

CIMENTOS BIO CERÂMICOS DE TERCEIRA GERAÇÃO

Third generation bioceramics cements

Mauricio Erland Noriega Monje¹
Maria Cristina Tavares de Medeiros Honorato²

¹Graduação em Odontologia pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ, João Pessoa - PB, Brasil.

²Doutorado em Estomatologia - UFPB/UFBA, Especialização em Endodontia - UFPB. Hospital Universitário Lauro Wanderley / UFPB, João Pessoa - PB, Brasil.

Autor correspondente:
Mauricio Erland Noriega Monje
mauricionoriega1212@gmail.com

Recebido em: 08/10/2020

Aceito em: 16/10/2020

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

RESUMO

A busca por um cimento obturador de alta performance tem incentivado diversas pesquisas com a utilização de diferentes materiais à base de hidróxido de cálcio, resina epóxi e, mais recentemente, com MTA (Agregado de Trióxido Mineral). Os cimentos biocerâmicos à base de silicato de cálcio advêm de um processo de refinamento e de melhora nas qualidades físico-químicas do MTA, considerados como cimentos inteligentes de terceira geração, de propriedade bioativas, promissores na endodontia. O objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão literária sobre as propriedades e características físico-químicas de dois cimentos biocerâmicos de terceira geração, logo comparados, como referência, a um cimento à base de resina

epóxi considerado padrão-ouro na obturação de canais radiculares (AH Plus). Para isso, foram selecionados 78 estudos publicados em diferentes periódicos científicos, a partir do ano 2000. Após a análise dos artigos, foi verificado que os cimentos biocerâmicos mostraram superioridade em estabilidade mecânica e resistência mecânica, baseados na normativa ISO, em diferentes etapas, quando comparados ao cimento AH Plus. Conclui-se que os cimentos biocerâmicos demonstraram ser promissores, uma vez que suas propriedades físico-químicas não somente respondem aos padrões das normas ISO, mas também superam em alguns aspectos o cimento AH Plus, justificando sua aplicação clínica.

Palavras-chaves: Cimentos dentários; Endodontia; Obturação do canal radicular.

ABSTRACT

The search for a high-performance filling cement has encouraged several kinds of research with different materials of calcium hydroxide, epoxy resin, and, more recently, MTA (Mineral Trioxide Aggregate). Calcium silicate bioceramic cement is the final product of physical improvement and chemical qualities of MTA, considered as a third-generation smart paste, with bioactive properties promisors in endodontics. The objective of this paper was to review the properties and the physical-chemical characteristics of two third-generation bioceramic cement and compared they with an epoxy resin-based cement considered the gold standard in root canal filling (AH Plus). Thus, we conduct a review with 78 studies, published in different scientific journals, in the last 20 years. After analyzing the articles, we found that bioceramic cements showed superior mechanical stability and mechanical resistance based on ISO standards, in different stages, when compared with other materials. So, this study showed that bioceramic cements have been considered promissory due to their physical-chemical properties approach ISO standards and surpass AH Plus cement in some aspects that justify their application in Dentistry Clinical.

Keywords: *Dental types of cement; Endodontics; Root canal filling*

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo a ciência e a tecnologia dedicaram seus esforços na fabricação de materiais para obturação de canais radiculares. Nesse percurso, se fez necessário o desenvolvimento de cimentos com qualidades físico-químicas que pudessem responder às exigências de um bom vedamento apical, além da necessidade de serem associados à guta-percha. Nesse contexto, explana-se que as características dos materiais são essenciais para o impedimento do extravasamento microbacteriano, bem como de uma possível recontaminação do sistema de canais e estruturas periodontais (SAEEDH *et al.*, 2015; SIQUEIRA *et al.*, 2015).

Considerando a necessidade de um material de excelência, diferentes pesquisas têm sido realizadas com materiais à base de silicato de cálcio. Esses materiais foram desenvolvidos inicialmente para o âmbito odontológico com finalidades reparadora e cirúrgica, devido as suas características de biocompatibilidade e sua bioatividade na indução de tecido mineralizado. Desse modo, diferentes estudos vêm indicando que a liberação de íons de cálcio e de hidroxila durante o tempo de presa elevam o seu pH, iniciando, de forma conjunta, sua ação antibacteriana (TAWIL *et al.*, 2015).

Acerca dos biocerâmicos, a literatura apresenta o agregado de trióxido mineral (MTA) como precursor desse cimento, o qual, depois de ser empregado clinicamente como reparador, foi modificado para obter as melhores características físico-químicas que um material obturador de canal radicular deve ter. São exemplos das modificações realizadas: a melhor radiopacidade, o escoamento, o tempo de presa, a citotoxicidade, o vedamento, a aderência, a biocompatibilidade e a capacidade antimicrobiana (BAGATOLI, 2018; MARCIANO; DUARTE; CAMILLERI, 2015; FENGYUAN *et al.*, 2016).

Com o desenvolvimento tecnológico, os cimentos biocerâmicos logo foram classificados, comparados e testados em relação a seus antecessores. Levando em consideração sua aplicabilidade clínica e facilidade de manipulação, o uso desse material foi se tornando de bom grado, paulatinamente, pela comunidade científica. Assim, a nova geração do material, denominada de cimentos “biocerâmicos de terceira geração”, vem chamando à atenção de profissionais da Odontologia por sua praticidade, além de sua capacidade de favorecer a diminuição do tempo clínico, tendo em vista que trata-se de um cimento pré-misturado e pronto para uso no interior dos canais radiculares.

Entretanto, embora alguns cimentos biocerâmicos tenham mostrado melhores propriedades comparativas com seus precursores,

o número de pesquisas e ensaios clínicos randomizados encontrados na literatura são escassos, não podendo ser avaliados, ainda, a longo prazo. Diante dessa lacuna teórica é que o presente estudo se justifica.

Tendo em vista a relevância da temática, o objetivo deste trabalho foi avaliar a efetividade dos cimentos biocerâmicos de terceira geração, o EndoSequence BC Sealer e o Bio-C Sealer, através de suas propriedades físico-químicas, tendo como referência um cimento à base de resina epóxi considerado padrão-ouro na obturação de canais radiculares, o AH Plus.

REVISÃO DE LITERATURA

Propriedades desejáveis de um cimento obturador

Evitar a microinfiltração de bactérias para o periápice, após um adequado e eficiente tratamento endodôntico é tarefa da habilidade do profissional de Odontologia. Para isso, se faz necessário o uso de um material obturador de qualidade. Por este motivo, durante muitos anos a obturação do canal radicular foi considerada como etapa final, estabelecida pela diferença entre o sucesso e o fracasso da terapia endodôntica (VALENTIM *et al.*, 2016).

Os materiais endodônticos utilizados até a atualidade associam a guta-percha, como material de preenchimento, a um cimento endodôntico, que se encarrega de completar aqueles espaços não atingidos pelo primeiro, gerando assim uma obturação tridimensional homogênea. As especificidades de um cimento endodôntico levam, na maioria das vezes, a um bom vedamento, alcançando canais secundários e regiões de istmos em todo o trajeto do canal radicular (VALENTIM *et al.*, 2016). A literatura aponta que o material obturador em forma de massa deve ter uma adesão forte o suficiente em dentina, como nos cones de guta-percha, podendo ser assim considerado um adequado selamento do canal, antes preenchido pela polpa radicular (SIQUEIRA *et al.*, 2015).

Contudo, a guta-percha apresenta a desvantagem da falta de adesividade a outros materiais utilizados na obturação radicular. Esse fato fez com que os fabricantes aprimorassem o seu processo de fabricação, visando criar uma superfície melhorada pela adição de revestimentos com resina, revestimento com ionômero de vidro, revestimentos com biocerâmicos nanoparticulados de silicato de fosfato de cálcio, buscando uma maior aderência deste material ao cimento

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

endodôntico, visando, assim, a obturação final (VISHWANATH; RAO, 2019).

Grossman (1958) se referiu claramente às propriedades físico-químicas que um cimento obturador deve possuir. Na visão do autor, para que um cimento seja considerado como de qualidade precisa ser homogêneo e com boa adesividade; promover um selamento hermético; ter radiopacidade; as partículas do pó devem ser finas para se misturarem bem com o líquido; não deve sofrer contração após endurecimento; não deve manchar a superfície dentária; deve possuir atividade antimicrobiana; ter um tempo de presa e trabalho adequados; ser insolúvel nos tecidos periapicais; ser biocompatível; de fácil remoção; não ser mutagênico nem citotóxico; e, finalmente, ter um bom escoamento.

Diferentes pesquisas científicas têm demonstrado que as melhores propriedades dos materiais obturadores são determinadas pelos princípios de biocompatibilidade, físicos e químicos, assim como propriedades antimicrobianas em seus componentes e na sua capacidade de selamento e estabilidade dimensional, mantendo-se insolúveis em meio aquoso. Ainda, o material deve ser radiopaco, fácil de manipular e remover, quando necessário, assim como não interferir na coloração da coroa dentária (GROSSMAN, 1958; SIQUEIRA *et al.*, 2015).

O escoamento e a baixa viscosidade são atributos necessários para alcançar aqueles canais que não foram descontaminados na instrumentação e, quando extravasados ao periápice, possam ser facilmente reabsorvidos. Mesmo diante de questões tão importantes, até hoje, nenhum material obturador reúne todas as capacidades físico-químicas desejáveis (VALENTIM *et al.*, 2016).

