busca

Para a realização desta revisão sistemática integrativa foi realizada uma pesquisa eletrónica na Pubmed, considerando as palavras-chave seguintes: «*microsurgery*», «*human*», «*root end*», «*silicates*», «*root canal filling materials*», «*calcium compounds*».

Foram utilizados os operadores booleanos («OR» e «AND») para criar uma correspondência entre os termos da pesquisa formulada com termos MeSH obedecendo à seguinte combinação de termos de pesquisa:

((root end) OR (retrograde obturation[MeSH Terms])) AND (silicates[MeSH Terms]) AND (root canal filling materials[MeSH Terms]) AND (calcium compounds[MeSH Terms]) AND (humans[MeSH Terms]))

Permitiu a identificação dos estudos pertinentes relacionados com o tema em estudo (tabela 3).

Tabela 2 : Estratégia de busca

Base de dados	Equação de pesquisa	Artigos encontrados (10 anos)	Título	Título + resumo	Texto integral	Artigos pré-selecionados	Artigos selecionados
Pubmed	<i>(((microsurgery[MeSH Terms]) OR (retrograde obturation[MeSH Terms]) OR (root-end)) AND ((bioceramic) OR (biodentine) OR (calcium silicate-based sealer)))</i>	122	1	4	117	78	16 (+ 4 da pesquisa secundária)

E. Seleção de estudo

No total, foram encontrados 297 artigos: 175 foram publicados há mais de 10 anos, 1 artigo foi selecionado com a leitura do título, 4 com a leitura do título e do resumo e 117 pela leitura integral do documento.

- A primeira etapa (fase I) permitiu incluir 83 artigos de acordo com os critérios de inclusão.
- A segunda etapa (fase II) 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 terceira etapa (fase III), os artigos pré-selecionados foram lidos e analisados individualmente em função dos objetivos deste estudo: foram excluídos 33 artigos que não abordavam os materiais biocerâmicos estudados neste trabalho (materiais experimentais, SuperEBA, ZOE... etc.), 11 artigos não pertinentes para o tema do nosso trabalho, 13 artigos que falavam de fatores prognósticos relacionados com a microcirurgia e 5 artigos que abordavam as diferentes técnicas de preparação na microcirurgia. 16 artigos foram considerados elegíveis para este estudo, mas só 14 artigos tinham dados estatísticos. Assim, foram considerados só esses últimos.
- Foi também realizada uma pesquisa secundária para obter mais artigos sobre as características dos novos biocerâmicos que não foram cobertos na pesquisa clássica explicada acima, sendo incluídos mais 4 artigos.

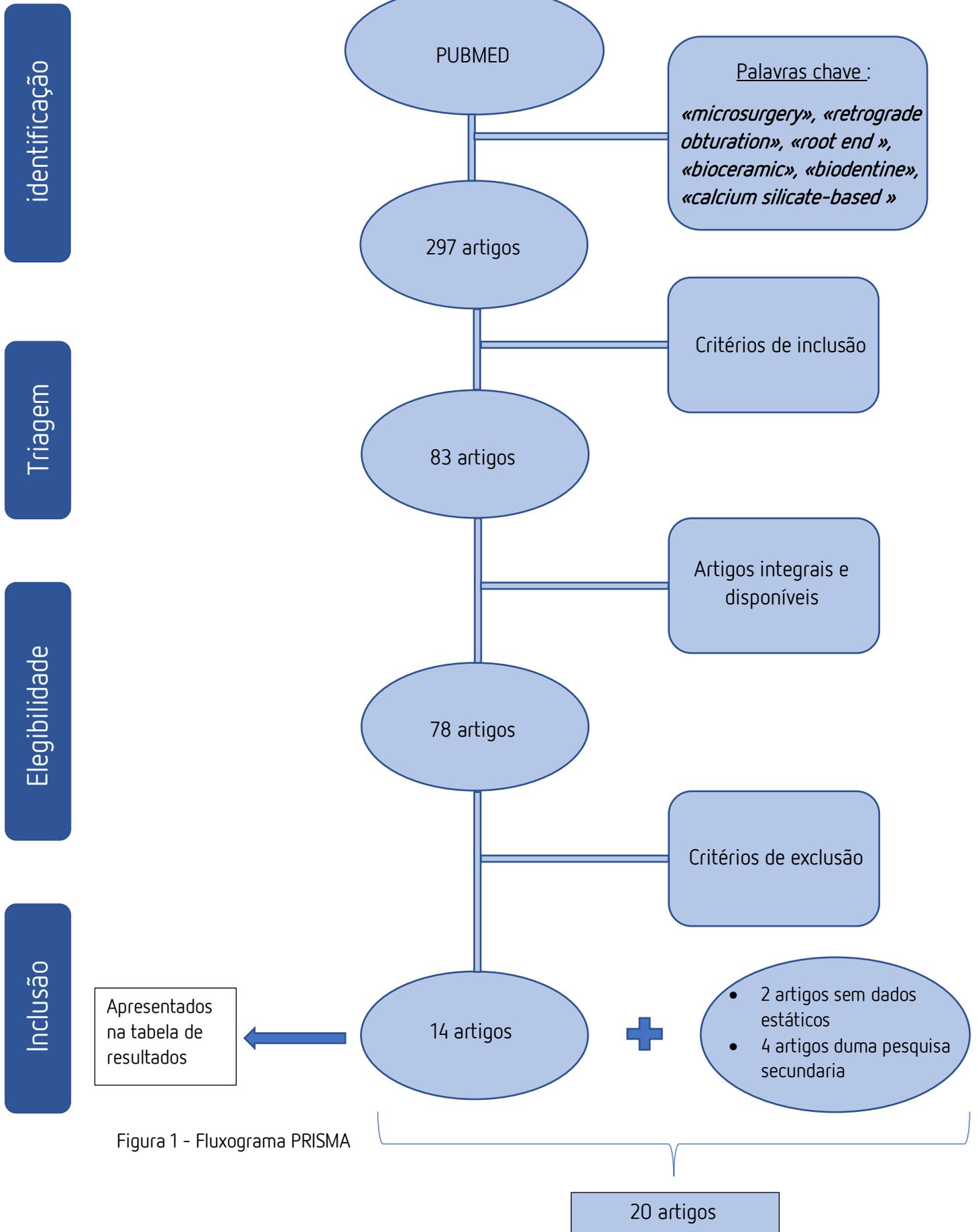


Figura 1 - Fluxograma PRISMA

IV. RESULTADOS

A. Seleção dos artigos

No total da pesquisa bibliográfica foram identificados 297 artigos (fase I). Sendo excluídos 214, porque não apresentavam todos os dados necessários, tendo em conta o objetivo do presente estudo. 5 artigos foram indisponíveis à leitura integral. Foram então pré-selecionados 78 artigos, para um exame mais detalhado (fase II). Destes 78 artigos, 62 foram excluídos, após ter lido o texto integral. Foram então incluídos 16 artigos que cumpriam todos os critérios de elegibilidade. Dos 16 artigos selecionados, foram excluídos 2 porque não continham dados estatísticos que permitissem responder ao nosso objetivo. No final, foram incluídos na revisão integrativa (fase III), 14 artigos que cumpriam os critérios de elegibilidade (tabela 3).

