



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

BEATRIZ MARQUES COLOMBO

CIMENTOS BIOCERÂMICOS – REVISÃO DE LITERATURA

Londrina
2022

BEATRIZ MARQUES COLOMBO

CIMENTOS BIOCERÂMICOS – REVISÃO DE LITARATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Prescinotti

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Colombo, Beatriz.

Cimentos biocerâmicos - revisão de literatura / Beatriz Colombo. - Londrina, 2022.
50 f.

Orientador: Roberto Prescinotti.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Graduação em Odontologia, 2022.

Inclui bibliografia.

1. Cimentos endodônticos - TCC. 2. Cimentos biocerâmicos - TCC. 3. Materiais biocompatíveis - TCC. 4. Obturação do canal radicular - TCC. I. Prescinotti, Roberto. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU 616.31

BEATRIZ MARQUES COLOMBO

CIMENTOS BIOCERÂMICOS – REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Prescinotti
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Douglas Giordani Negreiros Cortez
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 26 de maio de 2022.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar todas as coisas possíveis. Por iluminar o meu caminho e me fortalecer para superar as dificuldades. Por toda proteção, discernimento e sabedoria para que fosse possível chegar até aqui.

Aos meus pais, Nelson e Alba, que sempre estiveram comigo, especialmente nos momentos mais difíceis. Quero agradecer por me ouvirem, me apoiarem, me orientarem, me incentivarem; por todo carinho, amor, afeto, proteção, oração e paciência. Sem vocês nada disso seria possível. Obrigada por não medirem esforços para a concretização deste sonho.

Ao meu orientador, professor Roberto Prescinotti, pela confiança e orientação neste trabalho, pela dedicação, paciência e sabedoria ao me orientar. Por toda contribuição no desenvolvimento das ideias para que este trabalho fosse produzido.

Ao meu irmão e familiares que estiveram comigo me apoiando e incentivando durante todo esse tempo. Aos amigos que se fizeram presente, incentivando e apoiando durante esses anos.

A todos os professores e profissionais que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A todos que contribuíram para a minha formação de alguma forma, fica aqui o meu muito obrigada.

RESUMO

COLOMBO, Beatriz Marques. **Cimentos Biocerâmicos – Revisão de Literatura.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

A Endodontia abrange as doenças associadas à polpa tendo como objetivo recuperar a função e saúde do dente e dos tecidos vizinhos. Todas as fases da endodontia são importantes, porém a fase de obturação é de maior ênfase para o sucesso do tratamento endodôntico, evitando assim a reinfecção. O cimento endodôntico é de extrema relevância na obturação, impedindo a penetração de micro-organismos. Muitas são as propriedades descritas e esperadas de um cimento endodôntico ideal, porém nenhum cimento do mercado atende a todas elas. Visando melhorar as propriedades dos cimentos endodônticos, o MTA foi o primeiro material biocerâmico introduzido na endodontia, tendo muito destaque. Na continuidade foram introduzidos os cimentos biocerâmicos, sendo eles à base de silicatos e/ou fosfatos de cálcio, podendo ser usados em muitos procedimentos dentro da endodontia. Muitas são as propriedades apresentadas pelos cimentos biocerâmicos que os fazem se destacar em meio aos outros cimentos endodônticos, apesar disso ainda são pouco utilizados. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura executando uma análise sobre as propriedades e características dos cimentos biocerâmicos. Foi realizado um levantamento nas bases de dados Scielo, PubMed, BVS e Google Acadêmico; e na revista especializada Journal of Endodontics. Após realizar a leitura e aplicar os critérios de inclusão e exclusão, 19 artigos foram selecionados. As seguintes propriedades foram avaliadas: biocompatibilidade e citotoxicidade, bioatividade, pH, atividade antimicrobiana, tempo de presa, escoamento, selamento, solubilidade, alteração volumétrica e radiopacidade. Os cimentos biocerâmicos apresentaram melhores resultados em bioatividade, pH e atividade antimicrobiana; resultados satisfatórios de tempo de presa, escoamento e radiopacidade; e valores inferiores de solubilidade e alteração volumétrica. Foi concluído que os cimentos biocerâmicos podem ser uma boa alternativa, por apresentarem algumas vantagens, mas que mais estudos, especialmente *in vivo*, sobre o assunto são necessários.

Palavras-chave: Cimentos dentários; Cimentos biocerâmicos; Materiais biocompatíveis; Obturação do canal radicular

ABSTRACT

COLOMBO, Beatriz Marques. **Bioceramic Sealers – Literature Review**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

Endodontics covers diseases associated with the pulp aiming to recover the function and health of the tooth and neighboring tissues. All phases of endodontics are important, but the filling phase is of greater emphasis for the success of endodontic treatment, thus avoiding reinfection. Endodontic sealer is extremely important in filling, preventing the penetration of microorganisms. There are many properties described and expected of an ideal endodontic sealer, but no sealer meets all of them. Aiming to improve the properties of endodontic sealers, MTA was the first bioceramic material introduced in endodontics, with great prominence. Subsequently, bioceramic sealers were introduced, which are based on calcium silicates and/or phosphates and can be used in many procedures within endodontics. There are many properties presented by bioceramic sealers that make them stand out among other endodontic sealers, despite this they are still little used. The objective of this study was to carry out a literature review performing an analysis on the properties and characteristics of bioceramic sealers. A survey was carried out in the Scielo, PubMed, BVS and Google Scholar databases; and in the specialized journal 'Journal of Endodontics'. After reading and applying the inclusion and exclusion criteria, 19 articles were selected. The following properties were evaluated: biocompatibility and cytotoxicity, bioactivity, pH, antimicrobial activity, setting time, flow, sealing, solubility, volumetric change and radiopacity. Bioceramic sealers showed better results in bioactivity, pH and antimicrobial activity; satisfactory results of setting time, flow and radiopacity; and lower values of solubility and volumetric change. It was concluded that bioceramic sealers can be a good alternative, as they present some advantages, but that more studies, especially in vivo, on the subject are necessary.

Key-words: Dental cements; Bioceramic sealers; Biocompatible materials; Root canal obturation

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões
α -MEM	Meio Essencial Mínimo Alfa Modificado
AD	Água destilada
ADA	Associação Americana Odontológica
ALP	Atividade de Fosfatase Alcalina
ANSI	Instituto Nacional Americano de Padrões
ARS	Coloração com Vermelho de Alizarina
BHI	Brain Heart Infusion
CSLM	Microscópio de Varredura a Laser Confocal
CT	Comprimento de Trabalho
DCTPC	Teste de Contato Direto em Células Planctônicas
DMEM	Meio Essencial Mínimo Modificado por Dulbecco
FDA/PI	Coloração com Diacetato de Fluoresceína/Iodeto de Propídio
ICs	Células Inflamatórias
ISO	Organização Internacional de Normalização
LAM	Limite amelocementário
LPS	Lipopolissacarídeo
MÉDIO	Corte Médio
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
Micro-CT	Microtomografia Computadorizada
mRNA	RNA mensageiro
MTA	Agregado Trióxido Mineral
MTT	Brometo de 3-(4,5- dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazólio
NR	Vermelho neutro
OCT	Tomografia de Coerência Óptica

PBS	Solução Salina Tamponada com Fosfato
PCR	Reação em Cadeia da Polimerase
ROI	Região de interesse
RT-PCR	Transcrição Reversa Seguida de Reação em Cadeia da Polimerase
SD-OCT	Sistema de Domínio Espectral da Tomografia de Coerência Óptica
TCD	Teste de Contato Direto
TCI	Teste de Contato Indireto
TCMD	Teste de Contato Direto Modificado
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
3	METODOLOGIA	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	BIOCOMPATIBILIDADE E CITOTOXICIDADE.....	36
4.2	BIOATIVIDADE	37
4.3	PH.....	38
4.4	ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E ANTIBIOFILME.....	38
4.5	TEMPO DE PRESA.....	39
4.6	ESCOAMENTO	39
4.7	SELAMENTO (POROSIDADE).....	40
4.8	SOLUBILIDADE	41
4.9	ALTERAÇÃO VOLUMÉTRICA.....	42
4.10	RADIOPACIDADE.....	42
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A Endodontia é a especialidade que abrange o controle de infecções do canal radicular, a etiologia, o diagnóstico, a prevenção e a intervenção terapêutica das doenças associadas à polpa (BRANDÃO, 2017). O objetivo do tratamento endodôntico é reestabelecer a função e saúde do elemento dental e seus tecidos circundantes (CERQUEIRA *et al.*, 2007).

Cada fase da terapia endodôntica é considerada igualmente importante para o sucesso clínico do tratamento, considerando a interdependência de cada etapa. Porém, deve-se conferir maior relevância à fase da obturação por ser essencial para o sucesso da abordagem terapêutica tradicional (VEIGA *et al.*, 2017). A obturação tridimensional do sistema de canais será fundamental para evitar uma infecção ou recidiva de infecção (MENDES, 2017).

Os materiais obturadores do sistema de canais radiculares apresentam grande importância na terapia endodôntica, devendo estes preencher o canal de forma eficaz e proporcionar a reparação dos tecidos (GRITTI *et al.*, 2017). Tradicionalmente, a obturação é composta por guta-percha e cimento endodôntico. Numa obturação endodôntica, apesar da guta-percha apresentar maior proporção na obturação, o cimento endodôntico, não menos importante, impede a formação de lacunas e a penetração de micro-organismos (TROIANO *et al.*, 2018).

As propriedades físicas, químicas e biológicas de um cimento endodôntico ideal, segundo Grossman (1958), devem ser: lentidão reação de presa, para garantir tempo de trabalho suficiente, insolubilidade no fluido do tecido, boa radiopacidade, fácil manipulação, ausência de contração durante a presa, efeito bacteriostático, excelente capacidade de selamento, adesão adequada às paredes do canal radicular e biocompatibilidade. Além disso, devem ter capacidade de induzir a formação de tecido mineralizado (CAMPS *et al.*, 2015).

O agregado de trióxido mineral (MTA) foi o primeiro material biocerâmico introduzido na endodontia e se destacou por sua alta biocompatibilidade e bioatividade (PARIROKH; TORABINEJAD, 2010). Na sequência vieram os cimentos biocerâmicos. Esses cimentos são à base de silicatos e/ou fosfatos de cálcio, os quais chamaram a atenção por suas excelentes propriedades físico-químicas e biológicas (CANDEIRO *et al.*, 2015). Eles incluem substâncias tais como o vidro bioativo, cerâmica de vidro, alumina, zircônia, revestimentos e compósitos,

hidroxiapatita, e fosfatos de cálcio reabsorvíveis (MALHOTRA; HEGDE; SHETTY, 2014).

Dentre as diversas aplicações dos biocerâmicos em procedimentos clínicos odontológicos, sobressaem as aplicações como cimento obturador, no retratamento endodôntico, como material de reparação radicular, em cirurgia periapical e em recobrimento pulpar (BRANDÃO, 2017).

Materiais biocerâmicos são biocompatíveis, não-tóxicos, não sofrem alteração volumétrica, e são quimicamente estáveis no ambiente biológico. Outra vantagem destes materiais é a bioatividade, ou seja, a capacidade durante o processo de presa em formar hidroxiapatita, que exerce influência na ligação entre a dentina e o material obturador (ZHANG et al., 2009; LOUSHINE *et al.*, 2011).