Um fator que influencia no processo de escoamento é o tamanho das partículas do cimento. Discute-se que, quanto menores as partículas, maior é a capacidade de escoar por todos os condutos radiculares. Todavia, uma fluidez excessiva pode provocar um extravasamento do material para os tecidos periapicais, lesionando o periodonto. Para evitar esse problema prioriza-se, nesses casos, o uso de partículas maiores, as quais possuem a capacidade de reduzir este princípio, não sendo efetivo no selamento apical (SENA, 2018).

Assim, quanto maior o escoamento, maior será sua capacidade de preenchimento e obturação dos túbulos dentinários. Diante disso, os esforços atuais dos pesquisadores se voltam para os cimentos agregados de trióxido à base de silicato de cálcio e os cimentos biocerâmicos, cujas propriedades foram estudadas com base neste quesito, demonstrando ótimos resultados na prática clínica (LIMA; PEDROSA; DELBONI, 2016).

Cimento obturador à base de resina epóxi AH Plus

Os cimentos à base de resina foram introduzidos por Schroeder, em 1981 e, devido a sua grande capacidade de selamento apical, solubilidade e resistência à fratura, foram bastante empregados na endodontia, substituindo o óxido de zinco e eugenol, até então utilizados (TEIXEIRA, 2014).

O AH Plus foi lançado ao mercado nacional pela Dentsply – USA, com essa mesma denominação, sendo comercializado nos Estados Unidos como Topseal. Este cimento resinoso foi desenvolvido a partir do cimento AH 26, apresentando melhoras quanto a sua estabilidade dimensional, radiopacidade, resistência, adesividade, escoamento, solubilidade e propriedades antimicrobianas (DIAS, 2015).

Segundo Kuga *et al.* (2014), o AH Plus é um cimento obturador à base de resina epóxi-amina bisphenol-A e bisphenol-F, que utiliza o tungstato de cálcio como opacificador e agente liberador de cálcio, óxido de zircônio, sílica e pigmentos de óxido de ferro, os quais contribuem para sua radiopacidade. É um material disponível em bisnagas de mistura pré-pronta para o uso dentro do canal radicular em dentes permanentes (DIAS, 2015; GORDUYSUS; AVCU, 2009).

Sua formulação apresenta uma forma prática de uso, por não precisar de manipulação prévia, dado que esta mistura já acontece automaticamente dentro da seringa. Sendo assim, pode ser inserida diretamente em forma de pasta dentro do canal radicular através de uma ponteira (TOPÇUOGLU *et al.*, 2013).

É na sua mistura que se concentra sua maior propriedade antibacteriana. Nesse processo ocorre a liberação de monômeros e, em muitos casos, formaldeído durante a reação de presa. Mesmo assim, outorga propriedades antimicrobianas pouco efetivas (GJORGIEVSKA *et al.*, 2013).

A microinfiltração bacteriana é um desafio clínico. Uma obturação, mesmo que considerada clínica e radiograficamente de qualidade não é suficiente para conter a invasão dos tecidos periapicais. Entretanto, inúmeros testes de microinfiltração bacteriana foram realizados com o cimento AH Plus, assim como com outros cimentos à base de resina epóxi. Na maioria dos testes, o índice de sucesso foi satisfatório, porém, era esperada menor viabilidade bacteriana, sobretudo quando submetidos a bactérias do tipo *Enterococcus faecalis* (REYHANE *et al.*, 2015).

Um conceito que auxilia a compreensão de microgaps é a dificuldade de obter um vedamento entre as interfaces criadas entre o material obturador e as paredes dentinárias do canal radicular. A capacidade de vedamento e diminuição desses microgaps depende

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

de quanto o material consegue se aderir às paredes e o quanto pode evitar infiltração de bactérias no periápice. O AH Plus tem como limitação a falta de ligação à guta percha, além de ser hidrofóbico, o que permite que as interfaces entre eles criem uma microfenda favorecendo, assim, infiltração bacteriana, mesmo apresentando características de expansividade (HEGDE; MURKEY, 2017).

Pesquisadores apontam que este fato também seja atribuído à baixa solubilidade e à neutralidade do pH desse material, tendo em vista que o AH Plus possui baixa capacidade de reduzir o número de bactérias em períodos determinados (MINOTTI, 2015).

Estudos que mensuram o crescimento cinemático bacteriano pelo contato direto com o material obturador, denominado Teste de Difusão bacteriana por contato direto ou TCD, adaptado por Weiss et al. (1996 *apud* MAZUREK *et al.*, 2012), demonstraram que, de todas as placas de cultura empregadas no teste, o cimento AH Plus apresentou baixa resistência à difusão contra o biofilme bacteriano, independentemente da sua solubilidade (VIANA, 2019).

Em análises referentes ao escoamento desse material, em comparação com outros vários cimentos endodônticos, foram observados que o AH Plus mostrou um valor maior de escoamento que os demais cimentos à base de cimento de Portland, além de maior estabilidade. Essa análise tomou como referência as recomendações ISO 6876/2012, que especifica os requisitos e métodos de teste para os materiais de selamento de canal radicular, determinando como mínimo o valor de 20 mm (VIAPIANA *et al.*, 2014).

Nessa direção, Sena (2018) reportou que a composição química do AH Plus, a resina epóxi, é a que apresenta maior taxa de escoamento. Por esse fator, esse tipo de cimento pode ser considerado como um material ideal para penetrar facilmente nos túbulos dentinários (DE DEUS *et al.*, 2002).

Em outro estudo, Bernardes *et al.* (2010) afirmaram que a penetração do material endodôntico para dentro dos túbulos dentinários ocorre devido a sua fluidez. Os autores testaram três tipos de cimentos, sendo um à base de hidróxido de cálcio, Sealer 26, um à base de resina epóxi, AH Plus, e um à base de silicato tricálcico, o MTA. Os resultados demonstraram que o AH Plus apresentou maior fluidez que os demais cimentos. Além disso, foi verificada, em outro estudo (AMIN *et al.*, 2012), a boa união do cimento AH Plus à dentina e à guta percha com outros cimentos à base de resina, à base de hidróxido de cálcio e do MTA Fillapex. No estudo, foram realizados testes de push-out, que consistem em aplicar uma força de carga monitorada por computador e mensurada a força necessária requerida para romper a adesão de duas superfícies.

É importante mencionar também que as altas temperaturas as quais os cimentos obturadores são submetidos durante a compactação vertical da guta percha modificaram o tempo de início de presa, fluidez e espessura do cimento, como verificado no estudo de Camilleri (2015), onde o cimento AH Plus foi afetado durante a termoplasticização da guta percha. Nesse mesmo estudo foram testados cimentos biocerâmicos expostos de igual maneira a temperaturas entre 37 a 100 °C, os quais não modificaram a sua estrutura e nem composição química, podendo ser utilizados de forma segura em técnicas de compactação vertical.

Alinhados a esses resultados, Nagas *et al.* (2012) reportaram o potencial de união à dentina do AH Plus, sendo considerado satisfatório, mesmo em condições de umidade intracanal. A adição de uma porcentagem de MTA ao cimento AH Plus, com finalidade de melhorar sua adesividade, foi descrita em estudo por Falcão *et al.* (2018). No artigo, os autores adicionaram 10% e 20% de MTA no composto atual do cimento resinoso, preenchendo os canais radiculares de 50 dentes como material obturador. Esses foram seccionados e submetidos ao teste de push-out em uma máquina de teste universal. A partir desses procedimentos concluiu-se que não houve uma diferença significativa nas propriedades adesivas atuais do AH Plus.

Apesar de apresentar evidências citotóxicas e neurotóxicas após o extravasamento apical (GONZALEZ *et al.*, 2010), o cimento AH Plus é ainda considerado um cimento obturador “padrão-ouro” em comparação a outros cimentos, seja pelas suas características físico-químicas adequadas ou porque oferece um selamento de longa duração com boa estabilidade dimensional, radiopacidade e autoadesividade. (VIANA, 2019).

Entretanto, dada a lacuna de literatura sobre o tema, se faz necessário comparar este cimento com os outros cimentos obturadores disponíveis no mercado, para efeitos de pesquisa e desenvolvimento, assim como buscar um aprimoramento do novo cimento obturador na endodontia.

Evolução dos cimentos biocerâmicos

Com o advento da tecnologia de nanopartículas e a luta por cimentos obturadores que não provoquem efeitos adversos como injúrias ou alterações teciduais prejudiciais para o organismo, quando em contato direto com tecidos periodontais, os materiais biocerâmicos entram no mercado enquanto materiais com características de biocompatibilidade e hidrofobicidade, para o uso biomédico e odontológico.

Um dos precursores dos biocerâmicos foi o MTA, indicado inicialmente para o tratamento endodôntico retrógrado nos anos 90.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

Uma de suas características principais é ser um bom retrobturador com capacidade bioativa, propiciando uma regeneração óssea, além de impedir a infiltração de microrganismos através do ápice radicular. A partir de suas características, esse material foi pensado para a realização de outros procedimentos, como recobrimento pulpar, pulpotomia, reparação de perfuração radicular, obturador apical em dentes com rizogênese incompleta, sendo considerado desde então um material de reparação.

Esse bioagregado, como é chamado o MTA, é um pó refinado, derivado do cimento Portland, que é misturado com óxido de bismuto, silicato dicálcico, silicato tricálcico, alumínio tricálcico, gesso, aluminato tetracálcico (TABELA 1). Trata-se de um material desenvolvido na Universidade de Loma Linda na Califórnia, Estados Unidos, aprovado pela FDA (Food and Drugs Administration) em 1998. Inicialmente, o MTA foi comercializado na cor cinza, dada a presença de ferro (Fe_2O_3), alumínio e magnésio na sua composição. Com a diminuição deste componente, sem afetar suas propriedades antes mencionadas, logo surgiu na cor branca. Além disso, apresenta biocompatibilidade, hidroflicidade, radiopacidade, solubilidade e potencial de expansividade como um coadjuvante de vedamento após sua solidificação.