Entre estes 14 artigos, 5 abordam as propriedades biológicas (bioatividade, citotoxicidade, biocompatibilidade) dos novos biocerâmicos (36 %), 4 estudaram a impermeabilização e a qualidade do selamento (29 %), 2 analisaram as propriedades físicas (força de ligação, de compressão, solubilidade, estabilidade) dos materiais (14 %) e por fim, 3 apresentam outras características como a radiopacidade, a manipulação ou o tempo de presa (21 %) (tabela 3).

B. Itens de obtenção de dados

As seguintes informações foram determinadas a partir dos artigos: ano de publicação, nomes dos autores, metodologia do estudo, resultados obtidos para os diferentes materiais estudados e as conclusões dos autores.

Tabela 3: Resultados dos artigos

AUTORES	OBJETIVOS	MATERAIS	MATERIAL E MÉTODOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES
Stefaneli Marques JH et al. (2018)	Avaliar a força de ligação de materiais biocerâmicos retro-obturadores	- <i>Biodentine</i> - <i>MTA Angelus</i> - <i>ProRoot MTA</i>	30 incisivos centrais maxilares divididos em 3 grupos (n=10) por cada material. modos de falha analisados com microscópio : - Adesivo : cimento completamente separado da dentina - Coesivo : superfície da dentina coberta pelo cimento - Misto : dentina parcialmente coberta pelo cimento	<i>MTA Angelus</i> e <i>ProRootMTA</i> exibiu falhas mistas (60%) e falhas coesas (30%) BD mostrou falhas tanto mistas como coesas no cimento (50%-50%) Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi identificado na força de ligação dos 3 materiais	→ <i>Biodentine</i> pode ser utilizada como alternativa ao MTA devido ao sua maior estabilidade no local de enchimento. Causas : - BD tem uma maior proporção de silicato tricálcico comparativamente ao MTA (80,1% vs 66,1%) - A lixiviação iónica de cálcio da BD é mais elevada - BD incorpora aditivos que melhoram a hidratação - BD tem partículas mais pequenas, o que melhora a sua interação com a dentina (Melhor penetração dentro de túbulos dentários).
Toia et al. (2016)	avaliar o volume de lacunas e vazios, e a percentagem total de porosidade de 3 materiais biocerâmicos	- <i>Biodentine</i> - <i>EndoSequence</i> - <i>ProRootMTA</i>	33 raízes de molares instrumentadas e obturadas. 3mm apicais ressecados e preenchidos com <i>EndoSequence BC Putty</i> (BC), <i>ProRoot MTA</i> (MTA) e <i>Biodentine</i> . As amostras foram digitalizadas utilizando um scanner Micro-CT e as imagens tridimensionais reconstruídas. Avaliamos os percentagens de lacunas (VG%), de vazios (VV%) e de porosidade (Po%)	Todos os espécimes apresentavam tanto lacunas como vazios - Porosidade (%) : BC = 56,73%, MTA = 51,94%, BD = 50,45% - Lacuna (%) : BC= 2,006%, MTA= 1,882%, BD= 1,450% - Vazio (%) : BC = 0,039%, MTA= 0,021%, BD= 0,024% <i>EndoSequence</i> teve a maior porosidade. Não foi encontrada qualquer diferença estatística significativa no que diz respeito a vazios e lacunas	nenhum dos 3 materiais testados foi capaz de selar completamente os espaços preparados. Comportaram-se de forma semelhante em relação à presença de lacunas e vazios
N. Butt et al. (2014)	comparar a micro-infiltração de raízes retro-obturadas com materiais biocerâmicos e investigar o seu tempo de presa, propriedades de manipulação e resistência à compressão.	- <i>Biodentine</i> - <i>MTA Angelus</i>	Os canais radiculares instrumentados, preenchidos com <i>Biodentine</i> ou WMTA (n = 15 cada) com 2 raízes de controlo positivas e 2 negativas e armazenados a 37°C. O selamento foi avaliada às 4h, 24 h, 1, 2, 4, 8, e 12 semanas. O tempo de presa inicial, as propriedades de manipulação, e a resistência à compressão dos grupos de teste foram investigados por uma agulha de <i>vicat</i> , por um questionário de toque de mão operacional, e por uma máquina <i>instron</i> universal, respetivamente.	- Os tempos de presa da <i>Biodentine</i> e <i>MTA-Angelus</i> foram 6,5 ± 1,7 e 8,5 ± 2,4 min, sem diferença significativa - A propriedade de manipulação do WMTA era granulosa e arenosa (difícil a entrega na cavidade e a compactação). As propriedades de trabalho da BD eram melhores e semelhantes ao IRM. - WMTA tem maior fuga à 4h (0,951 vs 0,268µl/min/70cm H ₂ O) e 24h (0,499 vs 0,109) que a BD (resultados iguais até 12 semanas = 0,005 µl/min/70cm H ₂ O). - WMTA tem menor força de compressão do que a BD (41,51 vs 170,78 MPa a dia 1 e 76,82 vs 304,78 MPa a dia 28.	- A BD tem uma maior capacidade de selamento do que o MTA nas primeiras 24 horas e é igual após várias semanas. Isto pode ser explicado pelo tempo de presa mais curto e um biomíneralização melhor (camada mais larga rica em cálcio e silício). - A melhoria das propriedades de manipulação da <i>Biodentine</i> pode torná-lo mais conveniente para utilização. - A BD apresenta uma maior força compressiva do que o MTA por causa duma estrutura mais organizada

