

Trabalho Conclusão Curso

PROPRIEDADES FISICO-QUIMICAS DE BIOAGGREGATE E BIODENTINE: UMA REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA

Cibele Samulewski Bagatoli



**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Odontologia**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BIOAGGREGATE E
BIODENTINE: UMA REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi

Florianópolis
2018

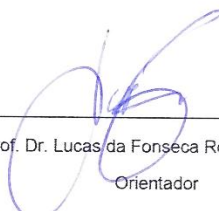
Cibele Samulewski Bagatoli

**PROPRIEDADES FISICO-QUIMICAS DE BIOAGGREGATE E
BIODENTINE: UMA REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de outubro de 2018.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia

Orientador

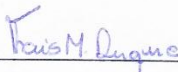
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Dr.ª Cleonice da Silveira Teixeira

Membro

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Dr.ª Thais Mageste Duque

Membro

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus queridos pais Willy e Isolde e ao meu esposo Jair, que me apoiaram e me deram suporte para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a **Jeová Deus** por permitir que eu tornasse esse grande desejo uma realidade. Sem Ele nada disso seria possível. Foi Dele que tirei toda minha força nos momentos mais difíceis. Agradeço por me lembrar a cada dia quão abençoada sou, por me dar a dádiva da vida e por me contemplar com pessoas tão especiais nessa etapa que se completa.

Agradeço aos meus bens mais preciosos, meus pais **Willy Bagatoli** e **Isolde Samulewski**, por me darem o suporte necessário e por serem pais tão zelosos e amorosos. Por confiar em mim e sempre me apoiar em minhas escolhas. Tudo que sou hoje, devo a vocês, meus maiores exemplos de fé, respeito, responsabilidade e dedicação. Foi por vocês que eu cheguei até aqui, sou e serei eternamente grata por serem minha base e meu refúgio.

Muito obrigado ao meu amigo e marido **Jair Abrantes Estevam**, esteve sempre ao meu lado com palavras de incentivo, acreditando na minha capacidade, mesmo quando nem eu mesma acreditava. Obrigada por, mesmo cansado, me ouvir contar como foi o dia, por entender minhas ausências e meus dias de mau humor, por usar sua calma, sabedoria e amor para me aconselhar e por ser meu porto seguro nos momentos de tempestade. Obrigada meu amor, pelas orações pedindo proteção e por todo cuidado comigo e com o nosso lar.

Ao **Artur e Bruna Cury, Carlos e Elisabete Tagliari** e a toda minha **família espiritual**, pelo apoio, pelos ensinamentos de vida e pela grande contribuição afetiva. Vocês foram imprescindíveis para que eu pudesse chegar até aqui.

Um agradecimento especial à minha amiga **Bruna Marchese Liotto**, por ser a pessoa mais doce e atrapalhada da minha vida, por colorir meus dias e por me ensinar que certas coisas da vida podem ser mais leves sem perder a importância e seriedade. Também à **Alice Levone, Sabrina Natasha Digiaco, Mirian Tanabe e Máisa Ricardi**, pelas inúmeras horas de conversa. Minhas companheiras de almoço, risadas e reflexões. Vocês me farão muita falta.

À minha dupla **Guilherme Felipe Machado Novack**, por toda parceria nessa jornada. Sou muito grata a ti por todo aprendizado e crescimento, pelos desesperos compartilhados, pelos doces em dias de estresse, por hoje entender o que significa não “cavar” nas minhas caixas.

Obrigada Gui, por entender meus dias de extremo cansaço, por ligar para me ajudar a não perder a hora das aulas, por compartilhar os calendários de prova e principalmente por me ajudar em tudo isso sem pedir nada em troca. Tens um coração gigante e tenho certeza que serás abençoado e terás muito sucesso nessa nova jornada. Conta comigo sempre!

Ao meu orientador **Lucas da Fonseca Roberti Garcia**, que me acolheu como orientada, compartilhou comigo seu conhecimento e me fez acreditar que eu seria capaz de desempenhar essa tarefa, apesar das dificuldades pessoais. Sua competência, dedicação e paciência certamente fizeram dessa tarefa um aprendizado valioso.

Obrigada aos **colegas da 14.1** e aos agregados da **13.2** que continuam comigo, por me acolher e me integrar de forma tão carinhosa. Hoje meu coração sente muito orgulho por fazer parte dessa turma. Obrigada meus colegas, por fazerem meus dias mais leves e divertidos. Por me ensinarem o verdadeiro sentido companheirismo e união. Cada um de vocês estará sempre em meu coração e pensamento. Desejo muita felicidade e sucesso a todos.