Tabela 1 - Composição química do MTA Branco e MTA cinza em porcentagem (%).

Químicos	WMTA	GMTA
CaO	44,23	40,45
SiO ₂	21,20	17,00
Bi ₂ O ₃	16,13	15,90
Al ₂ O ₃	1,95	4,26
MgO	1,35	3,10
SO ₃	0,53	0,51
Cl	0,43	0,43
FeO	0,40	4,39
P ₂ O ₅	0,21	0,18
TiO ₂	0,11	0,06
H ₂ O + CO ₂	14,49	13,72

Fonte - Adaptado de Asgary *et al.* (2005). WMTA=MTA branco; GMTA=MTA cinza.

Uma excelente vantagem do MTA é o fato de precisar de um ambiente úmido para sua solidificação, ocorrida entre três a quatro horas. Assim, quando o pó do MTA entra em contato com a água e a

umidade da dentina, forma o óxido de cálcio e o fosfato de cálcio. O óxido de cálcio, com a umidade do substrato, se transforma em hidróxido de cálcio que, logo após, irá se dissociar em íons de cálcio e íons de hidroxila, responsáveis pela elevação do pH do meio, que fica em torno de 10 a 12, tendo assim presente sua propriedade antibacteriana. Já os íons de cálcio reagem com o dióxido de carbono da corrente sanguínea, formando carbonato de cálcio ou calcita, estimulando a formação de tecido reacional e deposição de fibronectina, promovendo, de tal maneira, a diferenciação celular em fibroblastos, odontoblastos, cementoblastos, este último confere sua bioatividade (BAGATOLI, 2018).

A capacidade de um cimento de formar hidroxiapatita e permitir a ligação do material tanto com dentina quanto a neoformação celular é considerado como bioatividade, sendo uma das principais características dos cimentos biocerâmicos, como o MTA (ZHANG *et al.*, 2009; LOUSHINE *et al.*, 2011).

Um fator que tornou desfavorável o uso do MTA foi a pigmentação dentária inicialmente atrelada a cor do pó cinza, vista em casos relatados com a utilização do MTA Angelus cinza. Todavia, estudos demonstraram que a cor do pó cinza não era o responsável pela coloração escura e sim a presença do óxido de bismuto como opacificador que, em contato com a dentina na interface “cimento restaurador-dentina”, sobretudo em dentes irrigados previamente com hipoclorito de sódio, resultava em um precipitado dos íons sódio e cloro do cimento para dentro da dentina, assim como do bismuto, provocando uma coloração negra. Isso fez com que as empresas produzissem novos cimentos à base de silicato de cálcio MTA retirando o óxido de bismuto e colocando como radiopacificador o tungstato de cálcio ou óxido de zircônia (MARCIANO; DUARTE; CAMILLERI, 2015).

Além deste problema, como citado por Parirokh e Torabinejad (2010), outras deficiências envolvem agentes tóxicos dentro da composição do MTA, como o alto tempo necessário para sua solidificação e a dificuldade de sua manipulação e aplicabilidade clínica. Os autores também se referem à dificuldade de retratamento com esse material e seu alto custo no mercado.

Em decorrência a todas essas desvantagens, novos materiais à base de MTA foram surgindo no mercado, tendo como principal proposta a diminuição dos riscos de insucesso no tratamento clínico. Nesse ínterim, os denominados cimentos biocerâmicos representaram um avanço das capacidades físico-químicas em relação ao MTA. Desse modo, os cimentos à base de silicato de cálcio foram divididos em três gerações, sendo que a partir da segunda, os biocerâmicos apresentaram melhor estabilidade, bem como resistência mecânica e

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

hidráulica, devido as suas nanopartículas. Diante disso, os esforços tecnológicos demandados para os biocerâmicos de terceira geração foram voltados para sua facilidade de manipulação, além da melhoria no seu tempo de endurecimento (FENGYUAN *et al.*, 2016).

Embora alguns cimentos biocerâmicos tenham demonstrado melhores propriedades comparativas com seus antecessores, o número de pesquisas e ensaios clínicos randomizados são escassos, não podendo ser avaliados ainda a longo prazo (BRANDÃO, 2017).

Cimento Biocerâmico à base de silicato de cálcio - EndoSequence - ESBC (EUA/Canadá)

Conhecido também como ESBC Sealer (Brasseler, Savannah, nos EUA), iRoot SP (Innovative Bioceramic, Vancouver, no Canadá) e Total Fill BC Sealer (na Europa e Austrália), o cimento biocerâmico ESBC é um material à base de silicato de cálcio, óxido de zircônio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio. É apresentado comercialmente como um material pré-manipulado pela utilização de espessantes isentos de água, sendo, desse modo, hidrofílico, possuindo ótima atividade antimicrobiana (GERVINI, 2016).

Segundo o fabricante, o ESBC é insolúvel, radiopaco, sem presença de alumínio e não contrai após a presa, necessitando de umidade, como a que está presente nos túbulos dentinários, para seu endurecimento. O tempo de presa é de aproximadamente quatro horas em temperatura ambiente, porém em canais secos pode demorar até 10 horas (AL-HADDAD; AZIZ, 2016). Em comparação com o cimento endodôntico AH Plus, a presa do ESBC vem sendo demonstrada como menor (ZHOU *et al.*, 2013).

O ESBC é comercializado fora dos Estados Unidos da América com o rótulo de Total Fill BC Sealer pasta a pasta, pré misturado (Putty) ou consistência de massa de vidraceiro, este último com presa inicial de 20 minutos, segundo o fabricante. O ESBC apresenta uma melhor consistência e aplicabilidade num sistema de seringa, de fácil uso para obturação dos canais radiculares (TROPE *et al.*, 2015).

O ESBC é um cimento bioativo, osteogênico e osteocondutor, com capacidade de formar hidroxiapatita durante sua fase de presa. Por ser hidrofílico, o hidróxido de cálcio presente na sua composição reage com os íons de fosfato formando hidroxiapatita e água, que reage novamente com o silicato de cálcio, formando silicato de cálcio hidratado. Desse modo, a água presente em cada reação e nos túbulos dentinários favorece o processo de presa do material (KOCH *et al.*, 2009).

A biocompatibilidade dos cimentos biocerâmicos permite obter um alívio rápido pós-instrumentação cirúrgica dos canais radiculares frente à uma inflamação periapical aguda, mesmo frente a uma extrusão do cimento para os tecidos periodontais (KOSSEV *et al.*, 2009).

Além disso, os cimentos biocerâmicos, como iRoot BP Plus da EndoSequence, são biologicamente mais compatíveis nas aplicações em ambiente ácido, como encontrado no processo inflamatório, o que os transforma em um aliado importante em casos clínicos de reabsorção radicular e apicectomias (TIAN *et al.*, 2017).

Em um estudo *in vitro* realizado por Loushine *et al.* (2011) demonstrou-se que o ESBC é igualmente tóxico, quando comparado ao AH Plus, nas primeiras 24 horas de contato do cimento com amostras de enzimas desidrogenase. No período de seis semanas, o AH Plus, segundo este estudo, diminuiu sua citotoxicidade, enquanto que o ESBC manteve sua citotoxicidade, considerada grave.

O ESBC, em testes *in vivo*, mostrou-se com uma baixa citotoxicidade. O cimento ESBC apresentou maior radiopacidade, bom escoamento, de acordo a norma ISSO 6876/2001 e não diferente a do AH Plus, assim como sua estabilidade dimensional, a qual não deve exceder em 1% de contração e 0,1 % de expansão. Além disso, apresentou melhor atividade antimicrobiana, devido à liberação de íons cálcio e ao aumento do pH alcalino, conseguindo reduzir em dois minutos a maior quantidade das bactérias, inclusive *Enterococcus faecalis*, mantendo seu efeito por até sete dias. E por último, com referência a sua capacidade de adesividade às paredes dos canais, o ESBC apresentou maior capacidade de vedamento do que o AH Plus e maior capacidade de penetração nos túbulos dentinários (ÖZYUREK; USLU; YILMAZ, 2018; VALENTIM *et al.*, 2016).

Um outro estudo de Zhang *et al.* (2010) comparou a citotoxicidade do iRoot SP/EndoSequence, AH Plus e ProRoot MTA em fibroblastos de ratos, logo após a aplicação e 24h depois. Foi concluído que o ESBC revelou uma citotoxicidade parcial na fase após aplicação, sendo esse efeito não observado após 24h. O AH Plus, por sua vez, registrou índices de citotoxicidade moderada nas duas fases, e o Pro Root MTA não registrou citotoxicidade em nenhuma das fases testadas.

Koch *et al.* (2010) afirmaram também no seu estudo que o pH alcalino (12,8) do ESBC se mantém por um período menor, aproximadamente 24 horas. Porém, esse período é suficiente para obter uma elevada atividade antimicrobiana, além da difusão ativa de hidróxido de cálcio que, segundo o autor, reduz a quantidade de bactérias em um tempo aproximado de dois minutos.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

Em relação à força de ligação dos cimentos obturadores às paredes dentinárias, em detrimento das substâncias irrigadoras, o AH Plus apresentou melhor desempenho que o ESBC em dentes instrumentados e irrigados com hipoclorito de sódio, embora o resultado não tenha sido estatisticamente significativo. Foi observado que a remoção de detritos, após a instrumentação e com o uso do EDTA, afeta também o resultado da penetração do cimento obturador para dentro dos túbulos dentinários, mostrando-se mais eficiente, sobretudo em regiões de istmos (OZKOCAK, 2015).