AUTORES	OBJETIVOS	MATERAIS	MATERIAL E MÉTODOS	RESULTADOS	CONSLUSÕES
V. Biocanin et al. (2018)	comparar a qualidade da obturação retrógrada de diferentes materiais de retro-obturaçào	- <i>Biodentine</i> - MTA - GIC	- A molhabilidade dos materiais foi calculada relativamente aos ângulos de contacto dos cimentos medidos utilizando uma gota de glicerol. - A porosidade dos cimentos foi determinada utilizando porosimetria de intrusão de mercúrio e imagens tomográficas dum micro-computador - Análise mCT foi aplicada para calcular o volume do intervalo entre o material de enchimento retrógrado e a dentina do canal radicular	GIC experimenta melhores características de molhabilidade, enquanto BD e MTA foram superiores na à porosidade e nos resultados da lacuna cimenteira-dentina	BD e MTA possuem vantagens em comparação com GIC. A tendência para uma menor lacuna marginal na interface dentina/cimento no grupo BD pode favorecer a sua aplicação na retro-obturaçào em comparação com GIC e MTA.
D.M. Escobar-García et al. (2016)	avaliar a citotoxicidade e a adesão celular do MTA e da <i>Biodentine</i> nos fibroblastos do ligamento periodontal	- <i>Biodentine</i> - MTA	- As células PDL foram obtidas de terceiros molares - o teste de profusão celular MTS foi realizado em dois grupos: MTA e BD, com os respetivos controlos em períodos de tempo diferente. - foi realizado o ensaio LIVE/DEAD às 24 h. - Para avaliação da adesão celular, foi realizada a imunocitoquímica para discernir a expressão de <i>Integrin β1</i> e <i>Vinculin</i> às 12 h e 24 h. A análise estatística foi realizada pelos testes Kruskal-Wallis e Mann-Whitney U.	Proliferação celular - 12 e 24 horas : CT > MTA > BD (não diferença significativa) - 48h : MTA tem maior proliferação celular Viabilidade celular aos 7 dias : - MTA 39,51% - BD 28,58% LIVE/DEAD test (fluorescência relativa às 24h) : - MTA : 11.0 ± 3.3 - BD : 22.5 ± 1.3 Porcentagem de inibição de expressão às 24h : - <i>Integrin β1</i> : 65,8% (BD) vs 84,2% (MTA) - <i>Vinculin</i> : 66,5% (BD) vs 73,9% (MTA)	- Ambos os materiais não são citotóxicos quando avaliados em períodos de incubação até 5 dias. O material mais biocompatível foi a BD. - Houve um aumento da adesão celular através da expressão de contactos focais observados no caso da BD, seguido do MTA, mas não de forma significativa
J. Tanalp et al. (2013)	avaliar comparativamente os valores de radiopacidade de 3 materiais retro-obturadores	- <i>Biodentine</i> - <i>MTA Angelus</i> - <i>MM-MTA</i>	Anéis cilíndricos padronizados preenchidos com <i>Biodentine</i> , <i>MM-MTA</i> e <i>WMTA</i> (n = 10 em cada grupo). CT = dentina de 1mm de espessura. As densidades radiográficas das amostras foram determinadas, e os valores foram convertidos em milímetros de alumínio (mm Al).	Radiopacidade média (mm Al) : - <i>Biodentine</i> 2,80 ± 0,48 - <i>MTA Angelus</i> : 4,72 ± 0,45 - <i>MM-MTA</i> : 5,18 ± 0,51 Os 3 materiais têm radiopacidade significativamente mais elevada em comparação com o controlo (dentina) <i>Biodentine</i> tem uma radiopacidade significativamente inferior à da <i>MTA Angelus</i> e da <i>MM-MTA</i>	Embora todos os materiais tivessem radiopacidade mais elevada em comparação com a dentina, a radiopacidade relativamente menor da BD em comparação com outros materiais pode ser melhorada

AUTORES	OBJETIVOS	MATERAIS	MATERIAL E MÉTODOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES
L. Grech et al. (2013)	Investigar e comparar a composição e lixiviado de cimentos à base de silicato tricálcico	- <i>Biodentine</i> - <i>BioAggregate</i> - <i>TCS-Zr</i> (prototipo) - IRM (control)	O pH e a concentração de iões de cálcio do lixiviado foram investigados (1-28 dias) numa solução HBBS. Os cimentos hidratados foram caracterizados por microscopia eletrónica de varrimento (SEM) e análise dispersiva de energia de raios X (EDX), difração de raios X (XRD) e espectroscopia de infravermelhos de transformação de Fourier (FT-IR).	- pH dia 1 : TCS = BD = BA = 12, IRM = 9,3 - pH dia 28 : TCS = BD = BA = 12, IRM = 8,9 • Libertação de iões de cálcio (ppm-1) : - TCS : dia 1 = 94,4 ; dia 28 = 575 - BA : dia 1 = 145 ; dia 28 = 445,33 - BD : dia 1 = 488 ; dia 28 = 886,33 - IRM : dia 1 = 1,79 ; dia 28 = 8,48 • Caracterização e análise da composição : 1 parte de cimento (cálcio, silício e oxigénio) e 1 componente radiopaco (zircónio em BD) BD exibiu pico para o carbonato de Ca ²⁺ BD exibiu minúsculas partículas de cimento	- A hidratação da <i>Biodentine</i> resultou na formação de silicato de cálcio hidratado e hidróxido de cálcio, que foi lixiviado em solução. - A BD é composto por uma parte de cimento, que era rica em cálcio e silício e um componente radiopaco. BD inclui aditivos nos pós. - A BD tem a taxa mais alta de libertação de cálcio
H.S. Antunes et al. (2014)	Comparar in vitro a capacidade de selamento de materiais biocerâmicos na retro-obturação.	- <i>EndoSequence BC</i> - MTA	- 60 incisivos com ressecção da extremidade da raiz e preparação ultrassónica, depois preenchidos com os materiais de teste. (controlo positivo = Guta-percha quente e nenhum selador, controlo negativo = toda a superfície ressecada foi coberta com verniz) - Esterilização, o canal radicular foi inoculado com células de <i>Enterococcus faecalis</i> . - Depois de 30 dias de incubação analisa com o teste Mann-Whitney para dados quantitativos e o teste exato de Fisher para dados qualitativos.	Apos 30 dias, calculamos bactérias viáveis nos vario grupos - 9/10 no controlo positivo e 0/10 no controlo negativo - MTA = 10/20 com meia = 8.97 9 103 CFUs - BC= 5/18 com meia = 2.88 9 104 CFUs não diferenças significativas entre a MTA e o BC em termos de contagem de bactérias remanescentes (dados quantitativos) e do número de espécimes que ainda tinham bactérias viáveis (dados qualitativos)	Ambos os materiais tinham um comportamento semelhante na prevenção de fugas de nutrientes para bactérias residuais.
G. Caron et al. (2014)	Analisar o sucesso da utilização da <i>Biodentine</i> na cirurgia endodôntica clinicamente e radiograficamente até 2 anos após a microcirurgia	- <i>Biodentine</i>	1) Mulher de 48 anos com lesão peri-apical em 25, perda óssea horizontal moderada, sem dor à percussão e à palpação. 2) Mulher de 50 anos com doença de Crohn com dor à percussão e à palpação. Falha no retratamento : o enchimento excessivo não pôde ser removido → lesão peri-apical do 25 avaliação da cura óssea a 3, 6, 12 e 24 meses	- Os 2 casos completamente curados no seguimento de 1 ano e isto foi confirmado na avaliação de 2 anos. - O exame clínico não mostrou dor, disestesia, defeito periodontal e descoloração gengival. - O exame radiográfico : resolução peri-apical completa da radiolucência peri-apical anterior e reconstituição de um espaço ligamentar periodontal normal.	- BD é um material promissor para endodontia cirúrgica, com excelentes propriedades biológicas e rápido tempo de presa, mas com pouca radiopacidade (semelhante à dentina) - inconvenientes : 1) Manuseamento não é tão fácil. 2) Não possível de criar pequenos cones fáceis a inserir na cavidade retro-preparada. 3) Baixa radiopacidade : a visualização da obturação retrógrada é difícil quando são utilizadas pequenas quantidades de material e o risco de deixar algum material na cavidade óssea é aumentado.