Apesar das vantagens dos cimentos biocerâmicos, o uso desses materiais ainda é restrito, devido aos produtos disponíveis no mercado ainda serem pouco conhecidos (DA SILVA *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura executando uma análise sobre as propriedades e características dos cimentos biocerâmicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Silva *et al.* (2017) executaram um estudo com o objetivo de avaliar, usando uma nova abordagem de microtomografia computadorizada (micro-CT), a solubilidade e as mudanças dimensionais de um cimento à base de MTA no interior do sistema de canais radiculares após imersão em solução salina tamponada com fosfato (PBS) por 7 dias. O MTA Fillapex foi comparado ao AH Plus. Foi usado uma amostra de 10 pré-molares inferiores humanos com um único canal. As cavidades de acesso foram preparadas, o comprimento de trabalho (CT) foi determinado 1mm aquém da saída do forame, e os dentes foram preparados utilizando o Sistema Reciproc R40. Os dentes foram divididos em dois grupos e foram obturados com guta-percha e com um dos cimentos endodônticos. As cavidades foram seladas e os espécimes foram digitalizados em um dispositivo de micro-CT. Em seguida foram imersos em um tubo contendo PBS, por 7 dias. Os dentes foram removidos dos tubos e imediatamente escaneados novamente. A análise feita pelo teste de Shapiro-wilk não mostrou nenhuma mudança significativa em relação a porcentagem de volume do cimento perdido após o teste de solubilidade para os dois grupos. Mas uma diferença significativa foi encontrada para o volume de material que foi estruído pelo ápice após o teste de solubilidade (MTA Fillapex 6,68% e AH Plus 1,09%). Concluíram que não há diferença em relação à solubilidade do MTA Fillapex e AH Plus usando esta nova abordagem metodológica. No entanto, MTA Fillapex foi associado a mudanças dimensionais significativamente maiores após o armazenamento em água em comparação com o AH Plus.

Um estudo realizado por Da Silva, Zaia e Peters (2017) com o objetivo de avaliar, por meio de uma cultura de células de três dimensões (3D) associada a um modelo de obturação de canais radiculares *in vitro*, a citocompatibilidade desses cimentos à base de silicato de cálcio em fibroblastos. Foram utilizados 30 incisivos superiores humano, que foram acessados, determinado o CT 1mm aquém do forame, e foram modelados com limas Reciproc R40 no CT. As raízes foram distribuídas aleatoriamente em três grupos experimentais e dois grupos controle. Os canais radiculares foram obturados usando a técnica de cone único com um dos três seguintes cimentos: Endoseal, EndoSequence BC Sealer e MTA Fillapex. O AH Plus foi usado como material de

referência e os dentes com canais radiculares não preenchidos foram usados como controles negativos. Os cimentos foram colocados junto com um cone de gutapercha em todo o CT. As raízes obturadas foram imediatamente expostas à cultura de células. Células de fibroblastos Balb/c 3T3 foram cultivadas em uma cultura de células 3D de colágeno tipo I. A citotoxicidade dos cimentos endodônticos em cultura 3D foi determinada pelo ensaio de brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazólio (MTT) após 24 horas de contato. A análise estatística foi realizada por meio ANOVA unilateral e os dados foram comparados pelo teste de intervalo múltiplo de Duncan. Obtiveram como resultado que AH Plus, Endoseal e EndoSequence BC Sealer tiveram atividade celular semelhante ao grupo de controle negativo, indicando que não há efeitos citotóxicos. Um efeito de citotoxicidade significativamente mais forte foi identificado para o cimento MTA Fillapex. A produção de IL-1 β , IL-6 e IL-8 foi detectada em todas as amostras; mas houve diferença significativamente elevados com MTA Fillapex em comparação com os outros cimentos e o controle negativo. Assim concluindo que coletivamente, os dados sugerem que em um modelo in vitro com cultura de células 3D, AH Plus, Endoseal e EndoSequence BC Sealer apresentaram melhor citocompatibilidade em comparação com MTA Fillapex.

Com o objetivo de avaliar a solubilidade em 24 horas e o pH em 3 e 24 horas de novos cimentos biocerâmicos comparando-os a cimentos convencionais, Poggio *et al.* (2017) realizaram um estudo. Oito diferentes cimentos de canal radicular foram testados: BioRoot RCS, TotalFill BC, MTA Fillapex, Sealapex, AH Plus, EasySeal, Pulp Canal Sealer, N2. No teste de solubilidade as amostras foram preparadas a partir moldes de anéis de aço inoxidável. Os moldes foram preenchidos, colocados em uma incubadora, o excesso de água foi retirado com papel absorvente e na sequência foram pesados. As amostras foram colocadas em uma placa de Petri contendo água destilada (AD) e transferidas para a mesma incubadora por 24 horas. Após a incubação, as amostras foram enxaguadas e as lavagens foram drenadas. A diferença entre a massa final e a massa inicial da placa de Petri dividida pelo peso seco inicial da amostra x100 corresponde à perda de massa de cada corpo de prova expressa em porcentagem de solubilidade. O teste de solubilidade foi repetido 2 meses após, usando o mesmo método. Para as medições de pH, os cimentos foram misturados e colocados em cilindros de Teflon.

A medição do pH foi realizada 3 e 24 horas após a incubação. Os valores de pH foram medidos por um medidor de pH digital calibrado com soluções tampão antes de cada experimento. Obtiveram como resultados no teste de solubilidade que o BioRoot RCS e TotalFill BC mostraram solubilidade significativamente mais elevada entre os materiais testados, embora a maior porcentagem de solubilidade tenha sido registrada para TotalFill BC. Todos os outros cimentos cumpriram os requisitos da Organização Internacional de Normalização - ISO 6876 e a especificação do Instituto Nacional Americano de Padrões/Associação Americana Odontológica - ANSI/ADA nº 57 para materiais de vedação endodôntica. AH Plus forneceu a menor solubilidade, significativamente menor do que todos os cimentos testados. Pulp Canal Sealer, N2, Sealapex, EasySeal e MTA Fillapex mostraram valores de solubilidade significativamente mais baixos do que BioRoot RCS e TotalFill BC, mas significativamente maior do que AH Plus. Nas mudanças de pH, o BioRoot RCS, TotalFill BC e Sealapex exibiram altos valores de pH alcalino ao longo do tempo, embora a pontuação de pH alcalino significativamente mais alta tenha sido registrada para TotalFill BC. Significativamente menor foi a alcalinidade do EasySeal, MTA Fillapex, Pulp Canal Sealer e AH Plus do que a observada anteriormente. Assim concluíram que os cimentos de canal radicular testados demonstraram atender às propriedades de solubilidade exigidas, exceto o BioRoot RCS e o TotalFill BC. Mesmo que os valores de pH possam estimular seu comportamento biológico e antimicrobiano ao longo do tempo, o BioRoot RCS e o TotalFill BC devem ser melhorados para reduzir sua solubilidade e aumentar sua capacidade de evitar infiltração apical.

No estudo de Urban *et al.* (2018) que tinha o objetivo de medir a solubilidade a longo prazo e o valor do pH de um cimento contendo silicato tricálcico (BioRoot RCS) e um cimento contendo MTA (MTA Fillapex) em comparação com um cimento endodôntico à base de resina epóxi convencional (AH Plus) durante um período de 6 meses. O teste de solubilidade foi determinado com base nos resultados obtidos após imersão das amostras em AD e PBS. Para preparação foi utilizado um anel de aço inoxidável. Foram preparadas 100 amostras de cada cimento, 50 para imersão em AD e 50 para PBS. Essas 50 amostras foram divididas em 5 grupos para imersão em 14 dias, 1 mês, 2, 4 e 6 meses. Os materiais em seus moldes de anel foram pesados 3 vezes antes da imersão das amostras. Após a

imersão, as amostras foram pesadas novamente 3 vezes e a massa dos cimentos determinada. O valor de pH foi determinado com um medidor de eletrodo de pH, sendo a medição realizada após 12 horas, depois a cada 2 dias e após 14 dias. Os dados foram analisados usando a análise de variância student-Newman-Keuls. BioRoot RCS e MTA Fillapex foram solúveis durante todo o período de investigação. No geral, o MTA Fillapex foi significativamente mais solúvel do que BioRoot RCS, enquanto o BioRoot RCS foi significativamente mais solúvel do que AH Plus em todos os momentos investigados. Na superfície de todas as amostras de BioRoot RCS (após 14 dias) e MTA Fillapex (após 1 mês) imersas em PBS, um precipitado branco era visível, entretanto não foi observado no grupo AH Plus. Esse precipitado era de difícil remoção e sua composição química após investigada foi determinada como hidroxiapatita de cálcio. O pH diminuiu continuamente ao longo do tempo para todas as amostras. Após 6 meses, BioRoot RCS apresentou o maior pH em AD, seguido por MTA Fillapex em AD, BioRoot RCS em PBS, AH Plus em PBS, MTA Fillapex em PBS e AH Plus em AD. Assim concluíram que a solubilidade do BioRoot RCS e MTA Fillapex aumentou durante um período de 6 meses. O AH Plus foi praticamente insolúvel durante todo o período. Apesar da maior solubilidade, o pH do MTA Fillapex foi menor em comparação com o BioRoot RCS. O pH estava em uma faixa alcalina para BioRoot RCS em PBS por cerca de 4 meses, enquanto para MTA Fillapex era apenas por 1 mês. AH Plus não era alcalino.

Jung *et al.* (2018) produziram um estudo avaliando a citotoxicidade de cimentos à base de resina epóxi (AH Plus), óxido de zinco eugenol (Pulp Canal Sealer) e dois cimentos contendo silicato de cálcio (MTA Fillapex e BioRoot RCS), na condição recém-misturado e tomado presa, para osteoblastos humanos. Os cimentos foram misturados e aplicados em moldes de silicone. Após a presa, os materiais foram pesados três vezes e a leitura média foi registrada. Para o estudo da cultura celular principal foram utilizadas diluições de extrato dos cimentos 1:1, 1:2 e 1:10. Os osteoblastos foram semeados em placas de cultura e puderam aderir por 24 horas. Após 24 horas, 7 dias, 14 dias e 21 dias, a viabilidade celular (contagem de células vivas), citotoxicidade (ensaio de LDH) e alterações na morfologia celular (coloração de Richardson) foram analisadas. O crescimento celular sem extratos de cimento em meio de cultura foi usado como controle. A contagem de células vivas foi realizada com o contador de células CASY1. As taxas de proliferação celular foram

estimadas com um ensaio de MTT. A análise qualitativa da viabilidade celular foi realizada através da coloração com diacetato de fluoresceína/iodeto de propídio (FDA/PI). Para avaliação histológica, uma coloração de Richardson foi realizada. A análise estatística foi realizada por ANOVA de uma via usando um teste de Levene modificado. Como resultados obtiveram que dentro da concentração de uma vez, todas as células morreram durante os primeiros dias, independentemente do tipo de cimento. Em uma diluição do extrato do cimento de 1:10, todas as células dos grupos de teste apresentaram a mesma taxa de sobrevivência que as células do grupo de controle, com exceção de AH Plus. No grupo AH Plus e no grupo Pulp Canal Sealer todos os osteoblastos morreram durante os primeiros dias após a adição do extrato do cimento em uma diluição de 1:2. Durante os primeiros dias no grupo MTA Fillapex, os osteoblastos sobreviveram a um extrato diluído 1:2. No grupo BioRoot RCS, todos os osteoblastos sobreviveram ao contato com um extrato diluído 1:2 e, em contraste com todos os outros cimentos, uma proliferação celular foi observada. Em contraste com todos os outros cimentos, os osteoblastos não sobreviveram ao contato com um extrato diluído AH Plus 1:10. Em contato com AH Plus a morfologia das células osteoblásticas foi alterada; eles se tornam maiores com o período de incubação mais longo. Assim concluíram que em relação à biocompatibilidade, o BioRoot RCS pode ser recomendado para a obturação do canal radicular. Além da biocompatibilidade, o BioRoot RCS é bioativo e tem influência positiva no metabolismo celular. Em contraste, o contato de Pulp Canal Sealer e MTA Fillapex ou AH Plus recém misturado a osteoblastos deve ser evitado. Mas que outras investigações são necessárias para comprovar o resultado do presente estudo.