Candeiro *et al.* (2016) argumentaram sobre a importância de vencer as barreiras físicas para que o material obturador possa penetrar no sistema de canais, tendo em vista que a cada milímetro apical estes canais diminuem seu diâmetro de luz. Neste estudo, foi verificado que o ESBC possuía uma capacidade de penetração tubular maior, mesmo em canais laterais com diâmetros de 0,10mm a 0,06mm, penetrando facilmente em canais de até 3,2mm. Isso ocorreu devido ao tamanho de suas partículas serem de aproximadamente 1mm, bem como em decorrência de sua fluidez. Porém, quando submetidos a um estudo de forças, sofreram um comportamento pseudoplástico, mudando sua viscosidade. Mesmo assim, o cimento ESBC se mostrou com o melhor potencial de penetração em relação ao AH Plus.

A capacidade de vedamento do ESBC foi estudada por meio de um microscópio e uma substância evidenciadora (azul de metileno) em 65 dentes humanos, levando-se em conta a união do cimento com a dentina e com o material de obturação, guta percha. O estudo concluiu que o AH Plus obteve uma boa adesão, porém não satisfatória quando comparada ao ESBC, devido à sua expansão após endurecimento e sua bioatividade na liberação de íons de cálcio depositados logo na dentina (PAWAR; PUJAR; MAKANDAR, 2014; XUEREB *et al.*, 2015; CAMILLERI, 2015).

Em contrapartida, em outro estudo, realizado por Carvalho *et al.* (2017), utilizando o teste de micro push-out, foram observados resultados menos satisfatórios do cimento ESBS quando comparado ao AH Plus, em detrimento de sua bioatividade.

Nesse sentido, se faz importante destacar que os métodos de obturação podem afetar de maneira significativa a resistência de união entre a guta percha e o cimento obturador. Em um estudo foi demonstrado como a técnica de termoplastificação e a técnica de compactação por cone único, com material de guta percha, pode alterar física, química e mecanicamente as propriedades adesivas do cimento obturador. Os testes de push-out, também realizados neste trabalho, aferiram a resistência desta união, sendo constatado que a técnica de cone único confere maior resistência entre vários tipos de cimentos

testados, entre eles o AH Plus e outros biocerâmicos como o ESBC. Os autores, porém, discutem sobre a necessidade de se realizar mais estudos randomizados (DELONG; HE; WOODMANSEY, 2015).

A obturação com cone único pode aumentar a resistência à fratura em dentes tratados endodonticamente, quando aplicada junto a cimentos biocerâmicos. Como demonstrado em um estudo realizado por Ghoneim *et al.* (2011), as características dos biocerâmicos como o ESBC permitem que se espalhem e se adaptem bem entre as paredes dos canais e a guta-percha, tornando-se um arcabouço por excelência. Esse processo favorece a formação de um núcleo de resistência a futuras fraturas. Entretanto, é importante considerar que alguns tipos de guta-percha, podem melhorar esta união, quando reforçadas por resina.

Com relação ao retratamento dos canais radiculares, três cimentos endodônticos foram removidos por instrumentação mecânica com o sistema ProTaper universal, sendo o ESBC o cimento obturador que deixou mais resíduo dentro do canal, em comparação com o AH Plus. No entanto, estudos revelam que, independentemente da técnica, muitos cimentos obturadores, sejam eles biocerâmicos ou não, deixam remanescentes (LIMA *et al.*, 2017).

Hursh *et al.* (2019) testaram o poder de cisalhamento de quatro cimentos biocerâmicos, entre eles o ESBC putty, com objetivo de avaliar a resistência de união entre o cimento biocerâmico e o material restaurador após o tratamento endodôntico, tendo em vista que esta interface poderia ser motivo de recontaminação por não ter uma boa união. Cada material foi manipulado segundo recomendações do fabricante e colocado sobre blocos de teflon. Após o endurecimento, foi aplicada a camada de primer autocondicionante e uma camada adesiva de Clearfil SE Bond, seguido de uma camada de resina de dupla cura com ótima profundidade de cura, como o Clearfil DC Core Plus. O biocerâmico EndoSequence obteve o menor dos resultados de força de união em comparação com os outros biocerâmicos testados, como o Neo MTA, White ProRoot MTA e Biodentine.

Cimentos Biocerâmicos Bio C Sealer (Angelus – Brasil)

Bio C Sealer é um cimento composto de silicato tricálcico e silicato dicálcico, que promovem resistência ao material. Além disso, sua composição apresenta aluminato tricálcico e óxido de cálcio, responsáveis pela liberação de íons de cálcio; óxido de zircônia, sendo este último responsável pela radiopacidade, livre de eugenol, que diminui os riscos de citotoxicidade, além de não provocar manchamento (BRONZEL *et al.*, 2019).

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

Segundo o fabricante, seu tempo de presa é de aproximadamente 240 minutos, dependendo da umidade local. Além disso, Bio-C Sealer não possui base resinosa, fato que pode ser verificado ao observar a sua viscosidade, dada por uma cadeia longa de polietilenoglicol, facilitando a remoção, a limpeza e a biocompatibilidade (HENRIQUE, 2017).

Um estudo realizou uma avaliação das propriedades físico-químicas e biológicas do cimento obturador Bio C Sealer a partir da submissão de células tronco à exposição deste material, com o objetivo de determinar o perfil de liberação de íons de cálcio e o pH, analisados em Microscópio por Varredura Eletrônica (MEV). Os resultados demonstraram que o Bio C Sealer consegue liberar maiores níveis de íons de cálcio em comparação com o seu concorrente mais próximo, o Bio C Repair. Ambos, porém, mantiveram o nível de pH alcalino quase similar, assim como a viabilidade celular após resultados de citotoxicidade em até 72 horas em contato com as células tronco. Em contrapartida, o Bio C Sealer mostrou taxas de migração celular significativamente menores que o Bio C Repair, provavelmente pela diferença na composição (ARIAS-MOLIZ *et al.*, 2017).

Uma análise de espectroscopia de energia dispersa avaliou as características da superfície do Bio C Sealer e Bio C Repair e seus componentes (TABELA 2). Ambos os casos revelaram liberações importantes de hidróxido de cálcio para formação de dentina e também sua atividade antimicrobiana. O óxido de zircônio, que substitui o óxido de bismuto como radiopacificador dos novos cimentos biocerâmicos, passou a prevenir o manchamento e a descoloração do substrato dentário, quando em contato com as substâncias irrigadoras após o preparo químico mecânico. Entretanto, verificou-se que substâncias como tungstênio ou óxido de ferro, presentes no Bio-C Sealer, poderiam afetar a sua viabilidade celular (ARIAS-MOLIZ *et al.*, 2017; ZAMPARINI *et al.*, 2019; ASHOFTEH YAZDI *et al.*, 2019; LÓPEZ-GARCÍA *et al.*, 2019b).

Tabela 2 - Avaliação do pH e espectrometria de massa plasmática indutivamente acoplada (ICP – MS) de extratos de cimento.

Concentração de elemento (mg/L solution)						
pH			Silício	Estrôncio	Cálcio	Zircônio
DMEM completo	7,61 ± 0,03	Água Milli-Q	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Seladora Bio-C	8,40 ± 0,05	Seladora Bio-C	42,01 ± 0,01	0,3 ± 0,04	63,87 ± 0,01	0,13 ± 0,01
Reparação Bio-C	8,33 ± 0,02	Reparação Bio-C	14,90 ± 0,1	0,52 ± 0,01	38,32 ± 0,02	0,12 ± 0,02

DMEM (Dulbecco modification of Minimum Essential Media), preparação de meios de cultivo celular.

Fonte: Adaptado de Lópes-García (2019b).

Bronzel *et al.* (2019) sustentam que os novos cimentos biocerâmicos à base de silicato de cálcio apresentam-se solúveis quando imersos em água destilada ou solução salina tamponada, imitando os fluidos existentes nos tecidos dentários.

Ainda sobre as propriedades físico-químicas do Bio C Sealer, com base na ISO 6876/2012 e comparadas ao AH Plus, Tanomaru-Filho *et al.* (2007) discutem sobre a necessidade de tomar como características a fluidez (ISO 6876/2012), sendo esta medida em milímetros de expansão por um paquímetro digital, quando pressionado o cimento entre duas placas de vidro. A radiopacidade deve ser medida através de radiografias, tomando em conta o grau de escala de alumínio, quando colocadas as amostras de cimento juntas, como mencionado no estudo de Candeiro *et al.* (2012). Além disso, o pH deve ser avaliado submergindo as amostras em água deionizada, armazenada e medida em períodos de 1, 7, 14 e 21 dias (TABELA 3), sendo medidas por um calibrador digital (Digimed).

A solubilidade medida pelo método de Carvalho-Junior *et al.* (2007) consiste na aferição da perda de massa volumétrica do cimento após submergido durante 30 dias em 7,5 ml de água destilada, através de um Micro CT scanner e varredura eletrônica. O estudo demonstrou que o Bio C Sealer tem o menor tempo de presa, seguido pelo AH Plus (TABELA 4). O Bio C Sealer apresentou o maior coeficiente de fluidez, característica que o permite penetrar facilmente dentro dos canais radiculares. Já a radiopacidade foi menor quando comparada ao AH Plus, embora esse resultado possa ter ocorrido

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

devido à quantidade de materiais radiopacificadores contidos neste cimento, como óxido de zircônio, cálcio e tungstato (BRONZEL *et al.*, 2019).

Tabela 3 - Avaliação do pH observado em diferentes períodos experimentais.