AUTORES	OBJETIVOS	MATERAIS	MATERIAL E MÉTODOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES
A. Dohaihem et al. (2015)	avaliar, in vitro, o efeito antifúngico do <i>BioAggregate</i> contra os <i>Candida albicans</i> , utilizando o método de contacto direto	- <i>BioAggregate</i>	- BA foi testado fresco misturado e depois de 24 horas de ensaio em <i>C. albicans</i> . - BA testado foi incubado com <i>C. albicans</i> em grupos de tecido plástico durante 1 hora, 24 horas, e 3 e 5 dias. - O crescimento dos fungos foi observado diariamente. Os resultados foram analisados estatisticamente, utilizando o teste de Kaplan-Meier.	- Ambas as misturas demonstraram uma atividade fungicida completa após 24 horas de contacto. - A análise estatística mostrou uma diferença altamente significativa entre o grupos BA recém misturado e o grupos BA fixado desde 24 horas às 24 horas.	BA foi eficaz contra <i>C. albicans</i> após 24 horas.
S. Kadic et al. (2018)	Avaliar a força de ligação de três materiais retro-obturadores à base de silicato de cálcio	- <i>Biodentine</i> - <i>TotalFill RRM</i> = BC - <i>MM-MTA</i>	n= 30 dentes de raiz única, extremidade resaca e preparada com técnica ultrassônica. 3 grupos de acordo com o material com 10 dentes cada : 1=MTA, 2=BD, 3=BC O teste Push-out foi realizado utilizando uma máquina de ensaio universal, e o modo de falha foi analisado por microscópio cruzado. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando Kruskal- Wallis e Man-Whitney testes	<ul style="list-style-type: none"> força de ligação : BC (12.69 MPa) > BD (9.34 MPa) > MM-MTA (7.89 MPa). A diferença entre a <i>Biodentine</i> e o <i>MM-MTA</i> não foi significativa. Tipo de fratura : as falhas mistas foram as mais notadas em todos os 3 grupos. <i>MM-MTA</i> (44,4%) teve mais falhas adesivas do que BD (20%) e <i>TotalFill</i> (20%), e nenhuma falha coesiva, mas sem significado estatístico. 	A força de ligação foi a mais elevada para BC e BD comparativamente ao MTA.
J. Camilleri et al. (2013)	avaliar a porosidade e a interface dentina/material de 4 materiais retro-obturadores	- <i>Biodentine</i> - <i>BioAggregate</i> - TCS-20-Zr - IRM	- A porosidade foi avaliada após imersão durante 28 dias na solução salina equilibrada de Hank (HBSS) usando porosimetria de intrusão de mercúrio. - A interface dentina/material dos cimentos foi avaliada após 28 dias de armazenamento seco e imersão em HBSS usando um microscópio juntamente com traçadores fluorescentes e também um microscópio eletrónico de varrimento por pistola de emissão de campo.	<ul style="list-style-type: none"> Porosidade : BA (36,86%) > TCS (30,98%) > BD (13,44%) > IRM (12,66%) Interface Dentina/Material : Observamos lacunas interfaciais em todos os quatro materiais e também fissuras no material, sendo a BD o mais afetado. 	- BA exibia porosidade elevada, mas menos suscetível ao efeito deletério das condições ambientais variáveis. - BD exibia baixa porosidade mas demonstrava fissuras na dentina de raiz à interface material e dentro da maior parte do material.

AUTORES	OBJETIVOS	MATERAIS	MATERIAL E MÉTODOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES
E. J. N. L. Silva et al. (2016)	avaliar os efeitos citotóxicos da BD e do MTA	- <i>Biodentine</i> - MTA - ZOE	- n = 24 incisivos com ressecção de 3 mm e preenchidos com BD, WMTA e ZOE (grupo de CT positivo). CT negativo : canal não retro-obturado. - A citocompatibilidade esta avaliada utilizando o ensaio de metil-tiazol-difenil-tetrazólio (MTT). - a viabilidade celular foi medida por meios de redução de sal MTT. - A produção de IL-1 α e TNF- α (citoquinas) foi analisada.	- Os grupos BD e MTA têm uma atividade celular semelhante ao grupo de controlo negativo, com baixo índice de citotoxicidade para ambos os materiais : BD> MTA> ZOE. - Não foram observadas diferenças significativas entre MTA, BD e o grupo de CT negativo para TNF- α . - Tanto o MTA como a BD foram associadas à sobreprodução de IL-1 α quando comparadas com o grupo de controlo.	A BD e o MTA têm uma citocompatibilidade semelhante.
I. Willershausen et al. (2013)	Comparar a biocompatibilidade e a citotoxicidade do BC com o MTA	- <i>EndoSequence BC</i> - WMTA - GMTA - <i>ProRootMTA</i>	- Os materiais foram incubados com fibroblastos e osteoblastos de ligamentos periodontais humanos (104 células/ml) para até 96 h. - A proliferação celular (RFU) foi determinada por meio do ensaio Alamar Blue. - Foi efetuada uma coloração fluorescente para monitorizar visualmente o crescimento e morfologia celular.	- Até 96 h, não houve diferença estatisticamente significativa entre as taxas de proliferação das células do BC e dos MTAs. - Em contraste, os MTAs provocaram taxas de proliferação de 24 a 96 h inferiores em comparação com os CTs. - Para as taxas de proliferação de células em contacto com MTAs e BC foram observadas diferenças significativas durante todo o tempo de observação dos osteoblastos, mas apenas até 24 h para os fibroblastos do ligamento periodontal humano.	BC, <i>ProRoot MTA</i> , WMTA e GMTA não inibam consideravelmente a proliferação de fibroblastos e osteoblastos até 96 h, sendo o BC o menos inibitório.

BD – *Biodentine*; BA – *BioAggregate*; BC – *Endosequence RRM BC = TotalFill*; MTA – *Mineral Trioxide Aggregate*; WMTA – *White MTA = MTA-Angelus = MTA Branco*
GMTA – *Grey MTA = MTA Cinzento*; MM-MTA – *Micro Mega MTA*; ZOE – Óxido de zinco Eugenol; GIC – Cimento de Ionómero de vidro
IRM – Material Restaurador Intermédio; min – Minutos; h – horas; mm – Milímetros; CT – Controlo; n – Amostra
% – Percentagem; Ca²⁺ – Calcio; Al – Alumínio

C. Síntese dos resultados

I. Capacidade de selamento

Toia et al. no seu estudo de 2016 avalia a qualidade física do selamento de 3 biocerâmicos diferentes, a *Biodentine*, o *Endosequence*, e o MTA, analisando a sua porosidade e lacunas ou espaços por preencher no seu volume com o microscópio. Os 3 materiais apresentam uma porosidade e um volume semelhantes com uma ligeira vantagem para o *Biodentine* seguido do MTA e depois do *Endosequence* com respetivamente 50,45% vs 51,94% vs 56,73% de porosidade ⁽¹⁾.