A **todos os professores** que contribuíram para meu crescimento além dos conhecimentos técnicos. Com seus exemplos de valores morais e éticos, pude ter certeza que é essa a profissão que amo. Levarei para sempre seus ensinamentos comigo.

Aos meus **empregadores Roberto Miers, Michelle H. Miers e Jair Piovezanna** por acreditarem que eu seria capaz, me incentivarem e vibrarem comigo a cada conquista. Também aos que já na graduação, me deram oportunidade de trabalho, mesmo sabendo que a jornada não seria fácil. A todos vocês, obrigada pela flexibilidade nos momentos que precisei e pela confiança depositada em mim.

À **Universidade Federal de Santa Catarina** pela grande oportunidade e aos **Servidores** pela compreensão e pelo contagiante bom humor. Muito obrigada por fazerem parte da minha trajetória acadêmica.

“E você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais.”

(William Shakespeare)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre as propriedades físico-químicas dos cimentos biocerâmicos BioAggregate e Biodentine, em comparação ao Mineral Trióxido Agregado (MTA). O levantamento dos artigos foi realizado em base de dados da área médica e odontológica: PubMed (MedLine), Science Direct, Scopus, Web of Science, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), SciELO e Google Scholar. Buscas adicionais foram realizadas em revistas científicas pertinentes da área. O levantamento cobriu somente artigos publicados na língua inglesa, e durante o período de novembro de 2008 a novembro de 2017. Somente artigos referentes a avaliação das propriedades físico-químicas dos cimentos biocerâmicos, BioAggregate e Biodentine, foram selecionados. As palavras-chave que serviram de base para a busca consideraram as seguintes propriedades físico-químicas: radiopacidade, adesividade, solubilidade e desintegração, tempo de presa, pH, liberação de íons Ca^{++} , atividade antimicrobiana, resistência à compressão e resistência à fratura. Os artigos selecionados foram distribuídos em grupos referentes às propriedades físico-químicas avaliadas, comparando-se os resultados obtidos pelos cimentos biocerâmicos eleitos, com o MTA. Após análise comparativa, pôde-se concluir que BioAggregate apresentou na maioria dos estudos avaliados desempenho inferior ao MTA. Por outro lado, Biodentine apresentou propriedades físico-químicas superiores a ambos os cimentos biocerâmicos.

Palavras-chave: MTA. Biodentine. BioAggregate. Propriedade Físico-Químicas.

ABSTRACT

The objective of this study was to perform a review of the scientific literature as regards the physico-chemical properties of the bioceramic cements BioAggregate and Biodentine, in comparison with the Mineral Trioxide Aggregate (MTA). The method for data collection involved a search in the medical and dental electronic database, as follows: PubMed (MedLine), Science Direct, Scopus, Web of Science, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), SciELO and Google Scholar. Further research was conducted in scientific journals relevant to the area. The search covered only articles published in the English language, and during the period from November 2008 to November 2017. Only articles which evaluated the physico-chemical properties of BioAggregate and Biodentine were selected. The keywords that served as basis for the search considered the following physico-chemical properties: radiopacity, adhesiveness, solubility and disintegration, setting time, pH, calcium ions release, antimicrobial activity, compressive strength and fracture resistance. The selected articles were distributed into groups, considering the physico-chemical properties evaluated, to compare the results obtained by the selected bioceramic cements with MTA. After comparative analysis, it was concluded that BioAggregate presented in most of the studies evaluated an inferior performance than MTA. On the other hand, Biodentine presented superior physico-chemical properties to both bioceramic cements.

Keywords: MTA. Biodentine. BioAggregate. Physico-chemical Properties.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sumário dos artigos selecionados onde foram avaliadas as propriedades físicas de BioAggregate e Biodentine em comparação ao MTA..... 17

Tabela 2 - Sumário dos artigos selecionados onde foram avaliadas as propriedades químicas de BioAggregate e Biodentine em comparação ao MTA..... 48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	<i>OBJETIVOS</i>	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	MATERIAIS E MÉTODOS	16
2.1	<i>Método de busca</i>	16
2.2	<i>Critérios de Inclusão e Exclusão</i>	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	<i>PROPRIEDADES FÍSICAS</i>	17
3.1.1	BioAggregate	21
3.1.1.1	Adesividade	21
3.1.1.2	Microdureza	23
3.1.1.3	Capacidade de selamento (microinfiltração)	24
3.1.1.4	Porosidade	25
3.1.1.5	Radiopacidade	25
3.1.1.6	Resistência à compressão	26
3.1.1.7	Solubilidade	26
3.1.1.8	Tempo de presa	27
3.1.2	Biodentine	27
3.1.2.1	Adesividade	27
3.1.2.2	Microdureza	34