Período	AH Plus	Fill BC Total	Bio-C Sealer	Controle
1 dia	6,66(±0,24) ^c	10,38(±0,19) ^a	9,65(±0,17) ^b	6,51(±0,32) ^c
7 dias	6,12(±0,37) ^b	10,23(±0,52) ^a	9,74(±0,53) ^a	6,53(±0,30) ^b
14 dias	6,53(±0,37) ^b	10,24(±0,43) ^a	9,90(±0,95) ^a	6,52(±0,27) ^b
21 dias	6,23(±0,24) ^b	9,68(±0,89) ^a	9,18(±1,01) ^a	6,43(±0,38) ^b

Fonte - Adaptado de Bronzel *et al.* (2019). Nota: letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Tempo de presa, fluidez, radiopacidade, solubilidade e variação volumétrica de diferentes obturadores apicais.

Teste	AH Plus	Fill BC Total	Bio-C Sealer
Tempo de Pressa (min)	385,0(±4,5) ^b	582,2(±21,5) ^a	220,0(±12,7) ^c
Fluidez (mm)	21,3(±1,1) ^c	24,7(±0,8) ^b	31,2(±1,3) ^a
Fluidez (mm ²)	409,2(±108,6) ^c	537,4(±45,0) ^b	868,4(±34,9) ^a
Radiopacidade (mmAl)	9,2(±0,5) ^a	6,1(±0,7) ^b	5,5(±0,6) ^b
Solubilidade (% mass loss)	0,2(±0,4) ^c	10,6(±3,2) ^b	17,9(±2,5) ^a
Mudança Volumétrica (%)	-0,4(±0,2) ^b	-1,9(±1,0) ^a	-0,9(±0,6) ^a

Fonte - Adaptado de Bronzel *et al.* (2019). Nota: valores negativos no teste de variação volumétrica indicam perda de volume. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

Gandolfi *et al.* (2015) realizaram um teste para observar a perda de massa dos cimentos biocerâmicos. Neste teste, após a espera do tempo de endurecimento dos mesmos, os materiais foram submetidos a fluidos, resultando na perda da massa volumétrica. Os autores observaram que a alta solubilidade e a perda de massa dos cimentos biocerâmicos, quando submersos dentro de água por um determinado tempo, poderiam ter sido superestimadas, considerando que é necessário um tempo de hidratação para a amostra tomar a estrutura final. Além disso, durante o processo de secagem das amostras o secador pode ter evaporado grande porcentagem desta água residual, interferindo no resultado observado da perda de massa real. Há uma explicação lógica referente à solubilidade dos materiais à base de silicato de cálcio, devido a formação acelerada de sais de cálcio durante a hidratação, os quais são rapida-

mente lavados pela água ou fluidos orgânicos. No entanto, a solubilidade dos materiais não representa instabilidade volumétrica, dado que na observação com micro-CT, o Bio C Sealer teve uma alteração volumétrica baixa de 2%, apesar da solubilidade acima dos 10% permitidos (VERSIANI *et al.*, 2016; DONNERMEYER *et al.*, 2018; AL-HADDAD; AZIZ, 2016).

Biocerâmicos como o Bio C Sealer, de características hidrofílicas e expansividade, podem diminuir microgaps na interface dentina-cimento e cimento-guta-percha. Além disso, possuem uma bioatividade que faz com que a umidade e o monóxido de di-hidrogênio nos canais instrumentados formem uma ligação de hidrogênio em ambos os polos, criando assim uma expansão lateral das cadeias poliméricas (FIGURA 3). Este estudo foi realizado através de observação microscópica por varredura em 60 dentes pré-molares, instrumentados de igual forma e obturados com cimento obturador resinoso e biocerâmicos com cone único (HEGDE; MURKEY, 2017).

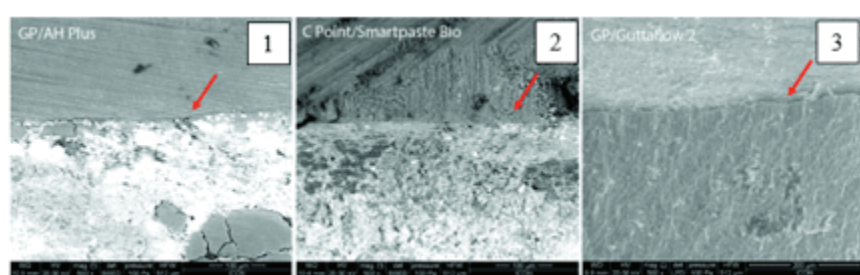


Figura 3 – Imagem (1 e 3) comparativa mostrando a existência de microgap na interface gutta-percha-dentina no terço apical. Imagem (2) mostrando adaptação e biofechamento e penetração nos túbulos dentinários do cimento biocerâmico (smartpaste bio).

Fonte: Hedge e Murkey (2017). Nota: SEM (500X) do micro-gap no terço apical do canal radicular. GP / AH Plus (controle) - vaza na interface dentina-GP-dentina. C Point / Smartpaste Adaptação de bio-fechamento e penetração do selador nos túbulos dentinários. O GP / Guttaflow 2 mostrou poucos vazios e incapacidade de se unir à dentina. *GP = gutta-percha

No estudo realizado por Hegde e Murkey (2017), 70 dentes humanos com ápices totalmente formados foram divididos em três grupos experimentais e dois grupos controle. Os dentes foram instrumentados e obturados, sendo realizado um teste de infiltração de *Enterococcus faecalis* e observados por 24 horas, durante 60 dias. Embora todos os grupos tenham mostrado infiltração bacteriana, os cimentos hidrofílicos biocerâmicos tiveram um menor índice quando comparados com os hidrofóbicos.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

No que diz respeito ao contato dos materiais bioativos com tecidos dentais e periapicais, se faz necessária uma pesquisa mais aprofundada, tendo em vista que esses compostos podem afetar a viabilidade celular em um curto período de tempo. López-García *et al.* (2019a) realizaram uma investigação sobre o potencial de citocompatibilidade e mineralização de dois cimentos endodônticos biocerâmicos pré-misturados e comparados com seu principal concorrente, o cimento AH Plus. Para este estudo foram utilizadas células tronco do ligamento periodontal (hPDLSCs) e expostas aos cimentos Bio-C Sealer, TotalFill BC Sealer, AH Plus e avaliados por microscopia de varredura eletrônica e análise radiográfica para medir a quantidade de mineralização ($p = 0,05$). Concluiu-se que o AH Plus apresentou menor viabilidade celular; por outro lado houve uma maior viabilidade e migração celular no Bio-C Sealer e no TotalFill BC Sealer, bem como melhores resultados de citocompatibilidade e potencial de remineralização (FERREIRA *et al.*, 2019; BRAGA *et al.*, 2015; SILVA ALMEIDA *et al.*, 2017).

É importante ressaltar que os componentes do Bio-C Sealer, por serem silicato de cálcio e o sulfato de cálcio, ao entrarem em contato com a água são hidratados formando silicato de cálcio modificado hidratado ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e sulfato de cálcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Esse processo faz com que precipitem cristais de hidroxiapatita, íons de cálcio, de magnésio e de hidroxila, podendo ser reabsorvidos pelos tecidos periapicais quando extravasados, exceto o óxido de zircônio, por ser insolúvel (FERREIRA *et al.*, 2019; BRAGA *et al.*, 2015; SILVA ALMEIDA *et al.*, 2017).

PERCURSO METODOLÓGICO

O presente estudo consiste em uma pesquisa bibliográfica, de caráter descritivo, a qual trata da busca de uma problematização acerca de um tema de pesquisa a partir de referências publicadas, sendo analisadas e discutidas as suas contribuições culturais e científicas. Nesse sentido, foi realizada uma revisão de 105 artigos científicos, dos quais foram selecionados 78, aqueles que abordaram revisões literárias e metanálises. Inicialmente, foram analisados os títulos e resumos, verificando a possível relevância para a escolha do critério de inclusão ou exclusão. Foram, então, obtidos textos completos, em sua maioria em inglês, sendo traduzidos ao idioma português, que versavam sobre a escolha e o tratamento de cimentos biocerâmicos em diferentes modalidades de teste. Excluiu-se desta revisão estudos em que o material de obturação se tratava de um cimento tradicional,

mesmo que comparado com um biocerâmico de primeira, segunda ou terceira geração.

Para as buscas foram utilizadas as plataformas de dados MEDLINE “PubMed”, “Scielo”, monografias e trabalhos de conclusão de curso, estabelecendo como critério temporal estudos publicados entre 2000 e 2019, utilizando como palavras chaves os termos [Root canal], [Obturation], [Dental Cements], [MTA]. [Calcium Silicate Endodontics], [Tech Biosealer], [Endosequence BC Sealer], [iRoot SP e BC Sealer], [Bio C Sealer], [Bioceramic Sealer], [Bioceramic endodontics], [bioceramic root canal sealer], [AH Plus], [Adhesion], [dental cement dentistry], [cimentos biocerâmicos na endodontia], [endodontic chemical physical properties].

Artigos clássicos, mesmo que publicados fora do escopo temporal elencado na revisão, foram considerados no estudo, tendo em vista a sua relevância científica e a contribuição para a escrita da fundamentação teórica ora explanada.

DISCUSSÃO

É pouco comum encontrar estudos sobre cimentos biocerâmicos obturadores na literatura científica (RAGHAVENDRA *et al.*, 2017; SENA, 2018), principalmente sobre comparações operacionais entre um cimento e outro (VISHWANATH e RAO, 2019). Nesses estudos, é recorrente a discussão sobre como as propriedades dos cimentos biocerâmicos podem impactar, de modo relevante, na prática clínica.