O estudo comparativo de Biocanin et al. de 2018 analisa a qualidade da obturação retrógrada de 3 materiais incluindo a *Biodentine*, o MTA e o cimento de ionómero de vidro (GIC). Os 2 biocerâmicos mostram uma organização estrutural semelhante na interface material/dentina e, portanto, uma vantagem em relação ao GIC ⁽¹⁰⁾.

H. S. Antunes et al. no seu trabalho publicado em 2014, analisa a capacidade de selamento do MTA e do *Endosequence* numa preparação com retro-obturação, após uma incubação com *Enterococcus faecalis*. Após 30 dias, podiam ver que ambos os materiais oferecem um selamento semelhante e bastante coeso na região apical ⁽⁶⁾.

J. Camilleri et al. no seu inquérito de 2013 avalia a porosidade e a interface dentina/material de 4 materiais retro-obturadores, incluindo a *Biodentine* e o *BioAggregate*. Ambos os materiais mostram algumas lacunas na interface dentina/material e fissuras. O BA tem a maior porosidade mas a BD tem o maior número de defeitos na sua estrutura interna ⁽¹²⁾.

II. Propriedades físicas

O objetivo do trabalho de 2018 de Stefaneli et al. consiste em comparar as forças de ligação de 3 biocerâmicos diferentes, incluindo a *Biodentine*, o *ProRootMTA* e o *MTA Angelus* à estrutura dentária, analisando os seus modos de fratura (adesiva, coesiva ou mista). A *Biodentine* mostra uma melhor estabilidade estrutural em comparação ao WMTA e *ProRootMTA*⁽⁴⁾.

O estudo de S. Kadic et al. publicado em 2018 compara a força de ligação da *Biodentine*, o *Endosequence BC* e o MTA. O BC tem uma ligação mais forte à dentina (12,69 MPa), seguida da BD (9,34 MPa) e depois o MM-MTA (7,89MPa). Os novos biocerâmicos têm, portanto, uma maior força de ligação em comparação ao MTA ⁽²⁾.

III. Propriedades biológicas

Em 2016, D.M. Escobar Garcia et al. avaliou a citotoxicidade e a adesão celular do MTA e da *Biodentine* aos fibroblastos do ligamento periodontal utilizando um teste LIVE/DEAD de 24 horas e a análise da expressão de duas moléculas, *Integrin β 1* e *Vinculin*. Podemos ver que nenhum dos 2 materiais é citotóxico e que o mais biocompatível dos 2 é a BD porque mostra uma fraca inibição das moléculas de ancoragem e uma fluorescência relativa mais intensa após 7 dias : 11,0 para MTA vs 22,5 para BD ⁽¹³⁾.

A investigação de L. Grech et al, publicada em 2013, compara a composição dos cimentos à base de silicato tricálcico, incluindo a *Biodentine* e o *BioAggregate*. Esses 2 novos biocerâmicos têm um pH de 12 e uma elevada libertação de iões de cálcio. Têm a mesma composição com uma parte de cimento e um componente radiopaco ⁽⁹⁾.

E. J. N. L. Silva et al publicou um estudo em 2016, abordando os potenciais efeitos citotóxicos do BD e do MTA. No entanto, ambos os materiais parecem não ser citotóxicos no estudo ⁽¹⁴⁾.

O estudo de Willerhausen publicado em 2013 compara a biocompatibilidade e a citotoxicidade do *Endosequence BC*, *Grey MTA Angelus* (GMTA), *MTA Angelus* (WMTA) e o *ProRoot MTA*. Estes materiais foram incubados na presença de fibroblastos e osteoblastos do ligamento periodontal humano durante 96 horas. O BC parece ser o material mais biocompatível em comparação ao MTA ⁽¹¹⁾.

Dohaitem et al. avalia a atividade antifúngica do *BioAggregate* contra *Candida Albicans* no seu estudo publicado em 2015. O estudo mostra que o material biocerâmico é eficaz contra *Candida Ablicans* após 24 horas ⁽¹⁵⁾.

IV. Radiopacidade, Tempo de presa e Manuseamento

No seu estudo comparativo publicado em 2014, Butt et al. compara a micro-infiltração através de 2 biocerâmicos (BD vs. WMTA) em cavidades retro-preparadas e algumas das

suas características, tais como o seu tempo de presa, facilidade de manuseamento e resistência à compressão. A BD tem como vantagem o seu tempo de presa muito curto de 6,5 min, bem como uma manipulação mais fácil e uma melhor resistência à compressão do que o MTA (304,78 MPa vs 76,82 MPa). A BD parece ser mais estanque que o MTA ⁽⁷⁾.

J. Tanalp et al. no seu estudo publicado em 2013, compara os valores de radiopacidade de 3 biocerâmicos: a *Biodentine*, o *Micro Mega MTA* (MM-MTA), e *MTA Angelus*. A BD tem a menor radiopacidade com $2,80 \pm 0,48$ mm de Alumínio (mm Al) e o MM-MTA a maior com $5,18 \pm 0,51$ mm Al. A radiopacidade da BD é problemática para a preparação de cavidades retrógradas, uma vez que é demasiado semelhante à dentina ⁽⁵⁾.

No seu caso clínico, G. Caron et al. analisou a utilização da BD clinicamente e radiograficamente até 2 anos após a microcirurgia em 2 pacientes diferentes. Ambos os casos são considerados completamente curados após 1 ano com um exame clínico sem dor, disestesia, defeito periodontal ou descoloração gengival e exame radiográfico com resolução completa da radiolucência peri-apical anterior e reconstituição de um espaço normal do ligamento periodontal. No entanto, a baixa radiopacidade do material, bem como o manuseamento complicado, são elementos que foram apresentados ⁽⁸⁾.

V. DISCUSSÃO

A. Capacidade de selamento

A boa capacidade de selamento dum material retro-obturador é essencial para evitar o crescimento de bactérias do canal radicular para os tecidos periodontais adjacentes ⁽¹⁾.

1. Porosidade e adaptação marginal

Em primeiro lugar, descobrimos que a fuga bacteriana é significativamente reduzida se o material tem uma baixa porosidade ⁽¹⁰⁾. Quando os cimentos de silicato de cálcio são misturados com água, são criadas várias porosidades e micro-fissuras que desempenham um papel crucial na reação da hidratação, mas podem também afetar a capacidade de selamento precoce dos cimentos ⁽⁷⁾.