Mendes *et al.* (2018) avaliaram as propriedades físico-químicas como tempo de presa, pH, liberação de cálcio, fluxo, radiopacidade e solubilidade de uma nova formulação para cimento biocerâmico, o Sealer Plus BC, em comparação ao cimento AH Plus. Para definir o tempo de presa dos cimentos, eles foram manipulados e inseridos no interior da matriz, uma agulha Gilmore foi colocada verticalmente na superfície da amostra. Esse procedimento foi repetido até que a superfície do cimento não fosse mais marcada, definindo o tempo de presa inicial. A avaliação do tempo de presa final começou imediatamente após o tempo de presa inicial ter sido determinado. Para determinar o pH e a liberação de íons de cálcio dos

cimentos Sealer Plus BC e AH Plus, os cimentos foram colocados dentro de tubos de polietileno. A avaliação do pH e liberação de íons cálcio foi realizada após 1, 24, 72 e 168 horas. O pH foi medido com um pHmetro digital calibrado com soluções com pH conhecido. Os níveis de cálcio contidos nas amostras coletadas foram examinados por método colorimétrico utilizando o arsenazo III. Para o teste de fluxo o cimento foi colocado em uma placa de vidro, outra placa de vidro foi colocada sobre o cimento e uma carga de 100g foi aplicada no centro do material. Os valores do fluxo foram obtidos a partir dos valores médios. Para o teste de radiopacidade, o cimento foi manipulado, as amostras foram posicionadas lateralmente em ambos os lados de um filme radiográfico próximo a uma escala e a radiografia foi realizada. O valor da radiopacidade foi determinado de acordo com a densidade radiográfica. Para o teste de solubilidade, as amostras foram pesadas em balança analítica, a seguir, colocadas em tubos Falcon com AD por 168 horas. No final as amostras foram repesadas para obter seus pesos finais. A solubilidade foi obtida pelo cálculo da perda de peso após a imersão. Obtiveram como resultados que o Sealer Plus BC apresentou maior pH e liberação de íons cálcio do que AH Plus. Os valores de tempo de presa, fluxo e radiopacidade apresentados pelo Sealer Plus BC foram inferiores aos obtidos pelo AH Plus. Sealer Plus BC apresentou maior solubilidade que o cimento AH Plus. Além disso, Sealer Plus BC exibiu maior solubilidade do que a recomendada pela ISO. Assim concluíram que o Sealer Plus BC apresentou excelentes propriedades físico-químicas, como pH, liberação de íons cálcio, fluxo, radiopacidade e tempo de presa. No entanto, este novo cimento biocerâmico apresentou maior solubilidade do que o recomendado pela ISO 6876: 2012.

Para avaliar quantitativamente e comparar a capacidade de selamento do cimento EndoSequence BC Sealer e AH Plus nos túbulos dentinários apicais, médios e coronais usando microscopia eletrônica de varredura (MEV) e micro-CT, Huang *et al.* (2018) realizaram um estudo. Para o estudo, foram utilizados 24 pré-molares inferiores humanos unirradiculares, suas coroas foram removidas com um corte na junção cimento-esmalte. Foram instrumentados com lima rotativa de níquel-titânio e o tamanho final da lima foi #40/06. Essas amostras foram divididas aleatoriamente em dois grupos. Os cimentos foram preparados e inseridos no interior do canal por uma espiral lentulo #40. Grupo 1: dentes foram obturados com AH Plus e guta-percha 40/06; Grupo 2: dentes foram obturados com

EndoSequence BC Sealer e guta-percha 40/06. A partir das imagens de micro-CT reconstruídas, as raízes foram divididas em seções apicais (0–4mm), médias (4–8mm) e coronais (8–12mm). Para análises de microporosidade, uma área deanel fixa foi selecionada como região de interesse (ROI) ao longo das diferentes seções. Análises de imagem 3D foram realizadas para calcular a porosidade do cimento dentro do volume de ROI. Após a varredura de micro-CT, três dentes de cada grupo foram selecionados aleatoriamente para análise MEV. As raízes foram seccionadas longitudinalmente na direção vestibulo-lingual e divididas em seções apicais (0–5mm) e coronais (7–12mm). A penetração dos cimentos nos túbulos dentinários e a adaptação de cada cimento à dentina foram examinadas da extremidade coronal à apical. A partir dos modelos 3D, o volume de dentina, o volume do canal radicular penetrado pelo cimento e o volume total de ROI foram calculados. Obtiveram como resultados que as análises de MEV de canais obturados com cimentos de canal radicular testados revelaram que sua adaptação à dentina foi suficiente ao longo do comprimento do canal radicular. Em relação ao corte apical, os cortes coronais apresentaram selamento superior onde a textura dos cimentos nos túbulos era homogênea. No teste de micro-CT os microporos na interface puderam ser observados entre a dentina do canal radicular e a obturação com cimento em todos os grupos testados. O volume dos poros fechados foi maior para o cimento AH Plus na seção apical em comparação ao cimento EndoSequence BC Sealer, embora sem significância estatística. O volume dos poros fechados e a superfície dos poros fechados apresentaram os maiores valores nos cortes coronais, seguidos dos cortes médios e apicais para ambos os cimentos, enquanto eles foram maiores na seção apical quando o cimento AH Plus foi usado. O cimento EndoSequence BC Sealer apresentou maior volume de poros abertos do que o AH Plus. Assim concluíram que a hipótese nula de que não seriam observadas diferenças entre as habilidades de EndoSequence BC Sealer e AH Plus para selar túbulos de dentina é aceita ao usar a técnica de cone único, o que sugere que o cimento EndoSequence BC Sealer tem uma capacidade de selamento semelhante em todo o canal radicular como o cimento AH Plus. Um melhor efeito de vedação poderia ser obtido nas seções coronal e média do que na parte apical usando qualquer um dos cimentos testados.

Wang, Liu e Dong (2018) produziram um estudo com o objetivo de avaliar os efeitos do cimento biocerâmico iRoot SP na densidade de obturação do

canal radicular, adaptação do canal radicular e penetração do cimento nos túbulos dentinários quando as técnicas de cone único e vertical quente foram utilizadas. Foram utilizados 42 incisivos inferiores adultos, as coroas foram removidas na junção cimento-esmalte. O canal radicular foi instrumentado com instrumentos rotatórios de Ni-Ti ProTaper Universal até o instrumento F3 (30, 0,09 taper). Dois dentes sem obturação foram selecionados como controle em branco, e o restante dos espécimes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de experimentos: Grupo 1: AH Plus com técnica de cone único (grupo AH-SC); Grupo 2: iRoot SP com técnica de cone único (grupo SP-SC); Grupo 3: AH Plus com técnica vertical quente (grupo AH-WV); Grupo 4: iRoot SP com técnica vertical quente (grupo SP-WV). Os cimentos foram misturados com corante fluorescente Rodamina B para permitir a visualização sob um microscópio de varredura a laser confocal (CSLM). Os dentes foram seccionados perpendicularmente ao seu longo eixo. O nível horizontal foi definido em 2, 4 e 6mm para o ápice. Em seguida, foi determinado o comprimento da região do canal radicular com lacunas e o segmento com penetração do cimento nos túbulos dentinários. Obtiveram como resultados que na densidade da obturação do canal radicular que as porcentagens de áreas vazias dos grupos AH-SC, SP-SC, AH-WV e SP-WV no nível de 2, 4 e 6 mm foram principalmente de 0%, e nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada. As técnicas de obturação do canal radicular e os tipos de cimento não tiveram efeito significativo na ocorrência de vazios. Na adaptação à parede do canal radicular as porcentagens das regiões de lacuna de AH-SC, SP-SC, AH-WV e SP-WV nos níveis de 2, 4 e 6mm variaram de 0% a 4,42%, e nenhuma diferença estatisticamente significativa foi obtida. Não houve diferença estatística em 2, 4 e 6mm entre esses três níveis em cada grupo. Sobre as técnicas de obturação do canal radicular e os tipos de cimento não tiveram influência significativa na adaptação à parede do canal radicular. Independentemente do tipo de cimento ou técnica de obturação usado, o segmento penetrado do canal radicular aumentou da parte apical para a coronal da raiz. Segmentos mais penetrados do canal radicular foram observados no corte horizontal ao nível de 2mm nos grupos SP-SC e SP-WV do que nos grupos AH-SC e AH-WV. O iRoot SP foi capaz de penetrar e selar mais túbulos dentinários ao nível de 2 mm do que o AH Plus. Não houve diferenças estatísticas entre os grupos AH-SC e AH-WV e entre os grupos SP-SC e SP-WV. Nos níveis horizontais de 4 e 6mm, não houve diferenças estatisticamente significativas no segmento penetrado do canal

radicular entre os quatro grupos. Assim concluíram que mesmo com as limitações deste estudo, o cimento biocerâmico (iRoot SP) apresentou qualidade de preenchimento suficiente e melhor penetração dos túbulos dentinários independente da técnica de preenchimento utilizada. A melhor penetração dos túbulos dentinários do iRoot SP combinada com sua boa bioatividade pode ajudar a melhorar a vedação do sistema de canais radiculares.

Numa pesquisa realizada por Benetti *et al.* (2019) com o objetivo de avaliar *in vivo* a citotoxicidade e a biocompatibilidade de um novo cimento endodôntico, o Sealer Plus BC, em comparação com o MTA Fillapex e AH Plus. Para a realização do estudo foram feitos extratos desses cimentos, que foram diluídos em meio de cultura. Foram utilizados 16 ratos albinos Wistar machos com 2 meses, alojados em um ambiente com temperatura controlada com um ciclo claro escuro de 12 horas, recebendo água e comida. Sessenta e quatro tubos foram preenchidos com os cimentos ou vazios para controle. No procedimento cirúrgico dos ratos foi feita uma incisão, a pele foi refletida para criar dois bolsos do lado direito e um do lado esquerdo, os tubos foram implantados nos bolsos e a pele fechada. Após 7 e 30 dias os ratos foram mortos por overdose solução anestésica. As reações do tecido em contato com o material foram avaliadas. Os dados paramétricos obtidos nos testes de viabilidade celular foram analisados estatisticamente por meio do teste ANOVA. Os dados não paramétricos obtidos na análise histológica foram analisados estatisticamente por meio do teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn. Obtiveram como resultado uma redução significativa na viabilidade celular estimulada pelo extrato Sealer Plus BC (1:100 e 1:200), MTA Fillapex (1:50 e 1:100) e AH Plus (1:50) em relação ao grupo controle. Além disso, a diluição de 1:200 do AH Plus foi menos citotóxica do que a diluição de 1:50. Observou-se que a exposição celular à diluição 1:50 do extrato Sealer Plus BC apresentou resultados semelhantes ao do grupo controle e aumentou significativamente a proliferação celular quando comparada à diluição 1:100. Após 7 dias do implante, uma resposta inflamatória severa foi observada no grupo Sealer Plus BC, resposta inflamatória moderada foi observada nos grupos MTA Fillapex e AH Plus, e inflamação leve foi observada no grupo controle. Aos 30 dias, os grupos MTA Fillapex e AH Plus exibiram inflamação moderada, enquanto os grupos Sealer Plus BC e Controle exibiram inflamação leve e ausente. No entanto, não houve

diferença significativa entre o cimento biocerâmico e o AH Plus ou MTA Fillapex, e diferença significativa entre os grupos MTA Fillapex e AH Plus quando comparados ao grupo controle. Assim concluíram que o Sealer Plus BC é menos citotóxico para as células de fibroblastos L929 quando um extrato menos diluído é usado. Além disso, é mais biocompatível do que o MTA Fillapex e o AH Plus.

Testando a atividade antimicrobiana do cimento biocerâmico em comparação com o AH Plus em biofilme com maturação 8 semanas, Bukhari e Karabucak (2019) executaram a pesquisa. Para o estudo foram utilizados 35 dentes extraídos de raiz única. Os dentes foram preparados para fazer um cilindro uniforme de dentina e esses cilindros foram divididos na metade. Colônias de *E. faecalis* cultivadas em placas em meio Brain Heart Infusion (BHI). Suspensão bacteriana foi adicionada a cada poço, preenchido com BHI e a amostra dentinária. Todas as amostras foram incubadas por 8 semanas. Após esse tempo, as amostras foram colocadas em poços de cultura de células. Vinte e quatro canais foram então preenchidos aleatoriamente com EndoSequence BC Sealer ou AH Plus. As amostras foram divididas nos seguintes grupos: **1.** Grupo 24hNC: o controle negativo para grupos de 24 horas; **2.** Grupo 24h AH Plus: preenchido com cimento AH Plus e avaliado após um 24 horas adicionais de incubação; **3.** Grupo 24hBC: preenchido com EndoSequence BC Sealer e avaliado após 24 horas adicionais de incubação; **4.** Grupo 2wNC: o controle negativo para os grupos de 2 semanas; **5.** Grupo 2wAHPlus: preenchido com cimento AH Plus e avaliado após 2 semanas adicionais de incubação; **6.** Grupo 2wBC: preenchido com EndoSequence BC Sealer e avaliado após 2 semanas adicionais de incubação. As amostras foram então desmontadas em 2 metades para expor as superfícies do canal e o cimento. Então cada metade foi corada usando um produto fluorescente e iodeto de propídio. Cada amostra foi examinada e digitalizada em 4 áreas aleatórias diferentes. A análise estatística dos dados foi conduzida usando uma análise ANOVA. Como resultado, a análise estatística dos dados obtidos indicou um efeito antibacteriano significativo do EndoSequence BC Sealer sobre o controle sem o cimento e os grupos de cimento AH Plus. Em geral, EndoSequence BC Sealer foi superior em eliminar *E. faecalis* em comparação com AH Plus, independentemente do período (2 semanas vs 24 horas) com uma diferença estatisticamente significativa. Assim concluíram que o EndoSequence BC Sealer exibiu capacidade antimicrobiana significativa na

presença de biofilme de *E. faecalis* em dentina em comparação com o cimento AH Plus.