Sabe-se que um cimento endodôntico utilizado para obturação deve possuir propriedades físico-químicas de importância clínica. É importante que o material seja homogêneo, tenha boa adesividade, possa promover o selamento hermético, seja radiopaco, fluido e de bom escoamento. Além disso, o cimento não deve contrair após a presa, não manchar o dente, deve ser antimicrobiano e biocompatível, assim como insolúvel em tecidos periapicais, de fácil remoção e, por fim, não ser mutagênico e nem citotóxico (GROSSMAN, 1958).

As características específicas do cimento endodôntico favorecem, na maioria das vezes, um bom vedamento, possibilitando o alcance a canais secundários e regiões de istmos em todo o trajeto do canal radicular (VALENTIM *et al.*, 2016). Para isso, discute-se que o cimento deve possuir, necessariamente, uma boa adesão à dentina e em guta percha (SIQUEIRA *et al.*, 2015). Nessa mesma direção, estudos demonstraram que as propriedades físicas-químicas de um cimento obturador ideal, como a biocompatibilidade e a fluidez suficiente, não devem afetar a coloração dentária, nem a estabilidade di-

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

mensional, uma vez que se trata de um material antimicrobiano, não-citotóxico, de fácil manipulação e remoção (GROSSMAN, 1958).

Ainda que um cimento tenha propriedades insolúveis ou de viscosidade, mesmo com bom escoamento, não são todos os que possuem as características de qualidade consideradas para cimentos endodônticos (VALENTIM *et al.*, 2016)

Nessa direção, o cimento à base de resina epóxi AH Plus é considerado, na atualidade, como padrão-ouro na obturação de canais radiculares. Isso se deve, exclusivamente, as suas propriedades físico-químicas, tendo em vista que o material possui capacidade de liberação de íons de cálcio, apresenta pH alcalino e baixa citotoxicidade, além de ter atividade antibacteriana (VIANA, 2019). Segundo este autor, o AH Plus oferece um selamento adequado, de longa duração e de boa estabilidade dimensional. Entretanto, mesmo com as boas características do material, alguns estudos demonstraram alguns pontos que merecem a atenção. Reyhane *et al.* (2015), por exemplo, observaram a existência de microinfiltração bacteriana em dentes obturados com este cimento obturador. Assim, mesmo considerado como padrão-ouro, existem discussões sobre a eficácia total do AH Plus sobre aquilo que se propõe realizar. Todavia, esses pontos destacados não tiram a qualidade do material, a exemplo do seu potencial de escoamento.

O AH Plus, quando comparado aos cimentos biocerâmicos, também apresentou menor adesão à guta-percha e menor capacidade de remineralização detectados em análise SEM-EDX (microscopia por varredura eletrônica e espectroscopia) que revelou maior teor de cálcio, oxigênio e silício no cimento Bio C Sealer, demonstrando que, dos materiais testados, o Bio C Sealer e o TotalFill BC Sealer obtiveram os melhores resultados de citocompatibilidade e viabilidade celular, migração celular, fixação celular e mineralização (FERREIRA *et al.*, 2019; BRAGA *et al.*, 2015; SILVA ALMEIDA *et al.*, 2017).

Segundo Sena (2018), o potencial de escoamento do AH Plus se deve à sua composição química. Esse fator faz com que o cimento seja considerado como um material ideal para penetrar facilmente nos túbulos dentinários (DE DEUS *et al.*, 2002). Porém, um estudo demonstrou a baixa resistência do AH Plus à difusão contra o biofilme bacteriano, independentemente da sua solubilidade (VIANA, 2019).

Diante disso, se faz importante discutir sobre os pontos que devem ser contemplados nas características do cimento para que ele seja considerado como padrão-ouro. Além do que já fora elencado, no caso do AH Plus, um dos pontos que o levaram a este status foi a sua capacidade de ligação à guta-percha e à dentina radicular, como demonstrado no estudo de Nagas *et al.* (2012).

Mesmo diante da relevância do AH Plus, estudos realizados com materiais biocerâmicos vem demonstrando a emergência desse tipo de cimento na escolha clínica odontológica, tendo em vista a sua qualidade formativa. Em diferentes estudos foi observado que materiais biocerâmicos apresentaram melhor estabilidade e resistência mecânica e hidráulica em comparação a outros materiais, em detrimento de suas nanopartículas (FENGYUAN *et al.*, 2016). Além disso, este tipo de material possui a capacidade bioativa de formar hidroxiapatita, permitindo a ligação dentina-cimento biocerâmico, bem como a ligação entre cimento biocerâmico e guta-percha (ZHANG *et al.*, 2009a). Os cimentos são divididos em três gerações, sendo a última considerada como a mais tecnológica dentre as três.

Diferentes estudos foram conduzidos sobre a comparação das propriedades dos cimentos biocerâmicos e do AH Plus. Em um estudo, quando comparados os cimentos biocerâmicos de terceira geração, como o EndoSequence e o Bio C Sealer, com o AH Plus, foi observado que: a) o tempo de manipulação do cimento ESBC foi menor que o AH Plus (ZHOU *et al.*, 2013) e, b) o tempo de presa do ESBC foi superior ao do AH Plus, sendo de quatro horas em temperatura ambiente e até 10 horas em canais secos (AL-HADDAD; AZIZ, 2016). Além disso, um terceiro resultado foi que os cimentos biocerâmicos apresentaram bioatividade e maior biocompatibilidade, enquanto que o AH Plus, por ser bioinerte, não induziu a produção de células progenitoras (KOCH *et al.*, 2009; KOSSEV *et al.*, 2009).

Esses resultados favorecem a compreensão acerca da qualidade deste material emergente. Nessa mesma linha, Zhang *et al.* (2010) concluíram que o ESBC ou iRoot SP revelou uma ligeira citotoxicidade na fase após aplicação, e às 24 horas, essa citotoxicidade já não se registrou. O AH Plus registrou índices de citotoxicidade moderada nas duas fases. Em contrapartida, Loushine *et al.* (2011) demonstraram, *in vitro*, que o cimento ESBC é igualmente citotóxico ao AH Plus, porém, após seis horas sua atividade citotóxica desaparecia, ao contrário do cimento ESBC, que mantinha sua taxa de atividade até seis semanas. Discordando de Loushine *et al.* (2011), um estudo mais recente sobre o cimento ESBC demonstrou maior radiopacidade, escoamento similar, maior atividade antimicrobiana, menor citotoxicidade, maior capacidade de união às paredes dentinárias e maior penetração nos túbulos dentinários, quando comparado ao AH Plus (ÖZYUREK; USLU; YILMAZ, 2018; VALENTIM *et al.*, 2016). Discute-se, entretanto, que esses estudos não são, de todo modo, conclusivos. É provável que se necessite de maiores pesquisas *in vitro* para definir exatamente a taxa de toxicidade desses materiais quando expostos a tecidos periodontais.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

Ainda em relação às diferenças entre os materiais, outro aspecto importante a ressaltar diz respeito à força de união à dentina do cimento ESBC. Quando a substância irrigadora utilizada para instrumentação foi o hipoclorito de sódio, o ESBC apresentou maiores níveis de adesão que o AH Plus. Uma das vantagens do ESBC é que este material permite um bom vedamento na obturação do canal radicular dada a sua capacidade de expansão após a presa química, a liberação de íons de cálcio e a ligação bioativa à dentina. Essas características inexistem no AH Plus, tendo em vista que, apesar de liberar íons de cálcio, este tipo de cimento não consegue uma expansão após seu endurecimento (PAWAR; PUJAR; MAKANDAR, 2014; XUEREB *et al.*, 2015; CAMILLERI, 2015).

Um outro ponto a ser destacado é a penetração dos materiais nos túbulos dentinários, a qual reduz a capacidade das bactérias em colonizar e infectar novamente o dente. O cimento ESBC, devido a sua fluidez e tamanho das moléculas, penetra mais facilmente, apresentando níveis superiores de penetração aos do AH Plus (CANDEIRO *et al.*, 2019). Entretanto, este resultado não pode ser generalizado e constatado como uma verdade absoluta, uma vez que existem estudos que demonstram que ambos os cimentos apresentam semelhanças na penetração e preenchimento dos canais, a exemplo da pesquisa de Fernandez *et al.* (2016).

De acordo com a American Dental Association (ADA), a solubilidade de um material deve ser menor que 3% para que seja considerado como detentor de um bom vedamento, visando evitar reinfecções, mesmo imerso em soluções biológicas. Comparando-se o cimento AH Plus com o cimento biocerâmico Bio C Sealer, os resultados mostraram que o AH Plus foi o único cimento com baixa solubilidade. Mesmo estando o Bio C Sealer dentro dos parâmetros estabelecidos pela ISO, esses materiais possuem como vantagem a sua hidrofobicidade, a qual permite que as partículas líquidas entrem em contato com os íons de cálcio e acelerem a reação de presa, além de tornar o ambiente muito mais alcalino, favorável à atividade antimicrobiana e à formação de minerais como princípio de sua bioatividade (BRONZEL *et al.*, 2019).

Desse modo, diante dos estudos ora elencados, observa-se que biocerâmicos de terceira geração, como o Bio C Sealer, mostram-se como opções viáveis no mercado odontológico. Por fim, estes devem apresentar não somente características bioativas, mas também as de citocompatibilidade, dado que, quando comparados ao cimento AH Plus, estes se mostraram menos citotóxicos e com maior viabilidade celular (FERREIRA *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

Após a construção deste trabalho e das discussões expostas ao longo de sua escrita é possível concluir que, embora exista um número limitado de publicações que reflitam sobre as vantagens e as limitações do uso dos cimentos biocerâmicos, as suas propriedades físico-químicas, sua bioatividade e praticidade na aplicação clínica, fazem com que esses sejam uma excelente escolha na endodontia.