Em segundo lugar, a adaptação marginal é muito importante. Os espaços vazios e hiatos são frequentemente encontrados nos materiais de retro-obturaç o, devendo ser evitados para assegurar um melhor selamento apical ⁽¹⁾.

No estudo do Toaia vemos que todos os materiais biocerâmicos têm espaços vazios: O *Endosequence* (BC) e a *Biodentine* (BD) têm as mesmas características que o MTA. Além disso, vemos que a *Biodentine* tem a porosidade mais baixa, seguida pelo MTA e o BC ⁽¹⁾. No entanto, esses três materiais têm uma porosidade considerada adequada para fornecer um selamento de qualidade na microcirurgia endodôntica ⁽¹⁾.

Estes resultados são confirmados pelo estudo de Camilleri com uma porosidade de 13% para BD e 36% para o *BioAggregate* (BA) sendo resultados considerados aceitáveis como material para retro-obturação ⁽¹²⁾.

Biocanin confirma que os novos biocerâmicos têm uma porosidade semelhante ao MTA com uma vantagem para a BD que tem propriedades micro e nano-arquitetônicas superiores ao MTA. Além disso, BD tem menos lacunas marginais do que o MTA ⁽¹⁰⁾.

2. Estanqueidade

No estudo de Butt, observamos que o MTA tem uma estanqueidade mais baixa do que a *Biodentine*, provavelmente devido ao tempo de fixação mais longo do MTA. O estudo informa-nos que o BD e o MTA oferecem um selamento apical estável durante um período de 12 semanas, sem prova de deterioração da obturação ⁽⁷⁾.

O estudo de Antunes mostra que o BC e o MTA têm um comportamento semelhante na prevenção de fugas de nutrientes para as bactérias residuais : 28% das amostras testadas com BC apresentam um crescimento bacteriano e 50% para o grupo com o MTA⁽⁶⁾.

O estudo de Gupta confirma esses resultados: BD mostra um melhor selamento, seguida pelo o BA e por fim o MTA. Isso pode ser explicado pelo facto que o MTA tem de ser misturado manualmente, então há uma maior probabilidade que a relação água/pó ideal não seja atingida, enquanto a BD está disponível numa formulação pré-doseada com uma relação água/pó mais baixa ⁽¹⁶⁾. Por outro lado, a boa impermeabilização do BA pode resultar pela sua expansão devido à sua capacidade hidrofílica ⁽¹⁶⁾.

Todos esses autores confirmam que os novos biocerâmicos têm propriedades de selamento iguais ou até superiores ao MTA, tornando-os como materiais de escolha na microcirurgia endodôntica.

B. Propriedades físicas

1. Força de ligação

Para oferecer um selamento apical eficaz ao longo prazo, uma retro-obturação do canal radicular deve aderir bem à dentina do canal de modo que a integridade da interface material/dentina seja mantida não só em condições estáticas mas também durante a função e os procedimentos operacionais ⁽²⁾. A resistência de ligação dos materiais de adaptação depende da composição química do cimento e da superfície da dentina ⁽⁴⁾.

No seu estudo publicado em 2018, Stefaneli Marques observou as forças de ligação semelhantes entre o MTA e a BD, e relevou uma diferença notável no desempenho estrutural dos materiais (modo de fratura) : o MTA mostrou uma falha mista, enquanto a BD exibiu uma proporção semelhante de falha mista e coesiva, o que mostra uma melhor estabilidade no local da obturação ⁽⁴⁾. Esta diferença pode ser atribuída à composição dos materiais de silicato de cálcio. A BD contém 80,1% de silicato de cálcio (comparado com 66,1% do MTA) que permite uma maior produção de iões de cálcio e contém aditivos que melhoram a hidratação, o que leva a um melhor desempenho do material ⁽⁴⁾. A BD tem partículas mais pequenas do que o MTA, o que melhora a sua interação com a dentina e também permite uma melhor penetração nos túbulos dentários para uma melhor retenção mecânica. Podemos concluir que os novos biocerâmicos oferecem uma força de ligação superior à do MTA no local de retro-obturação ⁽⁴⁾.

Kadic confirma em 2018 esses resultados no seu estudo, mostrando-nos que o BC tem um melhor desempenho do que a BD e o MTA. Isso pode ser explicado pela composição do BC que contém sais de fosfato, além de silicatos hidráulicos de cálcio ⁽²⁾. Embora os três materiais (MTA, BD e BC) apresentem principalmente falhas de tipo misto (dentina parcialmente coberta pelo cimento). Significa a presença de falhas coesivas (superfície da dentina coberta pelo cimento) que mostram uma fraqueza no próprio material e falhas adesivas (cimento completamente separado da dentina) que mostram uma fraqueza na ligação com a dentina ao mesmo tempo. Os 3 materiais permitem uma ligação suficiente com a dentina no local de retro-obturação ⁽²⁾.

2. Solubilidade e estabilidade física

Os materiais de retro-obturação devem apresentar uma estabilidade dimensional para evitar fugas de microrganismos e dos seus produtos tóxicos e uma baixa solubilidade⁽¹⁷⁾.

Torres afirma no seu estudo publicado em 2016 que a *Biodentine* mostra uma maior solubilidade e alteração volumétrica após 30 dias em comparação ao MTA. Isso deve-se ao policarboxilato (superplastificante) na sua composição, que é utilizado para facilitar o manuseamento e inserção deste cimento. Contudo, tem um efeito surfatante que pode aumentar a solubilidade do material ⁽¹⁷⁾.

3. Microdureza

Grech mostra no seu estudo de 2012 que a *Biodentine* é o material mais forte, testado em compressão, e que as suas propriedades de superfície foram também superiores às de o *BioAggregate* (BA) e o *Intermediate Restorative Material* (IRM) . A melhoria da resistência é atribuída à baixa relação água/cimento utilizada na BD, que é permitida porque um polímero solúvel em água é adicionado ao líquido de mistura. O BA tem propriedades semelhantes ⁽¹⁸⁾.

C. Propriedades Biológicas

1. Biocompatibilidade e citotoxicidade

Um material retro-obturador deve ser biocompatível com os tecidos periradiculares⁽¹³⁾. Uma análise detalhada da sua respetiva genotoxicidade e citotoxicidade deve ser considerada antes da aplicação clínica. O termo “biocompatibilidade” é definido como a capacidade dum material se comportar com uma resposta apropriada do hospedeiro numa situação específica ^(11,19).

Graças aos vários estudos *in vitro* e *in vivo*, sabemos que o MTA é biocompatível e promove a regeneração dos tecidos quando está colocado em contacto com tecido periradicular, sendo que novos biocerâmicos têm uma biocompatibilidade semelhante ⁽¹¹⁾.