Um estudo realizado por Zordan-bronzel *et al.* (2019a) que tinha o objetivo de avaliar as propriedades físico-químicas do novo Bio-C Sealer em comparação com o cimento à base de silicato de cálcio TotalFill BC e o cimento à base de resina epóxi padrão ouro AH Plus usando testes convencionais e micro-CT. A avaliação das propriedades físico-químicas foi realizada usando moldes de gesso tipo IV, que foram preenchidos com os cimentos. Uma agulha foi colocada na superfície da amostra verticalmente. O tempo de presa foi determinado quando as marcas das agulhas não pudessem mais ser observadas na superfície. O teste de fluxo foi realizado após a manipulação do cimento, o material foi colocado no centro de uma placa de vidro, em seguida, outra placa de vidro foi colocada sobre o cimento e uma carga foi aplicada centralmente na placa superior, o maior e o menor diâmetro dos discos resultantes foram medidos com um paquímetro digital. A área de fluxo do material expressa em mm² foi obtido usando o software Image Tool 3.0. Para o teste de radiopacidade as amostras foram posicionadas em filmes radiográficos e exposta perto de uma escala de alumínio. Os valores de pH dos cimentos foram determinados pelo enchimento de tubos de polietileno, e a avaliação foi realizada após 1, 7, 14 e 21 dias usando um medidor de pH digital previamente calibrado. Para a avaliação da solubilidade moldes plásticos circulares foram preenchidos com os cimentos, as amostras foram pesadas, colocadas em frascos plásticos fechados contendo AD, após 30 dias foram pesadas novamente para obtenção de seus pesos finais. A solubilidade foi obtida pelo cálculo da perda de peso após a imersão e expressa em termos percentuais. Para a avaliação da Mudança Volumétrica, amostras foram preparados e digitalizadas em um scanner micro-CT SkyScan 1176, na sequência as amostras foram imersas em frascos plásticos contendo água destilada por 30 dias. Após o período experimental, as amostras foram novamente escaneadas. A mudança volumétrica entre a linha de base e o período experimental foi então calculada. Os dados foram testados pelo teste de Shapiro-Wilk. A análise estatística foi realizada com análise de variância e testes paramétricos de Tukey. Tiveram como resultado que o Bio-C Sealer teve o menor tempo de presa seguido por AH Plus e TotalFill BC. Bio-C Sealer apresentou o maior fluxo, e AH Plus teve o menor em ambas as análises. AH Plus apresentou a

maior radiopacidade e a menor solubilidade e alteração volumétrica. A taxa de solubilidade foi maior para Bio-C Sealer; no entanto, Bio-C Sealer e TotalFill BC tiveram alterações volumétricas semelhantes. O pH foi maior para TotalFill BC seguido por Bio-C após 1 dia. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre o TotalFill BC e o Bio-C Sealer nos demais períodos experimentais. AH Plus foi semelhante ao grupo de controle. Com base nos resultados, os autores concluíram que o Bio-C Sealer possui curto tempo de presa, capacidade de alcalinização, fluxo e radiopacidade adequados. Embora o Bio-C Sealer não atendesse aos protocolos ISO ou ANSI/ADA com relação à solubilidade, este cimento apresentou baixa alteração volumétrica.

Zordan-bronzel *et al.* (2019b) produziram uma pesquisa avaliando a citocompatibilidade, potencial de indução de mineralização, atividade antimicrobiana e antibiofilme de um cimento endodôntico experimental à base de silicato de cálcio, em comparação com o TotalFill BC e AH Plus. A viabilidade celular foi avaliada por ensaios de MTT e vermelho neutro (NR). As células Saos-2 foram expostas a extratos de cimento nas diluições 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 e 1:32 por 24 horas. Os cimentos foram manipulados, colocados em placas de cultura e exposto à luz ultravioleta, na sequência foi adicionado meio essencial mínimo modificado por Dulbecco (DMEM). A bioatividade celular foi avaliada pela atividade de fosfatase alcalina (ALP) e coloração com vermelho de alizarina (ARS). A mineralização foi quantificada pela dissolução dos nódulos com solução de cloreto de cetilpiridínio. As atividades antimicrobiana e antibiofilme foram avaliadas por teste de contato direto em células planctônicas (DCTPC) e em teste de contato direto modificado (TCMD) em biofilme formado em blocos de dentina bovina. Para a análise da viabilidade celular e a atividade de ALP foram analisadas por duas vias ANOVA e testes estatísticos de Bonferroni. Os dados do ARS foram submetidos a uma via unilateral ANOVA e testes de Tukey. Os dados obtidos em testes microbiológicos foram analisados pelos testes de Kruskal-Wallis e Dunn. Obtiveram como resultados: Os testes MTT e NR revelaram que AH Plus, o cimento experimental e TotalFill BC, não teve efeitos citotóxicos nas células Saos-2, pois a viabilidade celular não foi significativamente diferente quando comparada ao controle negativo. Na ALP a menor viabilidade celular foi observada no primeiro dia de exposição aos extratos de cimento. Aos três dias, a viabilidade celular era maior, e todos os cimentos tinham

viabilidade semelhante à do controle. Após 7 dias, o cimento experimental teve viabilidade celular significativamente maior em comparação com o controle. Todos os materiais tinham ALP semelhante à do grupo de controle negativo em 3 dias. Após 7 dias de cultura, maior atividade de ALP foi observada para AH Plus em comparação com o controle. O cimento experimental também apresentou maior atividade ALP aos 7 dias e não foi significativamente diferente quando comparado com AH Plus. No ARS, o AH Plus, o cimento experimental e o TotalFill BC foram associados à deposição de nódulos mineralizados. O cimento experimental e TotalFill BC produziram nódulos significativamente mais mineralizados do que o controle. Na atividade antimicrobiana e antibiofilme, o cimento experimental e TotalFill BC foram associados a uma redução significativamente maior de *E. faecalis* em comparação com o controle, e eliminação *C. albicans*, em DCTCP. O cimento experimental e TotalFill BC foram significativamente mais eficazes na redução de *E. faecalis* quando comparado com AH Plus e o controle. Chegando à conclusão de que o cimento experimental à base de silicato de cálcio foi biocompatível, induziu atividade ALP e formação de nódulos minerais em Saos-2. Além disso, teve ação antimicrobiana contra *E. faecalis* e *C. albicans*. O cimento experimental à base de silicato de cálcio tem potencial para ser usado como um cimento endodôntico.

Com o objetivo de avaliar *in vitro* a citotoxicidade, resposta inflamatória e potencial osteogênico de AH Plus, MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer em pré-osteoblastos derivados de camundongos, Lee *et al.* (2019) realizaram um estudo. Células MC3T3-E1 foram cultivadas em um meio essencial mínimo alfa modificado (α -MEM). As amostras foram fabricadas em disco, que foi esterilizado por radiação ultravioleta. Para comparar as relações dose-resposta, os extratos de material foram gradualmente diluídos 1, 1:5, 1:10, 1:50 e 1:100. Após 24 horas, a viabilidade celular foi analisada. Para induzir a resposta inflamatória, foi usado lipopolissacarídeo (LPS). A análise de reação em cadeia da polimerase (PCR) foi realizada em 30 ciclos com uma linearidade relativamente alta. A determinação da ALP foi realizada após 7 dias de incubação. A determinação da atividade de mineralização foi realizada após 14 dias de incubação, após isso as células foram coradas com ARS. Para análise Estatística foi usado análise de variância unilateral e o teste post hoc de Tukey para determinar as diferenças estatisticamente significativas nos materiais de teste. Obtiveram como resultados que o AH Plus

mostrou uma diminuição estatisticamente significativa na viabilidade celular em comparação com o controle em todas as diluições. No entanto, o cimento MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer mostrou uma diminuição estatisticamente significativa na viabilidade celular em comparação com o controle em altas diluições. A Transcrição reversa seguida de reação em cadeia da polimerase (RT-PCR) mostrou que a expressão de mediadores inflamatórios, como IL-6 e TNF- α foi aumentado por LPS e reduzido por MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer após 2 dias. A expressão de marcadores osteogênicos foi diminuída por LPS e aumentada em todos os grupos tratados com cimento. A PCR em tempo real revelou uma diminuição significativa do nível de RNA mensageiro (mRNA) de IL-6 nos grupos MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer em comparação com o grupo tratado com LPS. O nível de mRNA de TNF- α foi significativamente reduzido em todos os grupos tratados com cimento em comparação com o grupo tratado com LPS. Os níveis de marcadores osteogênicos mostraram tendência de aumento nos grupos tratados com cimento. Os grupos MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer mostraram atividade ALP significativamente maior em comparação com o grupo tratado com LPS. Houve um aumento significativo na mineralização com todo o grupo tratado com cimento em comparação com o grupo tratado com LPS. Assim concluindo que os cimentos à base de silicato de cálcio, como MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer, exibem atividade anti-inflamatória e promovem a diferenciação osteogênica, sugerindo que esses cimentos podem ser usados para o tratamento endodôntico de sucesso. Mas que outros estudos são necessários para elucidar os mecanismos pelos quais os cimentos MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer manifestam efeitos anti-inflamatórios e induzem diferenciação osteogênica.

Para comparar a biocompatibilidade do Bio-C Sealer e do MTA Densell, implantados no tecido ósseo de ratos, Zmener, Pameijer e Della Porta (2020) realizaram uma pesquisa. Para o teste foram utilizados 30 ratos Wistar machos, onde cada um recebeu um implante Bio-C Sealer na tíbia esquerda e um implante MTA Densell na tíbia direita. Após anestesia dos animais, uma incisão longitudinal foi feita em cada tíbia, posteriormente, o perióstio foi dissecado e um orifício foi feito com uma broca redonda de carboneto-tungstênio. Os implantes foram inseridos nos orifícios, com uma extremidade em contato direto com o espaço

medular, enquanto o lado oposto foi nivelado com a superfície externa da cortical óssea. Por fim, as feridas foram suturadas. Utilizaram tempo de observação de 7, 30 e 90 dias. A posição dos implantes foi controlada por radiografias pós-operatórias imediatas. Eles foram então sacrificados por uma overdose de solução anestésica. As tíbias foram removidas, processadas para estudo histológico e cortes longitudinais com cerca de 7mm de espessura foram obtidos da parte mais central dos implantes para análise em microscópio. Conforme observado, foram classificados em três categorias: 1: Presença de cápsula fibrosa sadia e neoformação óssea, sem células inflamatórias (ICs); 2: Cápsula fibrosa com ou sem ICs, formação inicial de trabéculas ósseas e presença de ICs nos tecidos circundantes; 3: Ausência de cápsula e / ou tecido ósseo e presença de numerosas ICs. As diferenças entre os cimentos dentro de cada período de observação foram analisadas por meio do teste por McNemar. O efeito produzido pelos fatores tempo e material foi analisado com o teste de Kruskal-Wallis. Obtiveram como resultados que aos 7 dias, a reação dos tecidos em contato com os cimentos foi considerada categoria 3 em todos os casos. Aos 30 dias, a reação do tecido aos cimentos correspondeu à categoria 2 em todos os casos. Aos 90 dias, a reação tecidual ao Bio-C Sealer pertencia à categoria 1 em todos os casos, enquanto para o MTA Densell apenas 9 casos foram classificados nesta categoria. Uma amostra de MTA Densell revelou a persistência de ICs circundando uma formação incipiente de novas trabéculas ósseas; foi considerada a categoria 2. Nesse período observou-se que, em contato com o Bio-C Sealer, os espaços medulares eram ligeiramente mais largos. A análise estatística dos resultados mostrou que não houve diferenças significativas entre os materiais dentro de cada período de observação, mas houve quando foram comparados os resultados obtidos nos diferentes períodos de observação. Concluindo assim que nas condições em que o presente teste foi realizado, tanto o Bio-C Sealer quanto o MTA Densell se comportaram como materiais biocompatíveis e osteoindutores na tíbia de ratos. No entanto, é necessário considerar que os resultados da implantação de um biomaterial em animais de experimentação não podem ser extrapolados diretamente para a situação clínica em humanos, por isso devem ser interpretados com cautela.