Dessa forma, este estudo demonstrou que os cimentos bioce-
râmicos são promissores uma vez que, além de atenderem aos padrões das normas ISO, também superam o cimento AH Plus sob alguns aspectos, justificando assim seu uso no tratamento de canais radiculares.

Por fim, dada a relevância do tema, é importante frisar que uma nova geração de cimentos obturadores à base de silicato de cálcio está ganhando cada vez mais espaços no mercado odontológico. Desta feita, é importante que novos estudos sejam realizados com vistas a fomentarem investigações acerca das questões relacionadas ao retratamento de canal radicular após o uso dos biocerâmicos, dito de outra forma, se é possível a remoção do material obturador bioce-
râmico, bem como suas modificações químicas quando submetidos a altas temperaturas no momento da termoplastificação da guta percha na obturação final.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

REFERÊNCIAS

AL-HADDAD, A.; AZIZ, Z. A. C. A. B. Bioceramic-based root canal sealers: a review. **Int J Biomater**, London, v. 16, p. 1-10, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27242904>>. Acesso em: 25 set. 2019.

ANGELUS-BRASIL. **Apresentação clínica do cimento bio-cerâmico Bio-C Sealer**, 20 de maio de 2020. Il. Color. Disponível em: <<https://angelus.ind.br/produto/bio-c-repair/>>. Acesso em 01 de jun. 2020.

AMIN, S. et al. The Effect of Prior Calcium Hydroxide Intracanal Placement on the Bond Strength of Two Calcium Silicate-based and an Epoxy Resin-based Endodontic Sealer. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 5, p. 696-699, 2012. Disponível em: <[https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(12\)00165-3/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(12)00165-3/fulltext)>. Acesso em: 05 mar. 2020.

ARIAS-MOLIZ, M. T. et al. Antimicrobial and biological activity of leachate from light curable pulp capping materials. **Journal of Dentistry**, Amsterdam, v. 64, p. 45-51, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28645637>>. Acesso em: 20 set. 2019.

ASGARY, S. et al. A comparative study of white mineral trioxide aggregate and white Portland cements using X-ray microanalysis. **Aust Endod J.**, v. 30, p. 89-92, 2004.

ASHOFTEH YAZDI, K. et al. Microstructure and chemical analysis of four calcium silicate-based cements in different environmental conditions. **Clinical Oral Investigations**, London, v. 23, n. 1, p. 43-52, 2019. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29603021>>. Acesso em: 19 set. 2019.

BAGATOLI, C. S. **Propriedades físico-químicas de bioagregate e biodentine: uma revisão da literatura científica**. 2018. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/191161/pdf>>. Acesso em: 14 set. 2019.

BERNARDES, R. et al. Evaluations of the Flow Rate of 3 Endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 109, n. 1, p. 47-49, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20123369>>. Acesso: 08 de marc. 2020.

BRAGA, J. M. et al. Assessment of the cytotoxicity of a mineral trioxide aggregate-based sealer with respect to macrophage activity. **Dental Traumatology**, v. 31, p. 390-395, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26086068>>. Acesso em: 08 out. 2019.

BRANDÃO, M. W. **Cimentos Biocerâmicos na Endodontia**. 2017. 30 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Dentária) - Instituto Universitário de Ciências da Saúde, Gandra, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.cespu.pt/bitstream/>>. Acesso em: 20 set. 2019.

BRONZEL, C. L. Z. **Desenvolvimento e avaliação de cimentos endodônticos à base de silicatos de cálcio**. 2018, 76 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Araraquara. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449>>. Acesso em: 21 set. 2019.

BRONZEL, C. L. Z. et al. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. **Journal of Endodontics**, n. 45, v. 10, p. 1248-1252, 2019.

BUENO, C. R. E. et al. Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers. **Braz. oral res.**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 81, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

CAMILLERI, J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 1, p. 72-78, 2015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25115660/>>. Acesso em 29 abr. 2020.

CANDEIRO, G. T. et al. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v. 38., p. 842-845, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22595123>. Acesso em: 15 de out. 2019.

CANDEIRO, G. T. et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 9, p. 858-864, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26281002>>. Acesso em: 20 de set. 2019.

CANDEIRO, G. T. et al. Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. **Brazilian Oral Research**. São Paulo, v. 33, p. 1-7, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-pt&nrm=iso&tlngn>. Acesso em: 10 de ago. 2019.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. **SALUSVITA**, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

CARVALHO, C. N. et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. **Iranian Endodontic Journal**, v. 12, n. 3, p. 343–348, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles>. Acesso em: 13 set. 2019.

CARVALHO-JUNIOR, J. R. et al. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. **Journal of Endodontics**, v. 33, p. 1110-1116, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17931945>. Acesso em: 15 out. 2019.

DE DEUS, G. et al. Penetração intratubular de cimentos endodônticos. **Pesq. Odontol. Brasil**. São Paulo, v. 4, n. 16, p. 332-336, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-74912002000400009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 29 abr. 2020.

DELONG, C., HE, J., WOODMANSEY, K. F. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 3, p. 385-388, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25576202/>. Acesso em: 29 abr. 2020.

DIAS, S. M. G. **Interface Dentina/Cimento: AH Plus versus Endo-sequence BC Sealer/iRootSP**. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Dentária). Faculdade de Medicina Dentária. Universidade de Lisboa. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/25494>. Acesso em: 20 out. 2019.

DONNERMEYER, D. et al. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. **Odontology**, v. 107, n. 4, p. 421-436, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30554288>. Acesso em: 15 set. 2019.

FALCÃO, C. et al. Cement AH Plus Adhesiveness Assessment Associated with Mineral Trioxide Aggregate in Different Proportions (Push-out Test). **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 19, n. 12, p. 1444-1448, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30713171>. Acesso em: 17 set. 2019.

FENGYUAN, L. V. et al. Evaluation of the in vitro biocompatibility of a new fast-setting ready-to-use root filling and repair material. **International Endodontic Journal**, v. 50, n. 6, p. 540-548, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 15 set. 2019.

FERNANDEZ, R. et al. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. **Internatio-**

nal Endodontics Journal, v. 49, n. 4, p 365-373, 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/iej.12454>>. Acesso em: 10 de abr. 2020.

FERREIRA, C. et al. Physicochemical, cytotoxicity and in vivo biocompatibility of a high-plasticity calcium-silicate based material. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3929-3933, 2019. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30850648>>. Acesso em: 23 set. 2019.

GANDOLFI, M. G. et al. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. **Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials**, v. 13, p. 43-60, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25199071>>. Acesso em: 25 set. 2019.

GERVINI, M. **Avaliação da influência do sistema de obturação Endosequence® BC Sealer e BC point na resistência à fratura radicular: ESTUDO EX VIVO**. Dissertação (Mestrado em Endodontia). Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade Estácio de Sá, 2016. Disponível em: <<https://portal.estacio/media/923316/maria-joana-gervini-2016.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

GJORGIEVSKA, E. et al. Incorporation of antimicrobial agents can be used to enhance the antibacterial effect of endodontic sealers. **Dental Materials**, v. 29, n. 3, p. 29-34, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.10.002>>. Acesso em: 23 fev. 2020.

GONZÁLEZ M. et al. Inferior Alveolar Nerve Paresthesia after Overfilling of Endodontic Sealer into the Mandibular Canal. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 8, p. 1419-1421, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20647109>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

GORDUYSUS, M. E.; AVCU, N. Evaluation of the Radiopacity of Different Root Canal Sealers. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 108, n. 3, p. 135-140, 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19577493>>. Acesso em: 08 mar. 2020.

GROSSMAN, L. I. An improved root canal cement. **The Journal of the American Dental Association**, n. 56, v. 3, p. 381-385, 1958. Disponível em: <[https://jada.ada.org/article/S0002-8177\(58\)63009-X/pdf](https://jada.ada.org/article/S0002-8177(58)63009-X/pdf)>. Acesso em: 16 de dez. 2019.

HEGDE, V.; MURKEY, L. S. Microgap Evaluation of Novel Hydrophilic and Hydrophobic Obturating System: A Scanning Electron

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. **SALUSVITA**, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

Microscope Study. **Journal of Clinical and Diagnostic Research – JCDR**, v.11. n. 5. p. 75-78, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28658913>>. Acesso em: 23 set. 2019.

HENRIQUE, D. T. T. **Análise da literatura científica especializada das propriedades físicas, químicas e biológicas dos cimentos biocerâmicos**. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/12478/2/TTHD09112017.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

HURSH, K. A. et al. Shear Bond Comparison between 4 Bioceramic Materials and Dual-cure Composite Resin. **Journal of Endodontics**, v. 45, n. 11, p. 1378-1383, 2019. Disponível em: <[https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(19\)30542-4/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(19)30542-4/fulltext)>. Acesso em: 14 dez. 2019.

KOCH, K. A.; BRAVE GD. EndoSequence: melding endodontics with restorative dentistry, part 3. In: **Dentistry Today**, v. 28, n. 3, p. 88, p. 90-92, 2009. Disponível em: <<https://www.dentistrytoday.com/endodontics/1005--sp-319519306>>. Acesso em: 08 mar. 2020.

KOCH, K. A.; BRAVE, G. D.; NASSEH, A. Bioceramic Technology: closing the endo-restorative circle, Part I. **Dentistry Today**, v. 29, n. 2, p. 100-105, 2010. Disponível em: <<https://www.dentistrytoday.com/endodontics/1100>>. Acesso em: 08 mar. 2020.