Silva mostra no seu estudo publicado em 2016, que a BD e o MTA têm uma biocompatibilidade semelhante e uma baixa toxicidade. Tem também um efeito anti-inflamatório benéfico em ambos os materiais ⁽¹⁴⁾.

Escobar Garcia confirma estes resultados em 2016 mostrando que o MTA e a BD têm a mesma viabilidade celular no tratamento da microcirurgia às 24 e 48 horas, mas também 5 dias mais tarde ⁽¹³⁾. Também avalia a adesão celular no seu estudo através de contactos focais, para determinar a biocompatibilidade inicial dos materiais com os fibroblastos do ligamento periodontal. Podemos observar que as células aderentes, a quantidade de extensões e o número de contactos focais foram maiores no grupo de fibroblastos tratados com BD do que nas células tratadas com MTA ⁽¹³⁾.

Apesar de haver provas da biocompatibilidade e não-toxicidade da *Biodentine*, o *EndoSequence* é o tema de discussões controversas ⁽¹¹⁾.

No seu estudo de 2013, Willershausen mostra que as proliferações dos fibroblastos e osteoblastos do ligamento periodontal humano em contacto com o BC assemelham-se aos do controlo até 96h de incubação, o que sugere uma baixa citotoxicidade do material, sendo o BC o menos inibitório em comparação ao MTA ⁽¹¹⁾.

O BC exibe uma biocompatibilidade semelhante ao MTA e uma toxicidade moderada ⁽¹⁹⁾.

2. Bioatividade e reação química

A biocompatibilidade dos materiais biocerâmicos é atribuída à presença de fosfato de cálcio presentes nos novos biocerâmicos ⁽¹⁹⁾.

Estes cimentos de silicato de cálcio, tais como a *Biodentine*, o *EndoSequence BC* ou o *BioAggregate* são ricos em compostos de cálcio, o que estimula a formação de tecido duro ⁽²⁰⁾. A quantidade de Ca^{2+} libertada pela BD e a profundidade da incorporação de Ca^{2+} na dentina do canal radicular são maiores do que as do MTA ⁽²⁰⁾. No seu estudo, Butt conclui que a BD apresenta as mesmas excelentes propriedades biológicas do que o WMTA ⁽⁷⁾.

No seu estudo publicado em 2013 Grech analisa a composição e reação do BA e da BD. Dividem-se em 2 componentes: o cimento, que foi encontrada como silicato tricálcico de acordo com a análise e um componente radiopaco (óxido de zircónio para BD e óxido de tântalo para BA). A hidratação da BD e do BA resultou na formação de silicato de cálcio

hidratado e hidróxido de cálcio. Os novos biocerâmicos incluíam aditivos nos pós, o que melhora as propriedades biológicas dum material retro-obturador ⁽⁹⁾.

3. Ação antifúngica e antibacteriana

Existem várias provas científicas que os microrganismos envolvidos nas infeções intra-radiculares ou extra-radiculares são os principais agentes responsáveis pelo fracasso do tratamento da microcirurgia endodôntica, incluindo bactérias e fungos. *Candida albicans* tem sido relatada como a espécie fúngica mais frequentemente isolada ⁽¹⁵⁾.

As propriedades antibacterianas do BC contra *Enterococcus faecalis* são semelhantes às do MTA, o que é atribuído ao pH elevado ⁽²⁰⁾. Foi também relatado que o BA tem uma compatibilidade *in vitro* semelhante ao MTA, bem como uma atividade antimicrobiana contra *Enterococcus faecalis* ⁽¹⁵⁾.

No seu estudo publicado em 2015, Dohaitem demonstra que o BA foi eficaz na eliminação de *candida albicans* após 3 e 5 dias de observação, mas não mostrou qualquer atividade antifúngica após 1 hora e 24 horas de observação. Uma explicação clara para esta atividade antifúngica retardada é ainda desconhecida ⁽¹⁵⁾. O óxido de tântalo é a principal diferença entre o MTA e o BA. Assim, a presença de óxido de tântalo poderia desempenhar um papel na eficácia antifúngica do BA ⁽¹⁵⁾.

Todos os autores neste estudo concluem que os novos biocerâmicos poderiam ser recomendados como selantes retrógrados na prática endodôntica porque têm uma biocompatibilidade e uma não-citotoxicidade comparável ou até superior ao MTA ⁽¹¹⁾.

D. Outros Fatores

1. Tempo de presa

O tempo de presa é um dos fatores clinicamente mais relevantes. Uma longa duração pode causar problemas clínicos devido à incapacidade do cimento manter a forma e suportar tensões durante este período ⁽⁷⁾. A presa acelerada reduz o risco de desalojamento e contaminação dos biocerâmicos quando são utilizados como um material retro-obturador⁽⁷⁾.

Butt no seu estudo observa que e a BD exibiu um tempo de 6,5 min, mais curto do que o WMTA (8,5 minutos neste estudo mas 24 minutos é o tempo mais registrado nos outros estudos) ^(7,20).

Grech confirma estes resultados e avalia um tempo de presa muito curto para a BD, devido à adição de cloreto de cálcio ao líquido de mistura ⁽¹⁸⁾. O *BioAggregate* apresenta características de presa inferiores porque exibiu um tempo de presa prolongado que foi superior ao dos materiais testados ⁽¹⁸⁾.

Caron, nos seus resultados, confirma a presa rápida da BD (entre 12 e 15 min). É uma vantagem quando está comparada com os 170 min do MTA, uma vez que um tempo de presa retardado conduz a um risco acrescido de perda parcial de material e uma alteração da interface durante as fases de acabamento do procedimento ⁽⁸⁾.

2. Manuseamento

Uma característica importante de um material retro-obturador é a sua propriedade de manuseamento ⁽⁷⁾. Apesar das suas boas propriedades físicas e biológicas, alguns clínicos ainda afirmam ter dificuldades em manusear o MTA após a sua preparação para preencher uma cavidade radicular retro-preparada. Um problema frequentemente encontrado é a dificuldade de condensar o cimento dentro da raiz ⁽⁷⁾.

No seu estudo Butt apresenta o WMTA como granuloso e difícil a manusear em situações clínicas porque tem uma consistência pobre. Em contraste, a BD é relativamente mais fácil de manusear e de condensar ⁽⁷⁾. A melhoria das propriedades de manuseamento da BD pode torná-lo mais conveniente para uma utilização em várias aplicações clínicas ⁽⁷⁾.

Na sua análise, Torres mostrou que a *Biodentine* apresenta uma maior capacidade de preenchimento e uma melhor consistência para manuseamento comparativamente ao MTA ⁽¹⁷⁾. A causa pode ser o policarboxilato presente na composição da BD; este superplastificante é utilizado para facilitar a manipulação e inserção deste cimento ⁽¹⁷⁾.