Comparando a presença de poros nos três terços do canal radicular após obturação com cimentos biocerâmicos, Cabirta *et al.* (2020) produziram o

trabalho. Foram utilizados 20 pré-molares inferiores íntegros, unirradiculares e com leve grau de curvatura. Foi realizado o acesso com brocas esféricas, foram instrumentados com o sistema WaveOne® Gold (lima vermelha 025/07). Os dentes foram divididos em dois grupos com 10 dentes. Grupo 1 (G1) foi preenchido com TotalFill BC e o grupo 2 (G2) foi preenchido com MTA Fillapex. Ambos os grupos foram preenchidos com cones de guta-percha correspondentes à lima do sistema rotativo. Para a aquisição de imagem com microtomografia, imagens de ambos os grupos foram tiradas do ápice anatômico ao limite amelocementário com uma Microtomografia SkyScan 1172. As reconstruções bidimensionais foram divididas digitalmente em 3 cortes perpendiculares ao longo eixo do dente. Corte superior: limite amelocementário (LAM); Corte inferior: CT no ápice anatômico; e um Corte Médio (MÉDIO), que equivale a uma distância média entre os dois pontos citados acima. Na análise de obturação foram avaliados os poros presentes na obturação endodôntica. Para isso, sua presença foi definida em: LAM, MEDIO e CT. Para a análise estatística foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e o teste de postos sinalizados de Wilcoxon. Obtiveram como resultado que em nenhum dos 20 dentes analisados há ausência total de poros. Por sua vez, o número de poros detectados nos dentes obturados com os diferentes cimentos não apresentou diferenças significativas. A análise qualitativa mostrou que o G2 apresenta maior frequência de resultados sem poros; enquanto G1 apresenta maior frequência de resultados com poros; ambas as frequências não foram significativas. Ao ser analisado, a localização intermediária apresenta uma associação significativa com a ausência de poros em ambos os cimentos. A partir dessas análises foi possível estabelecer que o espaço externo e a localização cervical são os locais com maior frequência de poros. Isso permite inferir que o terço cervical é a região com maior presença de poros, independentemente do tipo de cimento utilizado. Assim concluíram que a localização dos poros é importante porque foram encontrados em torno de toda a obturação, independente do cimento utilizado. O espaço externo e o terço cervical do dente podem gerar zonas de infiltração incipientes que levam a reavaliar o dente e retratá-lo com o passar do tempo. Ainda assim, ambos os grupos apresentam uma boa adaptação ao nível apical, sendo este imprescindível para a longevidade e êxito do tratamento endodôntico, já que através desse espaço poderiam reingressar micro-organismos desde o periápice até o interior do canal e reinfecção-lo.

Silva *et al.* (2020) avaliaram a biocompatibilidade e potencial bioativo de dois cimentos biocerâmicos em comparação com AH Plus. Foram utilizados vinte e quatro ratos Holtzman machos distribuídos em 4 grupos (cimento Bio-C Sealer, Sealer Plus BC, o AH Plus e um grupo de controle). Os cimentos foram inseridos em tubos de polietileno que implantados no subcutâneo dorsal. Quatro tubos foram inseridos por animal, 1 de cada grupo. Após 7, 15, 30 e 60 dias, os animais foram eutanasiados com overdose de anestésico, e os implantes com tecidos adjacentes foram removidos. A densidade numérica de ICs foi avaliada usando um microscópio de luz e um sistema de análise de imagem. Para a detecção de interleucina IL-6, foi usado anticorpo anti-IL-6 de camundongo. Para a detecção imuno-histoquímica de osteocalcina, as secções foram incubadas com anticorpo anti-osteocalcina de coelho. O número de células imunomarcadas com osteocalcina foi realizado de forma semelhante à IL-6. Para a reação e análise de von Kossa sob luz polarizada, os cortes foram imersos em solução de nitrato de prata e posteriormente imersos em solução de hipossulfito de sódio. Os dados foram avaliados pela análise de variância de 2 fatores seguida do teste de Tukey. Os resultados obtidos na densidade numérica de ICs foi que aos 7 dias, Sealer Plus BC mostrou valores mais baixos do que Bio-C Sealer. Após 15 dias, Bio-C Sealer mostrou ICs mais baixos do que Sealer Plus BC e AH Plus. Aos 30 dias, não houve diferença estatística entre Sealer Plus BC e AH Plus para ICs. Aos 60 dias, Bio-C Sealer e Sealer Plus BC não mostrou diferença estatística entre eles. AH Plus apresentou os maiores valores de ICs em comparação com os outros. Na espessura da cápsula adjacentes aos implantes, as cápsulas exibiram reação inflamatória moderada. Aos 7 dias, Bio-C Sealer e Sealer Plus BC não mostraram diferença estatística. Aos 15 e 30 dias, não houve diferença estatística entre Bio-C Sealer e AH Plus. Sealer Plus BC exibiu os valores mais altos. Após 60 dias, todos os materiais apresentaram redução na espessura das cápsulas, sem diferença estatística entre eles. Na detecção imuno-histoquímica de IL-6, aos 7 dias, o número de ICs imunocorados/mm² foi significativamente maior em comparação com os outros períodos. AH Plus exibiu os valores mais altos. Aos 15 e 30 dias, Bio-C exibiu menos marcação em comparação com Sealer Plus BC. Aos 60 dias, Bio-C Sealer, Sealer Plus BC e o controle apresentaram os valores mais baixos, sem diferença entre Bio-C e Sealer Plus BC. O AH Plus apresentou os maiores valores em todos os períodos analisados. Na detecção imuno-histoquímica de osteocalcina, aos 7 dias, apenas o grupo Bio-C

Sealer exibiu marcação positiva para osteocalcina. Aos 15 e 30 dias, Bio-C Sealer e Sealer Plus BC tiveram células imunopositivas. Após um período de 60 dias, Bio-C Sealer mostrou um maior número de células marcadas em comparação com Sealer Plus BC. O AH Plus e o grupo de controle não apresentaram marcação positiva em nenhum período. Na reação e análise de Von Kossa sob luz polarizada, os três cimentos apresentaram estruturas positivas ao método de von Kossa em todos os períodos analisados. O grupo controle não apresentou estruturas positivas. O Bio-C Sealer e o Sealer Plus BC mostraram estruturas birrefringentes em todos os períodos espalhados pelos tecidos adjacentes, e o AH Plus apresentou estruturas localizadas apenas na superfície das cápsulas. O grupo controle não apresentou estruturas birrefringentes. Assim concluíram que o Bio-C Sealer e o Sealer Plus BC são biocompatíveis para uso em contato próximo com o tecido periapical, induzindo uma leve reação inflamatória e favorecendo o reparo. Além disso, ambos os cimentos podem contribuir para o processo de mineralização do tecido periapical porque demonstram potencial bioativo.

A pesquisa de Milanovic *et al.* (2020) tinha o objetivo de quantificar e comparar a porosidade interna e externa dos cimentos à base de silicato de cálcio e verificar o efeito de longo prazo do armazenamento em fluido corporal simulado. Foram utilizados dezesseis incisivos centrais superiores, suas coroas foram removidas usando uma broca diamantada em baixa rotação, deixando 12 ± 1 mm de comprimento de raiz. Os canais radiculares modelados com uma série de limas TF Adaptive usando a sequência médio grande, com o tamanho #50/0,04 (ML3). As raízes foram alocadas aleatoriamente em 4 grupos. Os canais foram preenchidos com guta-percha correspondentes e com um dos cimentos testados (MTA Fillapex, BioRoot RCS, EndoSequence BC Sealer e AH Plus), usando a técnica de cone único. As amostras foram imersas em solução salina balanceada de Hank. Todas as amostras foram digitalizadas em 2 pontos de tempo; a varredura inicial ocorreu 7 dias após a obturação, e a varredura de acompanhamento foi feita após 6 meses. Os seguintes dados quantitativos foram obtidos: porosidade total, porosidade aberta e porosidade fechada. Para a análise comparativa quantitativa, foram definidas 3 regiões de interesse: coronal, média e apical. Os dados foram analisados estatisticamente para os fatores "cimentos", "tempo" e "região". Obtiveram como resultados que os 3 cimentos à base de silicato de cálcio (MTA Fillapex, BioRoot

RCS, e EndoSequence BC Sealer) exibiram principalmente diferenças não significativas na porosidade, mas MTA Fillapex apresentou porosidade significativamente maior do que EndoSequence BC Sealer na região coronal. No AH Plus, BioRoot RCS e MTA Fillapex a porosidade foi significativamente maior na região coronal em comparação com as regiões média e apical. No EndoSequence BC Sealer, a porosidade em todas as 3 regiões não foi significativamente diferente. A porosidade foi significativamente maior em MTA Fillapex do que em AH Plus. Não houve diferenças significativas entre MTA Fillapex, BioRoot RCS e EndoSequence BC Sealer, bem como entre AH Plus, BioRoot RCS e EndoSequence BC após armazenamento. Os menores poros foram considerados os mais frequentes em todos os cimentos, tanto inicialmente quanto após o armazenamento. AH Plus apresentou a maior porcentagem de poros mais volumosos, enquanto esses poros eram praticamente inexistentes no MTA Fillapex. EndoSequence BC Sealer mostrou uma tendência de fechamento dos poros porque a porcentagem dos poros menores aumentou cerca de 20% após o armazenamento, limitando a porcentagem dos poros maiores a menos de 10%. Por outro lado, BioRoot RCS revelou uma ligeira tendência de crescimento de poros, com a porcentagem de poros de médio alcance aumentando e a porcentagem de poros maiores diminuindo após o armazenamento. Assim concluíram que todos os cimentos de canal radicular testados mostraram a formação de vazios em vários graus, tanto imediatamente quanto após 6 meses de armazenamento. Com a porosidade aberta sendo o tipo predominante, todos os cimentos testados se apresentaram como reservatórios e vias potenciais para o crescimento e migração de micro-organismos em direção à região periapical. Como um grupo, os cimentos à base de silicato de cálcio não apresentaram desempenho uniforme em termos de mudanças de porosidade ao longo do tempo. Em geral, o MTA Fillapex foi associado a uma porosidade um pouco maior do que os outros 2 cimentos à base de silicato de cálcio, EndoSequence BC Sealer e BioRoot RCS.

Viana *et al.* (2021) utilizando os cimentos biocerâmicos em comparação com os cimentos à base de resina, fizeram um estudo com o objetivo de avaliar a atividade antimicrobiana. Foram utilizados os cimentos biocerâmicos Bio-C Sealer, Sealer Plus BC e BioRoot RCS, e os cimentos à base de resina Sealer Plus, MTA Fillapex e AH Plus; uma cepa de micro-organismo gram-positivos facultativos de *Enterococcus faecalis*; a formação de biofilme foi induzida em

membranas de nitrato de celulose. Dois tipos de testes foram realizados, o de contato direto (TCD) e o de contato indireto (TCI). Para o TCD cada cimento fresco foi colocado sobre o biofilme formado nas membranas. Para o TCI, uma nova membrana de nitrocelulose estéril foi colocada sobre o biofilme formado antes da inserção do cimento. Ambos os testes tiveram tempo de contato de 30 minutos. A biomassa do biofilme foi visualizada e quantificada por meio de um ensaio cristal violeta modificado. A quantificação da biomassa do biofilme remanescente após o tratamento foi lida em leitor de ELISA. Os dados foram tabulados e submetidos ao teste de Shapiro-Wilks para verificar sua normalidade. Os resultados mostraram que quando em contato direto, os cimentos biocerâmicos apresentaram melhor atividade contra o biofilme, mas não apresentando diferença significativa entre si. Nessa condição de contato, o cimento resinoso AH Plus apresentou menor atividade antimicrobiana durante o período avaliado. Em relação ao contato indireto, os resultados mostraram uma vantagem para os cimentos biocerâmicos prontos para o uso (Bio-C Sealer e Sealer Plus BC). A outra abordagem experimental utilizada foi o ensaio de cristal violeta que simulou o comportamento do cimento fresco, onde o Sealer Plus BC obteve o menor valor, apresentando diferença significativa com o grupo controle. Além disso, Sealer Plus e Sealer Plus BC apresentaram diferença significativa em relação aos cimentos biocerâmicos. Dessa forma avaliaram que os cimentos prontos para uso apresentaram maior atividade antimicrobiana que o AH Plus contra biofilmes de *E. faecalis* nos testes de contato direto e indireto. Além disso, o Sealer Plus BC apresentou o melhor efeito na biomassa do biofilme. Assim puderam concluir que os cimentos endodônticos biocerâmicos apresentaram melhor ação antibacteriana contra biofilmes de *E. faecalis* do que os cimentos resinosos.