KOSSEV, D.; STEFANOV, V. Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. **Roots**, n. 1, p. 42-48, 2009. Disponível em: <<https://endoexperience.com/documents/Ceramicbasedsealers.PDF>>. Acesso em: 08 de mar. 2020.

KUGA, M. C. et al. Effects of calcium hydroxide addition on the physical and chemical properties of a calcium silicate-based sealer. **J Appl Oral Sci**, v. 22, n. 3, p. 180-184, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4072268/>>. Acesso em: 19 de mar. 2020.

LEE, J. K. et al. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. **Hindawi Bioinorganic Chemistry and Applications**, v. 2017, p. 8, 2017. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bca/2017/2582849/#references>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

LIMA, L. N.; PEDROSA, M. S.; DELBONI, M. G. Avaliação do escoamento e extravasamento de cinco cimentos endodônticos através de radiografia digital: um estudo in vitro. *SALUSVITA*, Bauru, v. 35, n. 2, p. 195-206, 2016. Disponível em: <<https://maraisadelboni>>.

com.br/wp-content/uploads/2018/09/Limaetal2016.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

LIMA, N. F. F. et al. Cimentos biocerâmicos em endodontia: revisão de literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia**, Passo Fundo, v. 22, n. 2, p. 248-254, 2017. Disponível em: <<http://seer.upf.br/index.php/rfo/article/view/7398>>. Acesso em: 13 set. 2019.

LÓPEZ-GARCÍA, S. et al. Comparative Cytocompatibility and Mineralization Potential of Bio-C Sealer and TotalFill BC Sealer. **Materials**, Basel, v. 12, n. 19, p. 1-12, 2019a. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31546696-comparative-cytocompatibility-and-mineralization-potential-of-bio-c-sealer-and-totalfill-bc-sealer/>>. Acesso em: 08 out. 2019.

LÓPEZ-GARCÍA, S. et al. Biological Effects of New Hydraulic Materials on Human Periodontal Ligament Stem Cells. **Journal of Clinical Medicine**, v. 8, n. 8, p. 1-13, 2019b. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6722926/>>. Acesso em: 21 set. 2019.

LOUSHINE, B. et al. Setting Properties and Cytotoxicity Evaluation of a Premixed Bioceramic Root Canal Sealer. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 5, p. 673-677, 2011. Disponível em: <[https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(11\)00047-1/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(11)00047-1/fulltext)>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MARCIANO, M. A.; DUARTE, M. A.; CAMILLERI, J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. **Clinical Oral Investigations**, v. 19, n. 9, p. 2201-2209, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25922130>>. Acesso em: 15 set. 2019.

MAZUREK, C. et al. **Atividade antimicrobiana de materiais reparadores de uso endodôntico pelos testes de difusão em ágar e por contato direto**. Revista Brasileira de Odontologia, v. 69, n.1, p. 25-29, 2012. Disponível em: <http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-100007>. Acesso em: 27 mar. 2020.

MINOTTI, P. G. **Determinação do pH e da liberação de íons de cálcio de três cimentos endodônticos quando utilizados em obturações, em conjunto com guta-percha, e da qualidade das mesmas: avaliação realizada em longo prazo**. 2015. 169f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2015. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/25/25147/tde-28102015-094819/publico/pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio
Erland Noriega e
HONORATO, Maria
Cristina Tavares de
Medeiros. Cimentos
biocerâmicos de terceira
geração. *SALUSVITA*,
Bauru, v. 39, n. 3,
p. 843-876, 2020.

NAGAS, E. et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 2, p. 240-244, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22244645>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

OZKOCAK, I; SONAT, B. Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er: YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 8, p. 1331-1336, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25892511>>. Acesso em: 10 de abr. 2020

ÖZYUREK, T.; USLU, G.; YILMAZ, K. Push-out bond strength of intra-orifice barrier materials: Bulk-fill composite versus calcium silicate cement. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects**, v. 12, n. 1, p. 6-11, 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29732015>>. Acesso em: 18 set. 2019.

PARIROKH, M.; TORABINEJAD, M. Mineral 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. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20171353>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

PAWAR, S. S.; PUJAR, M. A.; MAKANDAR, S. D. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH Plus & epiphany: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry – JCD**, n. 17, p. 579-82, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25506149>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

RAGHAVENDRA, S. S. et al. Bioceramics in endodontics – a review. **Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry**, v. 51, n. 3, supl. 1, p. 128-137, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5750835/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

REYHANE, M. F. et al. Apical microleakage of AH Plus and MTA Fillapex® sealers in association with immediate and delayed post space preparation: a bacterial leakage study. **Minerva Stomatologica**, v. 64, n. 3, p. 129-134, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25799446>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

ROBERTS, H. et al. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. **Dental Materials**, v. 24, n. 2, p. 149-164. 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0109564107000991?via%3Dihub>>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

SAEEDAH, S. et al. Microleakage of Single-Cone Guta-Percha Obturation Technique in Combination with Different Types of

Sealers. **Iran Endodontic Journal**, v. 10, n. 3, 2015, p. 199-203, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4509130/>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

SENA, A. L. M. **Avaliação do Escoamento de Cimentos Obturadores Endodônticos**. 2018. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em:<<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/7199/1/%5B2018.1%5D%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20escoamento%20de%20cimentos%20obturadores%20endod%C3%B4nticos.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2019.

SILVA ALMEIDA, L. H.; MORAES, R. R.; MORGENTAL, R. D.; PAPPEN, F. G. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. **Journal of Endodontics**, v. 43, p. 527-535, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28216270>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SIQUEIRA, J. F. et al. Materiais obturadores. In: Lopes, H. P., Siqueira Jr, J. F. (eds). **Endodontia: Biologia e Técnica**. 4ªed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 505-526, 2015.

TANOMARU-FILHO, M. et al. Evaluation of the thermoplasticity of different guta-percha cones and Resilon. **Australian Endodontic Journal**, v. 33, p. 23-26, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17461837>>. Acesso em: 10 set. 2019.

TAWIL, P. Z. et al. Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. **Compendium of continuing education in dentistry**, Jamesburg, v. 36, n. 4 p. 247-252, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>.

Acesso em: 10 set. 2019.

TEIXEIRA, J. F. R. N. **Revisão sobre os cimentos de obturação utilizados em Endodontia**. 2014. 63f. Dissertação (Mestrado em Medicina Dentária) – Universidade Fernando Pessoa, Porto. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4458/1/PPG_21548.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2020.

TIAN, J. et al. Ion Release, Microstructural, and Biological Properties of iRoot BP Plus and ProRoot MTA Exposed to an Acidic Environment. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 1, p. 163 – 168, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27939732>>. Acesso em: 13 set. 2019.

TOPÇUOĞLU, H. et al. In Vitro Fracture Resistance of Roots Obturated With Epoxy Resin-based, Mineral Trioxide Aggregated-based,

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. **SALUSVITA**, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.

and Bioceramic Root Canal Sealers. In: **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 12, p. 1630-1633, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24238462>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

TROPE, M.; BUNES, A.; DEBELIAN, G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? **Endodontic Topics**, v. 32, n. 1, p. 86-96, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/etp.12074>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

VALENTIM, R. M. et al. **Revisão de literatura das propriedades físico-químicas e biológicas de um cimento à base de silicato de cálcio**. Revista Brasileira de Odontologia, v. 73, n. 3, p. 237-241, 2016. Disponível em: <http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-72722016000300011-&lng=pt&nrm=iss&tlng=pt>. Acesso em: 20 set. 2019.

VERSIANI, M. A. et al. Zinc oxide nanoparticles enhance physicochemical characteristics of Grossman sealer. **Journal of Endodontics**, v. 42, p. 1804-1810, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27776882>>. Acesso em: 20 set. 2019.

VIANA, F. L. P. **Atividade antimicrobiana de cimentos obturadores endodônticos biocerâmicos frente a *Enterococcus faecalis* em biofilme** – estudo in vitro. 2019. 46f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40259>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

VIAPIANA, R. et al. Physicochemical and Mechanical Properties of Zirconium Oxide and Niobium Oxide Modified Portland Cement-Based Experimental Endodontic Sealers. **International endodontic journal**, v. 47, n. 5, p. 437-448, 2014. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24033490/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

VISHWANATH, V.; RAO, H. M. Guta-percha in endodônticas: a comprehensive review of material science. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 22, n. 3, p. 216-222, 2019. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31367101>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

WILLERSHAUSEN, I. et al. Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. **Archives of Oral Biology**, v. 58, n. 9, p. 1232 – 1237, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23647932>>. Acesso em: 10 set. 2019.

XUEREBO, M. et al. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. **Journal of En-**

Endodontics, v. 41, n. 1, p. 111-124, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25442723>>. Acesso em: 12 set. 2019.

ZAMPARINI, F. et al. Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. **Clinical Oral Investigation**, v. 23, n. 1, p. 445-457, 2019. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29737429>>. Acesso em: 19 set. 2019.

ZHANG, W.; Li, Z.; PENG, B. Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material. **International Endodontic Journal**, v. 43, n. 9, p. 769-774, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20546044>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ZHANG, H. et al. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 7, p. 1051-1055, 2009. Disponível em: <[https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(09\)00366-5/full-text](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(09)00366-5/full-text)>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ZHOU, H. et al. Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 10, p.1281-1286, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24041392>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

MONJE, Mauricio Erland Noriega e HONORATO, Maria Cristina Tavares de Medeiros. Cimentos biocerâmicos de terceira geração. *SALUSVITA*, Bauru, v. 39, n. 3, p. 843-876, 2020.