No seu caso, Caron observa que o manuseamento da BD não é tão fácil como sugere o fabricante. Uma outra desvantagem, comum a todos os cimentos à base de silicato, é a impossibilidade de criar pequenos cones que seriam fáceis de inserir na cavidade retro-preparada ⁽⁸⁾.

3. Radiopacidade

A radiografia realizada após a apicectomia e a colocação do material retrógrado deve assegurar um selamento apical adequado para que o profissional possa completar o procedimento cirúrgico ⁽⁵⁾. Isso só é possível através da seleção dum material com uma boa radiopacidade que revele a sua presença nas radiografias, sem quaisquer defeitos ou lacunas, facilmente discernido a partir do tecido dentário, e trabéculas ósseas sobrepostas ⁽⁵⁾. O valor mínimo de radiopacidade para os cimentos endodônticos é de 3mm Al mas devem ser pelo menos 2 mm Al mais radiopacos do que a dentina ^(5,18).

No seu ensaio, Tanalp confirma a boa radiopacidade conhecida do MTA que excedera o padrão mínimo estabelecido (3mm Al) graças ao seu radiopacificante, o óxido de bismuto (Bi₂O₃) ^(5,18). Mas os autores expressaram umas preocupações relativamente ao óxido de bismuto, uma vez que este não participa na reação de regulação. Pela sua parte, a *Biodentine* utiliza óxido de zircónio para dar uma radiopacidade e produziu um valor de radiopacidade inferior em comparação ao MTA, mas a sua radiopacidade média foi ligeiramente inferior à norma estabelecida pela ISO, o que é uma propriedade bastante indesejável para um material retrógrado ^(5,18). Por outro lado, uma observação clínica indicou que a radiopacidade da BD não está adequadamente visível na radiografia, por causa da dificuldade de uma aplicação correta ⁽⁵⁾. A menor radiopacidade da BD, em comparação com outros materiais, pode ser melhorada para alcançar resultados mais fiáveis em procedimentos tais como o preenchimento retrógrado ⁽⁵⁾.

No seu estudo, Grech mostra que os novos biocerâmicos exibiam uma radiopacidade superior à norma de alumínio de 3mm sugerida pela ISO que variava entre 4 e 5 mm de alumínio ⁽¹⁸⁾. O *BioAggregate* tem um radiopacificante diferente, o óxido de tântalo que melhora a sua radiopacidade comparativamente à *Biodentine* ⁽¹⁸⁾.

No seu caso, Caron avalia a fraca radiopacidade da BD que torna-se difícil a visualização da obturação retrógrada quando são utilizadas pequenas quantidades de material ⁽⁸⁾.

VI. CONCLUSÕES

Apesar da insuficiência de dados dos vários estudos, concluímos:

- Os exemplos dos novos biocerâmicos analisados nesta revisão bibliográfica integrativa, a *Biodentine*, o *Endosequence* e o *BioAggregate*, satisfazem mais do que as expectativas os critérios dum bom material retro-obturador e podem ser utilizados como uma alternativa ao MTA para a microcirurgia endodôntica. São biocompatíveis, não citotóxicos devido à sua composição e libertação de iões Ca^{2+} . Possuem um selamento estanque que impede a micro-infiltração da raiz retro-obturada da mesma maneira que o MTA. Superam o MTA em características físicas com uma melhor força de ligação, estabilidade física e resistência à compressão.
- Os novos biocerâmicos corrigem as deficiências conhecidas do MTA, ou seja, o manuseamento difícil e o longo tempo de presa, mas têm algumas limitações. Na prática, o manuseamento não é tão fácil e a radiopacidade bastante baixa (especialmente para a BD), o que pode causar alguns problemas na aplicação clínica da microcirurgia endodôntica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Toia CC, Teixeira FB, Cucco C, Valera MC, Cavalcanti BN. Filling ability of three bioceramic root-end filling materials: A micro-computed tomography analysis. *Aust Endod J.* déc 2020;46(3):424-31.
2. Kadić S, Baraba A, Miletić I, Ionescu A, Brambilla E, Ivanišević Malčić A, et al. Push-out bond strength of three different calcium silicate-based root-end filling materials after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Clin Oral Investig.* avr 2018;22(3):1559-65.
3. Paños-Crespo A, Sánchez-Torres A, Gay-Escoda C. Retrograde filling material in periapical surgery: a systematic review. *Med Oral Patol Oral Cirugia Bucal.* 2021;e422-9.
4. Stefaneli Marques JH, Silva-Sousa YTC, Rached-Júnior FJA, Macedo LMD de, Mazzi-Chaves JF, Camilleri J, et al. Push-out bond strength of different tricalcium silicate-based filling materials to root dentin. *Braz Oral Res [Internet].* 8 mars 2018
5. Tanalp J, Karapınar-Kazandağ M, Dölekoğlu S, Kayahan MB. Comparison of the Radiopacities of Different Root-End Filling and Repair Materials. *Sci World J.* 2013;2013:1-4.
6. Antunes HS, Gominho LF, Andrade-Junior CV, 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.* oct 2016;49(10):960-5.
7. Butt N, Bali A, Talwar S, Chaudhry S, Nawal R, Yadav S. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian J Dent Res.* 2014;25(6):692.
8. Caron G, Azérad J, Faure M-O, Machtou P, Boucher Y. Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *Int J Oral Sci.* déc 2014;6(4):250-3.

9. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *Int Endod J.* juill 2013;46(7):632-41.
10. 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.
11. Willershausen I, Wolf T, Kasaj A, Weyer V, Willershausen B, Marroquin BB. Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. *Arch Oral Biol.* sept 2013;58(9):1232-7.
12. Camilleri J, Grech L, Galea K, Keir D, Fenech M, Formosa L, et al. Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. *Clin Oral Investig.* juin 2014;18(5):1437-46.
13. Escobar-García DM, Aguirre-López E, Méndez-González V, Pozos-Guillén A. Cytotoxicity and Initial Biocompatibility of Endodontic Biomaterials (MTA and Biodentine TM) Used as Root-End Filling Materials. *BioMed Res Int.* 2016;2016:1-7.
14. Silva EJNL, Senna PM, De-Deus G, Zaia AA. Cytocompatibility of Biodentine using a three-dimensional cell culture model. *Int Endod J.* juin 2016;49(6):574-80.
15. Dohaihem A, Al-Nasser A, Al-Badah A, Al-Nazhan S, Al-Maflehi N. An in vitro evaluation of antifungal activity of bioaggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* oct 2011;112(4):e27-30.
16. Gupta R, Kewalramani R. In-vitro evaluation of microleakage of bioceramic root-end filling materials: A spectrophotometric study. *J Oral Biol Craniofacial Res.* avr 2021;11(2):330-3.
17. Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *J Appl Oral Sci.* août 2017;25(4):374-80.



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

18. 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):e20-8.
19. AL-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:1-10.
20. Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent.* mai 2017;8(2):e12195.