3.1.2.3	Capacidade de selamento (microinfiltração)	35
3.1.2.4	Porosidade	40
3.1.2.5	Radiopacidade	40
3.1.2.6	Resistência à compressão	41
3.1.2.7	Resistencia a fratura	43
3.1.2.8	Solubilidade	44
3.1.2.9	Tempo de presa	46
3.2	<i>PROPRIEDADES QUÍMICAS</i>	48
3.2.1	BioAggregate	49
3.2.1.1	Atividade Antimicrobiana	49
3.2.1.2	Liberação de íons de cálcio	49
3.2.1.3	pH	50
3.2.2	Biodentine	50
3.2.2.1	Atividade antimicrobiana	50
3.2.2.2	Liberação de íons de cálcio	52
3.2.2.3	pH	53
4	DISCUSSÃO	53
5	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60
	Anexo 1 - Ata de apresentação do presente Trabalho de Conclusão de Curso	76

INTRODUÇÃO

O Mineral Trióxido Agregado (MTA) é um dos biomateriais mais estudado nas últimas décadas na Endodontia (Parirokh & Torabinejad, 2010). Os primeiros experimentos com este cimento iniciaram-se nos anos 1990, na Universidade de Loma Linda (Califórnia, EUA), onde buscava-se por um biomaterial que pudesse ser utilizado em obturações retrógradas e selamento de perfurações radiculares, com índice de sucesso superiores aos já disponíveis (Parirokh & Torabinejad, 2010). Em 1997, após anos de desenvolvimento, o MTA foi aprovado pela US Foods and Drugs Administration (FDA), podendo então ser comercializado (Parirokh et al., 2017).

Sua composição é similar à do cimento Portland, exceto pela presença de óxido de bismuto, responsável pela radiopacidade do cimento (Leye Benoist et al., 2012). Sua excelente bioatividade (Scelza et al., 2016), associada a importantes características físico-químicas, como a atividade antimicrobiana e a liberação de íons Ca^{++} , (Parirokh & Torabinejad, 2010) garantem ao biomaterial um desempenho clínico excepcional, uma vez que este é capaz de induzir a deposição de tecido mineralizado (Torabinejad & Chivian, 1999; Parirokh & Torabinejad, 2010), levando ao reparo e à regeneração dos tecidos perirradiculares, associada a uma baixa resposta inflamatória (El-Khodary et al., 2015; Tawil et al., 2015).

Devido aos resultados obtidos com este biomaterial, o MTA tem sido utilizado em diversas outras aplicações clínicas, podendo-se destacar sua versatilidade como capeador pulpar direto (Bortoluzzi et al., 2006), e na apicificação de dentes com rizogênese incompleta (Bücher et al., 2016).

Apesar das características desejáveis do MTA, tal cimento possui alguns atributos negativos que comprometem muitas vezes seu desempenho (Tawil et al., 2015), como o longo tempo de presa (Taha et al., 2016), a alta solubilidade (Garcia et al., 2015), o acentuado manchamento das estruturas dentais (Garcia et al., 2013), a consistência arenosa (Ber et al., 2007) e a dificuldade de manipulação e aplicação na área do defeito (Butt et al., 2014). Por essas razões, novos biomateriais, de composição e aplicação clínica semelhante ao MTA foram desenvolvidos nos últimos anos, aumentando ainda mais o portfólio de possibilidades de tratamento oferecidos ao profissional (Parirokh et al.,

2017; Torabinejad et al., 2017). Estes novos cimentos seladores, também chamados de biocerâmicos, foram desenvolvidos no intuito de se manter e aprimorar algumas das propriedades positivas do MTA, tentando superar suas desvantagens (Parirokh et al., 2017; Torabinejad et al., 2017).

Entre esses novos cimentos biocerâmicos, se destacam o Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França), um cimento à base de silicato de cálcio que começou a ser comercializado em 2009 e ficou popular como “substituto de dentina” devido a sua resistência similar à dentina humana (Malkondu, Kazandağ, Kazazoğlu, 2014; Rajasekharan et al., 2014); e o BioAggregate (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Columbia Britânica, Canada), um cimento reparador à base de silicato tricálcico, livre de alumina, e que possui como agente radiopacificador o óxido de tântalo.