Dias (2021) avaliou o selamento apical dos cimentos biocerâmicos utilizados na obturação do sistema de canais radiculares através da Tomografia de Coerência Óptica (OCT). Para esse estudo *in vitro*, foram utilizados 60 incisivos inferiores humanos permanentes extraídos com rizogênese completa, sem tratamento endodôntico prévio, fraturas quaisquer e com único canal radicular, que foram separados aleatoriamente e divididos em três grupos: grupo um (G1) - cimento MTA Fillapex; grupo dois (G2) - cimento Bio-C Sealer; e grupo três (G3) - cimento BioRoot RCS. As coroas dos espécimes foram seccionadas com broca diamantada. As medidas de CT foram realizadas com limas K#15 até o limite anatômico, o qual

foi utilizado como comprimento total. O sistema de canais radiculares foi instrumentado mecanicamente com o sistema de lima rotatória ProTaper Next de acordo com as instruções do fabricante, até a lima ProTaper Next X2 (25/06). Foi irrigado com hipoclorito de sódio a 1%, e EDTA 17%, e feita a secagem com cone de papel absorvente. Em seguida foi realizada a obturação através de cone único ProTaper Conform Fit correspondente a lima de memória ProTaper Next X2 e compactação vertical. Após trinta dias, os espécimes foram escaneados através do sistema de domínio espectral OCT (SD-OCT) da Lumedica QQ Labscope 2.0/X para avaliação do selamento marginal dos cimentos obturadores. As imagens foram avaliadas por três especialistas em endodontia, cada examinador, de forma independente, respondeu ao questionário classificando as imagens como selamento suficiente ou não suficiente, as imagens que apresentaram espaços vazios por ausência de cimento foram avaliadas como selamento insuficiente. As imagens foram reavaliadas após um intervalo de 15 dias. Obtiveram como resultados que o MTA Fillapex foi o material que apresentou menor taxa (75% da amostra) classificada como selamento suficiente, com diferença significativa para o Bio-C Sealer (100%) e sem diferença para o BioRoot RCS (85%). Assim concluíram que os cimentos biocerâmicos apresentaram selamento apical suficiente. O Bio-C Sealer demonstrou melhor desempenho quando comparado apenas ao MTA Fillapex. A OCT é um método que se mostrou eficaz para análise do selamento apical.

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado e fundamentado a partir de pesquisa bibliográfica, entre a literatura específica existente, nas bases de dados online: Scielo, PubMed, Biblioteca Virtual da Saúde (LILACS) e Google Acadêmico; e na revista especializada: Journal of Endodontics. Foi realizado um recorte temporal de 2017 a 2022. As palavras-chaves utilizadas foram “cimentos biocerâmicos” e “endodontia”. Foram incluídos no estudo apenas trabalhos que usavam os cimentos biocerâmicos como cimento de obturação de canal radicular. Foram excluídos os artigos duplicados, revisões de literatura, estudos com apenas o resumo disponível e os que não contemplavam os objetivos da pesquisa. Após a leitura, foram selecionados 19 artigos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Biocompatibilidade e Citotoxicidade

Testes de citotoxicidade são realizados para avaliação inicial da biocompatibilidade dos materiais (NAVARRO 2018). Os cimentos endodônticos devem ser biocompatíveis, pois podem entrar em contato direto com o tecido periapical através do forame apical e das comunicações acessórias (BERNATH; SZABO, 2003). Cimentos com boa biocompatibilidade são benéficos para auxiliar ou estimular o reparo de tecidos lesados (JUNG *et al.*, 2018). Zmener, Pameijer e Della Porta (2020) afirmaram que os dois cimentos biocerâmicos testados, Bio-C Sealer e MTA Densell, foram biocompatíveis, mas consideraram que um experimento em animal não pode ser diretamente extrapolado para uma situação clínica em humanos. Silva *et al.* (2020) declararam que os cimentos biocerâmicos, Bio-C Sealer e Sealer Plus BC, foram menos citotóxicos, pois induziram um processo inflamatório menos intenso, e mais biocompatíveis, pois permitem a regressão da reação inflamatória mais rapidamente, do que o cimento resinoso AH Plus. Benetti *et al.* (2019) relataram que o cimento biocerâmico MTA Fillapex foi mais citotóxico do que o cimento à base de resina AH Plus, o que os autores associaram com a sua alta solubilidade, e ambos os cimentos, com o passar do tempo foram mais biocompatíveis. Diferente desses dois cimentos, o cimento biocerâmico Sealer Plus BC apresentou um perfil diferente, ele foi menos citotóxico quando menos diluído e sua biocompatibilidade foi mais rápida, dessa forma o Sealer Plus BC foi considerado menos citotóxico quando um extrato menos diluído é usado, e é mais biocompatível do que o MTA Fillapex e o AH Plus. Jung *et al.* (2018) afirmaram que o cimento AH Plus exerceu um efeito citotóxico marcante, mas não era mais citotóxico após a presa, já o cimento biocerâmico MTA Fillapex permaneceu gravemente citotóxico durante todo o período experimental, sendo mais citotóxico do que o AH Plus. O cimento biocerâmico BioRoot RCS se apresentou apenas ligeiramente citotóxico, e apresentou resultados melhores de biocompatibilidade do que os outros cimentos, além de ser biocompatível, o BioRoot RCS pode liberar alguns componentes para os tecidos circundantes que podem ter um efeito benéfico na cicatrização do tecido. Da Silva, Zaia e Peters (2017) relataram que os cimentos biocerâmicos Endoseal e Endosequence BC Sealer e o cimento resinoso AH Plus não tiveram efeitos citotóxicos, diferente do cimento biocerâmico MTA Fillapex que

apresentou um efeito de citotoxicidade, relatam também que o cimento MTA Fillapex pode estar associado à inflamação aguda após seu uso durante a obturação de canais radiculares. Afirmaram ainda que os cimentos AH Plus, Endoseal e Endosequence BC Sealer apresentaram melhor biocompatibilidade em comparação com MTA Fillapex. Em contrapartida, Lee *et al.* (2019) apresentaram que os cimentos biocerâmicos, MTA Fillapex e Endosequence BC Sealer, apresentaram menor citotoxicidade em altas diluições, diferente do cimento AH Plus que apresentou baixa citotoxicidade em todas as diluições.

4.2 - Bioatividade

Os cimentos biocerâmicos são capazes de induzir a formação de hidroxiapatita quando em contato com água, fenômeno conhecido por bioatividade (SILVA, 2018). Íons de cálcio desempenham um papel importante na formação e mineralização dos tecidos duros. Os íons de cálcio são necessários para a formação da apatita (GANDOLFI *et al.*, 2010). A formação de apatita pode em seguida, induzir os osteoblastos a produzir e mineralizar o novo tecido por meio da deposição de cristais de apatita (TAY; PASHLEY, 2008). Os cimentos biocerâmicos foram associados a níveis mais elevados de liberação de íons cálcio. Zordan-bronzel *et al.* (2019b) afirmaram que os cimentos biocerâmicos TotalFill BC e um cimento experimental da FoAr apresentaram maior formação de nódulos mineralizados e produziram nódulos significativamente mais mineralizados. Mendes *et al.* (2018) afirmaram que os cimentos biocerâmicos apresentaram maior liberação de íons cálcio em comparação com o cimento à base de resina AH Plus. Lee *et al.* (2019) acreditam que os cimentos biocerâmicos, MTA Fillapex e EndoSequence BC Sealer, promovam a diferenciação osteoblastos e a formação de nódulos de cálcio. Também asseguram que os mesmos cimentos biocerâmicos exibem atividade anti-inflamatória e promovem a diferenciação osteogênica, sugerindo que esses cimentos podem ser usados para o tratamento endodôntico de sucesso. Silva *et al.* (2020) avaliaram que os cimentos biocerâmicos Sealer Plus BC e Bio-C Sealer exibiram osteocalcina, proteína secretada pelos osteoblastos, também apresentaram precipitados de cálcio. Assim afirmaram que esses cimentos biocerâmicos podem contribuir para o processo de mineralização do tecido periapical porque demonstram potencial bioativo.

4.3 - pH

Um ambiente alcalino pode desempenhar um papel positivo na cicatrização apical, contribuindo assim para a formação de tecidos mineralizados (URBAN *et al.*, 2018). Segundo Okabe *et al.* (2006) o pH alcalino dos cimentos endodônticos pode neutralizar o ácido láctico dos osteoclastos e prevenir a dissolução dos componentes mineralizados dos dentes. Os cimentos biocerâmicos apresentaram excelentes valores de pH. Para Urban *et al.* (2018) e Zordan-bronzel *et al.* (2019a) os cimentos biocerâmicos (BioRoot RCS, Bio-C Sealer e TotalFill BC) se apresentaram com pH alcalino (>8,8) enquanto o cimento à base de resina (AH Plus) não se apresentou alcalino (~6,3). Na mesma linha, Mendes *et al.* (2018) afirmam que o cimento biocerâmico Sealer Plus BC exibiu valores de pH (~10) significativamente mais elevados do que o cimento resinoso AH Plus (~7,8), dizem ainda que o Sealer Plus BC apresentou um pH alcalino (9,09 a 10,05) que se manteve estável por 7 dias. Poggio *et al.* (2017) compararam vários tipos de cimento e afirmam que os cimentos biocerâmicos (BioRoot RCS, MTA Fillapex e TotalFill BC) e o cimento de hidróxido de cálcio (Sealapex) exibiram os maiores valores de pH (>9), com valores um pouco mais altos para os biocerâmicos (>10), afirmam ainda que os cimentos à base de resina e à base de óxido de zinco e eugenol (Pulp Canal Sealer e N2) apresentaram alcalinidade significativamente menor (~7), sendo que os cimentos à base de resina (AH Plus e EasySeal) ficaram com valores intermediários a esses dois grupos, variando de 7,7 a 8,3.

4.4 - Atividade antimicrobiana e antibiofilme

O tratamento de canal radicular malsucedido foi associado à presença de *Enterococcus faecalis* (RÔÇAS; SIQUEIRA JUNIOR; SANTOS, 2004) e *Candida albicans* (SIQUEIRA JUNIOR; RÔÇAS, 2004). Durante o tratamento do canal radicular, os micro-organismos podem permanecer, mesmo após a limpeza mecânica, irrigação e uso de curativo intracanal (WANG; SHEN; HAAPASALO, 2014). O emprego de materiais obturadores endodônticos com atividade antimicrobiana é fundamental para auxiliar na eliminação de micro-organismos que possam ter permanecido no interior dos canais radiculares (BARROS *et al.*, 2014). Os cimentos biocerâmicos foram associados a uma redução significativamente maior de *E. faecalis* e de *C. albicans* em relação com os cimentos à base de resina. No teste de contato direto, Zordan-bronzel *et al.* (2019b) afirmam que os cimentos

biocerâmicos, cimento experimental FoAr e TotalFill BC, reduziram significativamente as colônias de *E. faecalis*, resultado que condiz também com o estudo de Viana *et al.* (2021) que além da diferença significativa em relação aos cimentos à base de resina, AH Plus e Sealer Plus, afirmam que os biocerâmicos (Bio-C Sealer, Sealer Plus BC e BioRoot RCS) não apresentam diferença entre si. Viana *et al.* (2021) afirmam ainda que pelo teste de contato indireto, os resultados mostraram uma vantagem para os cimentos biocerâmicos prontos para o uso, Sealer Plus BC e Bio-C Sealer. Bukhari e Karabucak (2019) também reiteram que os cimento biocerâmico EndoSequence BC Sealer apresentaram um efeito antibacteriano cerca de 2 vezes maior que o cimento resinoso AH Plus.