Estudos recentes classificaram e avaliaram através de uma atualização da literatura esses novos cimentos biocerâmicos surgidos após o MTA, levando em consideração sua aplicabilidade clínica e complicações surgidas após tratamento (Parirokh et al., 2017; Torabinejad et al., 2017). Assim sendo, este trabalho teve como objetivo realizar uma atualização da literatura publicada nos últimos 9 anos sobre os cimentos biocerâmicos BioAggregate e Biodentine, levando em consideração suas propriedades físico-químicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão da literatura sobre as propriedades físico-químicas dos cimentos biocerâmicos BioAggregate e Biodentine, em comparação ao Mineral Trióxido Agregado (MTA) considerando-se estudos publicados nos últimos 9 anos que avaliaram as propriedades físico-químicas dos cimentos biocerâmicos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar o biocerâmico BioAggregate e o Biodentine, quanto às seguintes propriedades físico-químicas: radiopacidade, adesividade, solubilidade e desintegração, tempo de presa, porosidade, capacidade de selamento, pH, liberação de íons Ca^{++} , atividade antimicrobiana, microdureza, resistência à compressão e resistência à fratura, comparando seu desempenho com o MTA.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Método de busca

O levantamento de dados neste estudo envolveu uma busca em diferentes bases de dados eletrônicas da área médica e odontológica, a saber: PubMed (MedLine), Science Direct, Scopus, Web of Science, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), SciELO e Google Scholar. Buscas adicionais foram realizadas em revistas científicas pertinentes a área, como Australian Endodontic Journal; Dental Traumatology (antigamente chamada Endodontics and Dental Traumatology); International Endodontic Journal; Journal of Endodontics; Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology (antigamente chamada Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics); Restorative Dentistry & Endodontics e European Endodontic Journal.

As palavras-chave que serviram de base para a busca envolveram os seguintes termos; “BioAggregate” e “Biodentine”; considerando-se as seguintes propriedades físico-químicas: “radiopacity”, “adhesiveness”, “bond strength”, “push-out bond strength”, “shear bond strength”, “solubility”, “setting time”, “hardening”, “porosity”, “sealing ability”, “sealing capacity”, “pH”, “calcium ions release”, “antimicrobial activity”, “microhardness”, “compressive strength”, “diametral tensile strength”, “fracture resistance” e “fracture strength”.

2.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

O levantamento cobriu somente artigos publicados na língua inglesa, e durante o período de novembro de 2008 a novembro de 2017. Somente artigos referentes a avaliação das propriedades físico-químicas de materiais biocerâmicos reparadores, no caso BioAggregate e Biodentine, foram selecionados. Materiais biocerâmicos utilizados para obturação de canais radiculares não foram incluídos na busca. Finalizada a busca, foi realizada a remoção dos artigos em duplicata, seguida de uma leitura minuciosa dos resumos e dos textos completos para verificar se o tema era pertinente ao estudo. Posteriormente, os artigos selecionados foram distribuídos em grupos referentes às propriedades físico-químicas avaliadas, comparando-se os resultados obtidos pelos materiais biocerâmicos eleitos, com o MTA.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

Na Tabela 1 podemos ver um sumário dos artigos selecionados onde foram avaliadas propriedades físicas dos cimentos biocerâmicos BioAggregate e Biodentine.

Tabela 1 - Sumário dos artigos selecionados onde foram avaliadas as propriedades físicas de BioAggregate e Biodentine em comparação ao MTA.

Propriedade	Cimento	
Físicas	BioAggregate	Biodentine
Adesividade	Hashem e Amin, (2012) Saghiri et al. (2012) Çelik et al. (2013) Shokouhinejad et al., (2013) Alsubait et al., (2014) Ulusoy et al., (2015) Majeed e Alshwaimi (2016)	Aggarwal et al. (2013) El-Ma'aita; Qualtrough; Watts, (2013) Odabaş, Bani e Tirali (2013) Guneser, Akbulut e Eldeniz (2013) Elnaghy (2014) Cantekin e Avci (2014) Raju et al. (2014) Ulusoy et al. (2015) Kaup et al. (2015) Dawood et al. (2015) Ütsün et al., (2015) Nagas et al., (2015) Majeed e Alshwaimi (2016) Eren, Aksel e Serper (2016), Akçay et al. (2016) Çolak et al. (2016) Abdelmegid et al. (2016) Deepa et al. (2016), Cengiz e Ulusoy (2016) Alkhudhairi e Ahmad (2016) Silva et al., (2016) De-Deus et al., (2016) Bayram et al. (2017)

Adesividade (continuação)		Meraji; Camilleri,(2017) Nagas et al. (2017) Yazdi et al. (2017) Tulumbaci et al. (2017) Lucas et al. (2017), MarquesS et al., (2017).
Microdureza	Grech, Mallia e Camilleri (2013) Bolhari et al. (2014) Majeed e Alshwaimi (2016)	Grech, Mallia e Camilleri Elnaghy (2013) Elnaghy (2014) Caronna et al., (2014) Kaup, Schäfer e Dammashcke (2015) Antonijevic et al., (2016)
Capacidade de Selamento (microinfiltração)	Leal et al. (2011) Sayed e Saeed (2012) Özgül et al. (2014) Bayram et al. (2015)	Raskin et al. (2012) Jeevani et al. (2014) Soundappan et al. (2014) Raju et al. (2014) Butt et al. (2014) Ozbay et al. (2014) Chandra et al. (2014) Naik et al. (2015) Bani, Sungurtekin-ekçi e Odabaş (2015) Agrafioti et al. (2015) Nikhil et al. (2015) Aggarwal et al. (2015) Mandava et al. (2015) Sinkar et al. (2015) Gupta et al. (2015) El-khodary et al. (2015) Alkhudhairi e Ahmad (2016) Srivastava et al. (2016) Katge, Shivasharan e Patil (2016) Ramazani e Sadeghi, (2016)

Capacidade de Selamento (microinfiltração) (continuação)		Övsay, Kaptan e Şahin (2017) Kolmuss et al. (2017) Ramezanali et al. (2017) Hiremath, Shetty e Yeli (2017) Cechella et al. (2017)
Porosidade	Camilleri et al (2013) Chang (2017)	Camilleri et al. (2013) Chang (2017)
Radiopacidade	Grech, Mallia e Camilleri (2013)	Tanalp et al., 2013 Grech, Mallia e Camilleri (2013) Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) Poggio et al. (2015) Lucas et al. (2017) Kolmuss et al. (2017)
Resistência à compressão	Grech, Mallia e Camilleri (2013); Saghiri et al.(2013); Jang et al. (2014);	Grech, Mallia e Camilleri (2013) Kayahan et al. (2013) Jang et al. (2014) Butt et al., (2014) Elnaghy (2014) Govindaraju, Neelakantan e Gutmann (2016) Ranjakesh et al. (2016) Subramanyam e Vasantharajan (2017)
Resistência à fratura	Nenhum autor	Elnaghy e Elsaka (2015) Fiore et al. (2016) Zhabuawala et al. (2016) Nielsen et al. (2016) Hiremath et al. (2017) Subash et al. (2017) Lucas et al. (2017) Girish et al. (2017)

Solubilidade	Grecha, Saghiri et al. (2014)	Camilleri, et al., (2013) Gandolfi et al. (2014) Poggio et al. (2015) Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) Dawood et al. (2015), Torres et al. (2017), Subash et al. (2017) Kolmuss et al. (2017)
Tempo de presa	Grech, Mallia e Camilleri (2013); Jang et al. (2014);	Grech; Mallia; Camilleri,(2013) Jang et al. (2014) Alhodiry, Lyons e Chadwick (2014) Butt et al. (2014) Jang, et al., (2014) Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) Dawood et al. (2015) Lucas et al. (2017) Kolmuss et al. (2017)

Um bom cimento endodôntico precisa apresentar capacidade de suportar as forças mastigatórias exercidas sobre ele quando utilizado no selamento de perfurações, ou durante a condensação como material de preenchimento (Abdelmegid et al., 2016). Deve ainda apresentar capacidade de manter-se aderido ao substrato adjacente, (Majeed & Alshwaimi, 2016), oferecer tempo de trabalho razoável para que seja possível manuseá-lo adequadamente, e tempo de presa que possibilite a conclusão do tratamento sem que sejam necessárias consultas extras (Dawood et al., 2015). Ao longo dos anos, inúmeros testes mecânicos foram desenvolvidos e aprimorados para permitir que as propriedades físicas e mecânicas pudessem ser descritas e quantificadas a fim de revelar as melhores características de cada material, auxiliando na escolha e na conduta clínica de acordo com o conhecimento da interação do biomaterial de escolha com o substrato (Neelakantan et al., 2018).