4.5 - Tempo de presa

Segundo Versiani *et al.* (2016) o tempo de presa dos cimentos endodônticos deve permitir tempo suficiente para que o material seja colocado nos canais radiculares. Não deve ser muito curto, pois isso pode interferir e complicar os métodos de preenchimento ao diminuir o tempo de trabalho (MENDES *et al.*, 2018). E não deve ser muito longo pois é considerado um problema crítico na aplicação clínica (JANG *et al.*, 2018). De um modo geral os cimentos biocerâmicos tem um tempo de presa menor que os cimentos à base de resina. Mendes *et al.* (2018) afirmam que o cimento biocerâmico Sealer Plus BC apresentou tempo de presa inferior ao do cimento resinoso AH Plus, mas eles consideram um resultado favorável, pois um tempo de presa longo pode causar irritação do tecido. Apesar disso, o estudo de Zordan-bronzel *et al.* (2019a) mostrou que um dos cimentos biocerâmicos (TotalFill BC) apresentou um tempo de presa maior que o do AH Plus, embora o outro cimento biocerâmico (Bio-C Sealer) tenha apresentado um tempo de presa menor.

4.6 - Escoamento

O escoamento é a propriedade que permite que o cimento penetre nas irregularidades dos sistemas de canais radiculares (SIQUEIRA JUNIOR; FRAGA; GARCIA, 1995). Embora um bom escoamento contribua para uma boa penetração nos túbulos dentinários, istmo, canais acessórios, é fundamental enfatizar que o fluxo excessivo pode causar vazamentos para os tecidos periapicais que, dependendo da citotoxicidade do material, podem complicar o processo de

cicatrização (DUARTE *et al.*, 2010). De acordo com a norma ISO 6876:2012 a taxa de escoamento não pode ser inferior a 20mm. Zordan-bronzel *et al.* (2019a) afirmam que os cimentos biocerâmicos (Bio-C Sealer e TotalFill BC) apresentaram um escoamento maior que o cimento à base de resina AH Plus. Já Mendes *et al.* (2018) afirmam que o AH Plus apresentou um escoamento maior que do cimento biocerâmico Sealer Plus BC. Apesar disso, todos os cimentos encontravam-se dentro da norma ISO. Em contrapartida, Wang, Liu e Dong (2018) afirmaram que independentemente do tipo de cimento, o biocerâmico iRoot SP ou o resinoso AH Plus, ou técnica de obturação usada, técnica do cone único ou técnica vertical quente, o segmento penetrado do canal radicular aumentou da parte apical para a coronal da raiz. Afirmaram ainda que o iRoot SP foi capaz de penetrar e selar mais túbulos dentinários ao nível apical do que o AH Plus.

4.7 - Selamento (Porosidade)

Os cimentos endodônticos, tanto no seu manuseio prévio quanto ao serem introduzidos no canal radicular, retêm oxigênio, fato que resulta na presença de espaços vazios na obturação (CABIRTA *et al.*, 2020). Esses espaços vazios podem servir como centros para micro-organismos que levam à microinfiltração e falha de longo prazo do tratamento endodôntico (SHEMESH *et al.*, 2007). Poros abertos, podem levar ao novo crescimento de micro-organismos ou permitir seu ingresso por microinfiltração (WALTIMO *et al.*, 2005). Poros fechados podem ser considerados espaços não preenchidos isolados com muito menos potencial para crescimento e migração bacteriana (MILANOVIC *et al.*, 2020). De acordo com os trabalhos avaliados nesta revisão de literatura, os autores afirmaram que, independentemente do tipo de cimento, não houve nenhuma amostra que não apresentou algum tipo de poro, e que eram predominantemente poros abertos e em maior quantidade na região coronal, o que se apresenta como potencial via para o crescimento e migração de micro-organismos em direção periapical. Cabirta *et al.* (2020) relataram que não houve uma diferença significativa entre os dois cimentos biocerâmicos testados, destacaram ainda que os cimentos apresentavam uma boa adaptação ao nível apical, primordial para a longevidade e êxito do tratamento endodôntico. Huang *et al.* (2018) relataram que o cimento à base de resina AH Plus apresentou um volume de poros fechados maior que o cimento biocerâmico EndoSequence BC Sealer, porém o cimento EndoSequence BC Sealer apresentava

maior volume de poros abertos do que o cimento AH Plus. Mas afirmaram que os dois cimentos têm uma capacidade de selamento semelhante em todo o canal radicular. Milanovic *et al.* (2020) afirmaram que a porcentagem de poros fechados era inferior a 0,5%, enquanto 95,5% eram de poros abertos. O cimento AH Plus apresentava poros mais volumosos que os cimentos biocerâmicos, EndoSequence BC Sealer e MTA Fillapex, embora a porosidade dos cimentos biocerâmicos tenha sido considerada um pouco maior que a do AH Plus. Relataram também que após o tempo de armazenamento os cimentos EndoSequence BC Sealer e AH Plus apresentaram uma ligeira diminuição da porosidade, enquanto os cimentos BioRoot RCS e MTA Fillapex apresentaram um ligeiro aumento que eles associaram com a maior solubilidade desses cimentos. Mas os autores reiteram que a diferença estatística entre os cimentos contendo cerca de 3% e 6% de porosidade pode não apresentar relevância clínica. Wang, Liu e Dong (2018) realizaram um estudo e avaliaram que a técnica de obturação do canal radicular (técnica do cone único e técnica vertical quente) e os tipos de cimento (cimento biocerâmico iRoot SP e cimento à base de resina AH Plus) não tiveram efeito significativo na ocorrência de vazios e nem influência significativa na adaptação desses cimentos à parede do canal radicular. No estudo de Dias (2021), três cimentos biocerâmicos foram analisados, mostrando de o cimento MTA Fillapex apresentou 75% de selamento suficiente, apresentando uma diferença significativa para o Bio-C Sealer com 100% e sem diferença para o BioRoot RCS com 85%; mas relatou ainda que não havia diferença significativa na comparação simultânea dos três cimentos.

4.8 – Solubilidade

A solubilidade indica a perda de massa do material quando imerso em água (VERSIANI *et al.*, 2016). Os cimentos endodônticos devem ter baixa solubilidade quando em contato com fluidos teciduais para prevenir a liberação de compostos químicos na região periapical que pode desencadear uma reação inflamatória (VITTI *et al.*, 2013). Além disso, resultará na formação de lacunas entre a dentina do canal radicular e o material obturador, resultando em um aumento do vazamento bacteriano ao longo do tempo (OLIVEIRA *et al.*, 2011). De acordo com as especificações ISO 6876:2012 ou ANSI/ADA nº 57, a perda de massa não deve ultrapassar 3% do peso total. De forma geral, os biocerâmicos foram associados a uma maior solubilidade em comparação com outros cimentos endodônticos. Para

Zordan-bronzel *et al.* (2019a) e Mendes *et al.* (2018) os cimentos biocerâmicos (Bio-C Sealer, TotalFill BC e Sealer Plus BC) foram mais solúveis que o cimento à base de resina AH Plus, e não se encontravam dentro das normas. Os mesmos autores explicam que isso se deve ao fato das partículas nanométricas hidrofílicas dos cimentos biocerâmicos, que aumentam sua área de superfície e permitem que mais moléculas líquidas entrem em contato. Poggio *et al.* (2017) afirmam que os cimentos biocerâmicos (BioRoot RCS, MTA Fillapex e TotalFill BC) foram mais solúveis em relação aos cimentos à base de resina (AH Plus e EasySeal), cimentos de hidróxido de cálcio (Sealapex) e cimentos à base de óxido de zinco e eugenol (Pulp Canal Sealer e N2), afirmam ainda que os cimentos biocerâmicos eram os únicos que não estavam dentro das normas de solubilidade. Urban *et al.* (2018) também afirmaram que os cimentos biocerâmicos (BioRoot RCS e MTA Fillapex) eram mais solúveis, porém o BioRoot RCS se encontrava dentro das normas enquanto o MTA Fillapex não. Em contrapartida, Silva *et al.* (2017) afirmam que não há diferença de solubilidade do cimento biocerâmico testado, MTA Fillapex, com o cimento à base de resina AH Plus.

4.9 - Alteração volumétrica

Os cimentos à base de resina apresentaram menor alteração volumétrica. Silva *et al.* (2017) afirmam que o cimento biocerâmico MTA Fillapex apresenta alterações volumétricas significativamente maiores em relação ao cimento resinoso AH Plus. Já Zordan-bronzel *et al.* (2019a) afirmam que os cimentos biocerâmicos, Bio-C Sealer e TotalFill BC, apresentaram baixa alteração volumétrica, abaixo de 2%, embora o AH Plus tenha apresentado resultados ainda menores.

4.10 - Radiopacidade

A radiopacidade é uma propriedade essencial dos cimentos endodônticos, para permitir a avaliação da qualidade do conteúdo da obturação, e para que se consiga distinguir o material das estruturas anatômicas adjacentes (AL-HADDAD; CHE AB AZIZ, 2016). De acordo com as normas internacionais, os cimentos endodônticos devem apresentar radiopacidade mínima igual a 3,00 mm de alumínio (SILVA *et al.*, 2013). Mendes *et al.* (2018) e Zordan-bronzel *et al.* (2019a) afirmam que os cimentos biocerâmicos (Sealer Plus BC, Bio-C Sealer e TotalFill BC)

apresentam menor radiopacidade do que o cimento à base de resina AH Plus, apesar disso, os cimentos biocerâmicos atendem às normas. Ambos ainda afirmam que esse resultado se dá devido aos radiopacificadores presentes em cada cimento, que é apenas óxido de zircônio nos cimentos biocerâmicos, enquanto os cimentos resinosos combinam óxido de zircônio e tungstato de cálcio.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos a partir desta revisão de literatura, pode-se concluir que os cimentos biocerâmicos apresentam uma maior atividade antimicrobiana, intimamente relacionado com seu maior valor de pH, adequado tempo de presa, radiopacidade e escoamento; e se mostraram muito mais bioativos. Sendo assim os cimentos biocerâmicos se mostram como uma boa alternativa para o tratamento de canais radiculares. Porém, mais pesquisas são necessárias, *in vivo*, explorando as propriedades destes materiais a longo prazo, visando melhorias nas suas composições fundamentando no uso seguro desses materiais.