3.1.1 BioAggregate

BioAggregate (BA) é um cimento biocerâmico desenvolvido a partir da busca por um material com melhores características clínicas quando comparadas às do MTA (Özgül et al., 2014). O pó de nanopartículas tem como composição silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato de cálcio monobásico, hidroxiapatita, dióxido de silício amorfo, diferindo da composição do MTA, principalmente por não conter alumínio e bismuto, retirados a fim de minimizar os efeitos tóxicos (Shokouhinejad et al, 2012; Bolhari et al., 2014). O pentóxido de tântalo é acrescido ao biocerâmico como agente radiopacificador (Hashem & Amin, 2012; Jang et al., 2014).

Apresenta biocompatibilidade com os tecidos circundantes, e tem sido indicado como bom material para reparo de perfurações e para retrobturações (Zhang; Pappen; Haapasalo, 2009). Diversas outras propriedades têm sido amplamente estudadas, e serão abordadas em parte neste trabalho.

3.1.1.1 Adesividade

Um bom cimento precisa apresentar capacidade de resistir ao deslocamento provocado pelo estresse clínico que incide sobre o elemento tratado endodonticamente, além de proporcionar um bom selamento apical (Bayram et al., 2017). Testes como os de resistência de união ao cisalhamento por extrusão e *push-out* têm sido eficientes em reproduzir e quantificar esta capacidade física dos cimentos biocerâmicos (El-ma'aïta, Qualtrough e Watts, 2013; Eren, Aksel e Serper, 2016; Bayram et al., 2017).

Um estudo *in vitro*, realizado por Hashem e Amin (2012), propôs a análise da resistência de união de MTA e de BA como materiais reparadores de furca em condições de alteração do pH. Supostamente, a presença de um meio mais ácido torna os materiais mais propensos ao extravasamento quando submetidos a forças como as de oclusão ou condensação de material restaurador logo após o reparo da perfuração. As amostras foram distribuídas em 2 grupos: MTA e BA, e estes por sua vez, foram redistribuídos em 4 subgrupos: A - exposição a PBS (fluido tecidual sintético - pH 7,4) por 4 dias; B - exposição a ácido acético tamponado (pH 5,4) por 4 dias; C - exposição ao PBS por 34 dias e D - espécimes expostos a ácido acético tamponado por 4 dias, seguido de exposição ao PBS por 30 dias. Como resultado, MTA mostrou-se mais fortemente ligado a estrutura dental do que BA, tanto na análise aos 4 dias

quanto na análise aos 30 dias. No entanto, em um pH ácido a resistência de união do MTA foi reduzida, enquanto a de BA manteve-se a mesma. Independente do meio de exposição, ambos, MTA e BA, apresentaram melhores resultados aos 30 dias em comparação ao período de 4 dias.

Çelik et al. (2013) avaliaram a interferência da presença de *smear layer* na resistência de união de três cimentos biocerâmicos (BA, MTA e MM-MTA), utilizando cento e oitenta dentes humanos como amostras. Os resultados não demonstraram diferença entre os cimentos, independente da presença de *smear layer*.

Em outra pesquisa, Shokouhinejad et al. (2013), avaliaram a força de adesão comparando MTA branco, EndoSequence Root Repair (ERRM) e BA. A partir de 60 amostras de dentes humanos, obtiveram 120 fatias de raízes, que foram padronizadas com a mesma espessura e mesmo diâmetro de canal. Após serem tratadas com EDTA, solução de hipoclorito de sódio e água destilada, foram separadas aleatoriamente em 3 grupos (um grupo para cada composto), que após terem seus canais preenchidos, foram imersos em PBS por 1 semana (subgrupo 1) e por 2 meses (subgrupo 2). Após o teste de *push-out*, percebeu-se que MTA e BA não apresentam diferença significativa na resistência ao deslocamento, mas quanto maior o tempo de imersão em PBS, melhor a adesão de ambos os cimentos.

Em contrapartida ao exposto por Shokouhinejad et al. (2013), Majeed e Alshwaimi (2016) conduziram um estudo utilizando 90 secções do terço cervical e do terço apical de raízes de dentes humanos. Após manipular os materiais conforme as orientações do fabricante, os autores submeteram as amostras ao teste de *push-out*, obtendo resultados que demonstraram um pior desempenho de BA em relação ao MTA. A resistência de união não apresentou diferença significativa entre os terços cervicais e apicais para ambos os biocerâmicos.