REFERÊNCIAS

- American National Standards / American Dental Association. Especificação no. 57 para materiais de vedação endodôntica. Chicago, IL: American National Standards / American Dental Association; 2000.
- BARROS, J.; SILVA, M. G.; RÔÇAS, I. N.; GONÇALVES, L. S.; ALVES, F. F.; LOPES, M. A.; PINA-VAZ, I.; SIQUEIRA JUNIOR, J. F. Antibiofilm effects of endodontic sealers containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles. **Journal of endodontics**, v. 40, n. 8, p. 1167-1171, 2014.
- BENETTI, F.; DE AZEVEDO QUEIROZ, I. O.; OLIVEIRA, P. H. C.; CONTI, L. C.; AZUMA, M. M.; OLIVEIRA, S. H. P.; CINTRA, L.T. A. Cytotoxicity and biocompatibility of a new bioceramic endodontic sealer containing calcium hydroxide. **Brazilian oral research**, v. 33, 2019.
- BERNATH, M.; SZABO, J. Tissue reaction initiated by different sealers. **International Endodontic Journal**, v. 36, n. 4, p. 256-261, 2003.
- BRANDÃO, M. W. **Cimentos Biocerâmicos na Endodontia**. 2017. 38f. Relatório de Estágio (Mestrado Integrado em Medicina Dentária) – Instituto Universitário de Ciências da Saúde, Gandra, Portugal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.cespu.pt/handle/20.500.11816/2871>. Acesso em: 10 fev. 2022
- BUKHARI, S.; KARABUCAK, B. The antimicrobial effect of bioceramic sealer on an 8-week matured *Enterococcus faecalis* biofilm attached to root canal dentinal surface. **Journal of endodontics**, v. 45, n. 8, p. 1047-1052, 2019.
- CABIRTA, M. L.; SIERRA, L. G.; MIGUELES, A. M.; D'ELIA, N. S.; RAFFAELI, C.; RODRIGUEZ, P. A. Estudio con Microtomografía de Conductos Tratados con Sistemas Reciprocantes y Obturados con Cementos Biocerâmicos. **Rev. Fac. Odontol. (B. Aires)**, p. 25-32, 2020.
- CAMPS, J.; JEANNEAU, C.; EL AVACHI, I.; LAURENT, P.; ABOUT, I. Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (BioRoot RCS): interactions with human periodontal ligament cells in vitro. **Journal of endodontics**, v. 41, n. 9, p. 1469-1473, 2015.
- CANDEIRO, G. T. M.; MOURA-NETTO, C.; D'ALMEIDA-COUTO, R. S.; AZAMBUJA-JÚNIOR, N.; MARQUES, M. M.; CAI, S.; GAVINI, G. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 9, p. 858-864, 2015.
- CERQUEIRA, L. G.; GOMES, C. C.; PENINA, P.; PRADO, M. A.; FREITAS, L. F.; CAMÕES, I. C. G.; FIDEL, R. Técnicas de instrumentação manual e rotatória: comparação da modelagem dos canais radiculares. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde/Brazilian Journal of Health Research**, v. 9, n. 1, p.13-19, 2007.
- DA SILVA, D. F.; DA SILVA, L. L. C.; WANDERLEY, C. T. B.; DE VASCONCELOS,

R. A. Cimentos biocerâmicos em endodontia: revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e882986439-e882986439, 2020.

DA SILVA, E. J. N. L.; ZAIA, A. A.; PETERS, O. A. Cytocompatibility of calcium silicate-based sealers in a three-dimensional cell culture model. **Clinical oral investigations**, v. 21, n. 5, p. 1531-1536, 2017.

DIAS, R. S. **Análise do selamento apical dos cimentos biocerâmicos MTA Fillapex, Bio-C Sealer e BioRoot RCS através de tomografia de coerência óptica**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2012. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/41032/1/DSSERTA%c3%87%c3%83O%20Ricardo%20da%20Silva%20Dias.pdf>. Acesso em 09 abr. 2022

DUARTE, M. A. H.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; BERNARDES, R. A.; BRAMANTE, C. M.; BERNARDINELI, N.; GARGIA, R. B.; DE MORAES, I. G. Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH Plus. **Journal of endodontics**, v. 36, n. 6, p. 1048-1051, 2010.

GANDOLFI, M. G.; TADDEI, P.; TINTI, A.; PRATI, C. Apatite-forming ability (bioactivity) of ProRoot MTA. **International endodontic journal**, v. 43, n. 10, p. 917-929, 2010.

GRITTI, G. C.; CAVALCANTE, S. I. A.; MAIA-FILHO, E. M.; BAUER, J.; BANDECA, M. C.; GAVINI, G.; CARVALHO, C. N. Effect of rewetting solutions on micropush-out dentin bond strength of new bioceramic endodontic material. **Brazilian Oral Research**, v. 31, 2017.

GROSSMAN, L. I. An improved root canal cement. **The journal of the american dental association**, v. 56, n. 3, p. 381-385, 1958.

HUANG, Y.; ORHAN, K.; CELIKTEN, B.; ORHAN, A. I.; TUFENKCI, P.; SEVIMAY, S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. **Journal of Applied Oral Science**, v. 26, 2018.

International Organization for Standardization. International Standard **ISO 6876:2012**: Dental root canal sealing materials. Geneva: International Organization for Standardization; 2012.

JANG, J.; LEE, C.; KIM, H.; KIM, S. G.; LEE, S.; KIM, S. Enhancing effect of elastinlike polypeptide-based matrix on the physical properties of mineral trioxide aggregate. **Journal of endodontics**, v. 44, n. 11, p. 1702-1708, 2018.

JUNG, S.; SIELKER, S.; HANISCH, M. R.; LIBRICH, V.; SCHAEFERS, E.; DAMMASCHKE, T. Cytotoxic effects of four different root canal sealers on human osteoblasts. **PLoS One**, v. 13, n. 3, p. e0194467, 2018.

LEE, B.; HONG, J.; KIM, S.; JANG, J.; CHANG, H.; HWANG, Y.; HWANG, I.; OH, W. *et al.* Anti-inflammatory and Osteogenic Effects of Calcium Silicate-based Root Canal Sealers. **Journal of endodontics**, v. 45, n. 1, p. 73-78, 2019.

LOUSHINE, B. A.; BRYAN, T. E.; LOONEY, S. W.; GILLEN, B. M.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. **Journal of endodontics**, v. 37, n. 5, p. 673-677, 2011.

MALHOTRA, S.; HEGDE, M. N.; SHETTY, C. Bioceramic technology in endodontics. **British Journal of Medicine and Medical Research**, v. 4, n. 12, p. 2446, 2014.

MENDES, A. T. **Propriedades físico-químicas de uma nova formulação de cimento biocerâmico**. 2017. 72f. Dissertação pós-graduação (Mestrado em Clínica Odontológica - Endodontia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/179694>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MENDES, A. T.; DA SILVA, P. B.; SÓ, B. B.; HASHIZUME, L. N.; VIVAN, R. R.; DA ROSA, R. A.; DUARTE, M. A. H.; SÓ, M. V. R. Evaluation of physicochemical properties of new calcium silicate-based sealer. **Brazilian dental journal**, v. 29, n. 6, p. 536-540, 2018.

MILANOVIC, I.; MILANOVIC, P.; ANTONIJEVIC, D.; DZELETOVIC, B.; DJURIC, M.; MILETIC, V. Immediate and long-term porosity of calcium silicate-based sealers. **Journal of endodontics**, v. 46, n. 4, p. 515-523, 2020.

NAVARRO, L. G. **Avaliação das propriedades físico-químicas, citotoxicidade, bioatividade e atividade antimicrobiana de novos cimentos obturadores**. Araraquara: Atlas 2018.

OKABE, T.; SAKAMOTO, M.; TAKEUCHI, H.; MATSUSHIMA, K. Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. **Journal of endodontics**, v. 32, n. 3, p. 198-201, 2006.

OLIVEIRA, A. C. M.; TANOMARU, J. M. G.; FARIA-JUNIOR, N.; TANOMARU-FILHO, M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. **International endodontic journal**, v. 44, n. 4, p. 370-375, 2011.

PARIROKH, M.; TORABINEJAD, M. Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 3, p. 400-413, 2010.

POGGIO, C.; DAGNA, A.; CECI, M.; MERAVINI, M. V.; COLOMBO, M.; PIETROCOLA, G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: a comparative study. **Journal of clinical and experimental dentistry**, v. 9, n. 10, p. e1189, 2017.

RÔÇAS, I. N.; SIQUEIRA JUNIOR, J. F.; SANTOS, K. R. N. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. **Journal of endodontics**, v. 30, n. 5, p. 315-320, 2004.

SHEMESH, H.; VAN DEN BOS, M.; WU, M. -K.; WESSELINK, P. R. Glucose

penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. **International endodontic journal**, v. 40, n. 11, p. 866-872, 2007.

SILVA, E. C. A.; TANOMARU-FILHO, M.; DA SILVA, G. F.; DELFINO, M. M.; CERRI, P. S.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate-based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 10, p. 1470-1477, 2020.

SILVA, E. J.; PEREZ, R.; VALENTIM, R. M.; BELLADONNA, F. G.; DE-DEUS, G. A.; LIMA, I. C.; NEVES, A. A. Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. **International endodontic journal**, v. 50, n. 4, p. 407-414, 2017.

SILVA, E. J. N. L.; ROSA, T. P.; HERRERA, D. R.; JACINTO, R. C.; GOMES, B. P. F. A., ZAIA, A. A. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. **Journal of endodontics**, v. 39, n. 2, p. 274-277, 2013.

SILVA, T. A. **Cimentos biocerâmicos**. Santo André: Atlas 2018.

SIQUEIRA JUNIOR, J. F.; FRAGA, R. C.; GARCIA, P. F. Evaluation of sealing ability, pH and flow rate of three calcium hydroxide-based sealers. **Dental Traumatology**, v. 11, n. 5, p. 225-228, 1995.

SIQUEIRA JUNIOR, J. F.; RÔÇAS, I. N. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 97, n. 1, p. 85-94, 2004.

TAY, F. R.; PASHLEY, D. H. Guided tissue remineralisation of partially demineralised human dentine. **Biomaterials**, v. 29, n. 8, p. 1127-1137, 2008.

TROIANO, G.; PERRONE, D.; DIOGUARDI, M.; BUONAVOGLIA, A.; ARDITO, F.; MUZIO, L. L. In vitro evaluation of the cytotoxic activity of three epoxy resin-based endodontic sealers. **Dental materials journal**, v. 37, n. 3, p. 374-378, 2018.

URBAN, Kent; NEUHAUS, J.; DONNERMEYER, D.; SCHÉAFER, E.; DAMMASCHKE, T. Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation. **Journal of endodontics**, v. 44, n. 11, p. 1736-1740, 2018.

VEIGA, W. K. A. A.; BRUNO, K. F.; PEREIRA, A. L.; REGE, I. C. C.; CASTRO, F. L. A. Comparative analysis of radiopacity among three endodontic sealers by digital radiography. **Rev Odontol Bras Central**, v. 26, n. 79, p. 37-41, 2017.

VERSIANI, M. A.; RACHED-JUNIOR, F. J. A.; KISHEN, A.; PÉCORÁ, J. D., SILVA-SOUSA, Y. T.; DE SOUZA-NETO, M. D. Zinc oxide nanoparticles enhance physicochemical characteristics of Grossman sealer. **Journal of endodontics**, v. 42, n. 12, p. 1804-1810, 2016.

VIANA, F. L. P.; VIVAN, R. R.; PINHEIRO, E. T.; DUARTE, M. A. H.; ZANIN, I. C. J.; VASCONCELOS, B. C. Atividade antimicrobiana de novos cimentos endodônticos biocerâmicos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e52910817593-e52910817593, 2021.

VITTI, R. P.; Prati, C.; SILVA, E. J. N. L.; SINHORETI, M. A. C.; ZANCHI, C. H.; DE SOUZA E SILVA, M. G.; OGLIARI, F. A.; PIVA, E.; GANDOLFI, M. G. Physical properties of MTA Fillapex sealer. **Journal of endodontics**, v. 39, n. 7, p. 915-918, 2013.

WALTIMO, T.; TROPE, M.; HAAPASALO, M.; ØRSTAVIK, D. Clinical Efficacy of Treatment Procedures in Endodontic Infection Control and One Year Follow-up of Periapical Healing. **Journal of Endodontics**, v. 31, n. 12, p. 863-866, 2005.

WANG, Y.; LIU, S.; DONG, Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. **PLoS One**, v. 13, n. 2, p. e0192248, 2018.

WANG, Z.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. **Journal of endodontics**, v. 40, n. 4, p. 505-508, 2014.

ZHANG, H.; SHEN, Y.; RUSE, N. D.; HAAPASALO, M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. **Journal of endodontics**, v. 35, n. 7, p. 1051-1055, 2009.

ZMENER, O.; PAMEIJER, C. H.; DELLA PORTA, R. Comportamiento biológico de dos selladores endodónticos biocerámicos en el tejido óseo de la rata. Un ensayo in vivo. **Revista de la Asociación Odontológica Argentina**, v. 108, n. 3, p. 113-118, 2020.

ZORDAN-BRONZEL, C. L.; TORES, F. F. E.; TANOMARU-FILHO, M.; CHAVEZ-ANDRADE, G. M.; BOSSO-MARTELO, R.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, Bio-C Sealer. **Journal of endodontics**, v. 45, n. 10, p. 1248-1252, 2019a.

ZORDAN-BRONZEL, C. L.; TANOMARU-FILHO, M.; RODRIGUES, E. M.; CHAVEZ-ANDRADE, G. M.; FARIA, G.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. Cytocompatibility, bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. **International endodontic journal**, v. 52, n. 7, p. 979-986, 2019b.