No trabalho de Saghiri et al. (2012), resultados similares foram apresentados, onde BA apresentou menores valores de resistência de união quando comparado ao MTA branco e ao nano-MTA branco. Neste estudo foram utilizados sessenta dentes humanos, que após o preparo dos canais radiculares, foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos, cada qual a ser tratado com um dos biocerâmicos propostos. As amostras foram em seguida imersas em PBS por 72 horas. Decorrido o tempo, as amostras foram submetidas ao teste de *push-out* demonstrando o resultado acima citado.

Outro estudo (Alsubait et al., 2014) novamente revelou a baixa capacidade de adesão de BA. Cento e vinte três amostras (secções de raiz de dentes humanos) foram preparadas, e preenchidas com os seguintes biocerâmicos: BA, Biodentine (BD) e MTA. Após 72 horas, o teste de resistência de união ao *push-out* foi aplicado e a força máxima obtida pelos materiais no momento do deslocamento foi registrado.

Em um último estudo (Ulusoy et al., 2015), 90 incisivos superiores humanos tiveram seus terços radiculares preparados com diferentes espessuras de dentina, o que determinou os grupos amostrais; grupo 1: espessura de dentina de 0,75 mm, grupo 2: espessura de dentina de 1,50 mm e grupo 3: espessura de dentina de 2,25 mm. Os grupos foram então redistribuídos em outros 2 novos subgrupos, um para BA e outro para BD, que foram utilizados para preencher os canais das amostras. Como conclusão, o estudo demonstrou que de modo geral, quanto menor a espessura de dentina menor também será a resistência de união. No entanto, BA apresentou um desempenho inferior.

3.1.1.2 Microdureza

Influenciada por várias outras propriedades físicas, a dureza de superfície consiste na capacidade do material de resistir a deformações, e reflete a qualidade e a progressão de um adequado processo de hidratação do material selador (Bolhari et al., 2014).

Grech, Mallia e Camilleri (2013), avaliaram a microdureza dos biocerâmicos. Nesse ponto, BA mostrou-se inferior quando comparada a outros biocerâmicos, apresentando microdureza similar à do IRM.

Bolhari et al. (2014) avaliaram a microdureza do BA comparativamente ao MTA, quando expostos a ambientes com pH ácido, neutro e alcalino. Foram utilizadas 90 amostras, distribuídas em 3 grupos de 30 espécimes cada, cada um exposto a um pH: ácido, neutro e alcalino. Os resultados apresentados demonstraram que a microdureza do MTA foi superior em todos os pH testados. Porém, todos demonstraram queda na microdureza quando expostos a um meio ácido.

Corroborando com os estudos apresentados, Majeed e Alshwaimi (2016), utilizaram 90 secções de raiz da porção cervical e da porção apical, que foram preenchidas com MTA e BA, e submetidas ao teste de microdureza de superfície. BA apresentou os menores valores de microdureza.

3.1.1.3 Capacidade de selamento (microinfiltração)

Özgül et al. (2014) utilizaram 32 pré-molares inferiores de animais com rizogênese completa. Os elementos foram seccionados de forma que todas as raízes ficassem com 12 mm de comprimento. Os canais foram limpos e tiveram os diâmetros igualmente padronizados. Após a instrumentação, as amostras foram distribuídas em 4 grupos, 3 utilizando *plugs* apicais de BA de 2, 4 e 12 mm, e outro grupo, utilizando um *plug* apical de MTA de 4 mm. Após a confecção do *plug*, as secções de raízes foram preenchidas com guta-percha e material obturador. Um teste de transporte de fluido modificado foi aplicado, medido ao longo de 10 minutos e convertido em volume. Como resultado, os autores observaram melhor desempenho da amostra totalmente preenchida com BA (12 mm), enquanto as amostras de 2 e 4 mm de BA e de 4 mm de MTA apresentaram capacidade de selamento semelhantes.

Bayram et al. (2015), avaliaram a capacidade de selamento dos biocerâmicos BA, MTA e Cimento Portland, de acordo com a solução irrigadora utilizada. Cento e trinta dentes humanos de canal único, previamente tratados e obturados com cones de guta-percha e cimento endodôntico, foram submetidos a apicectomia, seguido da irrigação e preenchimento da porção apical com 3 mm do cimento obturador escolhido para o grupo. As soluções irrigadoras utilizadas foram o EDTA, solução de gluconato de clorexidina a 2% (CHX-2%), mistura de um isômero de tetraciclina, um ácido e um detergente (MTAD), e por último, água destilada. O teste de microinfiltração foi realizado através do método de filtração de fluidos, e os resultados apresentados revelaram que os materiais apresentaram falhas no selamento. As amostras previamente irrigadas com CHX-2%, e com água destilada apresentaram os menores índices de infiltração. Em contrapartida, os maiores índices foram registrados nas amostras previamente irrigadas com EDTA e MTAD.

Após o preparo de 39 incisivos superiores humanos, Leal et al. (2011) conduziram um experimento no qual os elementos foram obturados com BA, MTA branco e Ceramicrete, e posteriormente, submetidos ao teste de glicose para avaliar a taxa de infiltração. Todas as amostras do grupo de controle positivo apresentaram infiltração, sendo que o material com pior desempenho foi o BA.

Como contraponto, o estudo realizado por Sayed e Saeed (2012), mostrou o melhor desempenho para o cimento BA, seguido pelo MTA branco. Sessenta incisivos superiores tiveram os canais preparados, seguido da confecção de *plugs* apicais de guta-percha (controle),

amálgama, IRM, BA e MTA branco, seguido de posterior análise de infiltração apical através da penetração por corante. Nesse caso, BD demonstrou maior capacidade de selamento.

3.1.1.4 Porosidade

Porosidade é uma característica intrínseca dos cimentos à base de silicato tricálcico (Camilleri et al., 2013). Os poros caracterizam-se pelas lacunas de grãos de cimento não hidratados (Camilleri et al., 2013). Conforme ocorre a hidratação do cimento essas lacunas passam a ser preenchidas pelo grão hidratado tendendo a diminuir a porosidade do cimento (Camilleri et al., 2013).

Volume, diâmetro de poro e área de superfície foram avaliados por Chang (2017), que comparou BA aos cimentos BD, ProRoot MTA, MTA-Angelus, Micromega MTA (MM-MTA), Ortho MTA (OMTA). Em resultado às análises apresentadas, BA ficou na penúltima posição em relação a área de superfície e volume do poro, com poros menores apenas que os do MTA-Angelus. Em relação ao diâmetro do poro, seu desempenho foi próximo ao do OMTA (11,1 nm), mas inferior ao MTA-Angelus, que apresentou os poros com menor diâmetro (9,3 nm)

O estudo publicado em 2013 por Camilleri et al., avaliou a porosidade de 4 cimentos biocerâmicos, incluindo BA. Amostras medindo 7x7x7 mm foram preparadas e após 24 horas, foram imersas em solução salina de HBSS por 28 dias. Decorrido este período, as amostras foram secas e submetidas a análise de porosidade. Como resultado, BA foi o cimento com maior taxa de porosidade (36,86%) bem como a maior porosidade por área (24.321 m²/g).

3.1.1.5 Radiopacidade

O trabalho realizado por Grech, Mallia e Camilleri (2013), já mencionado anteriormente, também avaliou a radiopacidade de cimentos à base de silicato tricálcico. Os biocerâmicos avaliados foram BD, BA, TCS-20-Z e IRM. Três amostras de 10 ± 1 mm de diâmetro e 1 ± 0,1 mm de espessura foram preparadas, imersas em solução salina balanceada de Hank (HBSS) e radiografadas no primeiro e no 28º dia de incubação. A análise demonstrou que todos os materiais apresentaram radiopacidade superior a 3 mm em relação a escala de alumínio, conforme sugerido pela norma ISO 6786 (2001). Não houve diferença significativa de radiopacidade no decorrer dos 28 dias. BA apareceu como segundo material mais radiopaco, superado apenas pelo IRM.

3.1.1.6 Resistência à compressão

Grech, Mallia, Camilleri (2013) conduziram um teste que avaliou a resistência a compressão de BA, BD, IRM e uma mistura de silicato tricálcico, óxido de zircônio e água (TCS-20-Z). O composto BA apresentou baixas taxas de resistência à compressão (16,34 MPa), inferiores até mesmo a resistência apresentada pelo IRM (20,38 MPa).

Outro trabalho publicado em 2013 por Saghiri et al., avaliou a resistência a compressão de cimentos biocerâmicos, em função de alterações de pH. O estudo contou com a análise de 30 amostras para cada material, BA, MTA branco e Nano White MTA (nano MTA branco), sendo 10 amostras para cada ambiente; A - ácido (pH 4,4); B - neutro (pH 7,4); e C - alcalino (pH 10,4). BA apresentou valores de resistência a compressão mais baixos do que o MTA branco e nano White MTA, embora todos eles tenham apresentado melhora no desempenho à medida que os valores de pH aumentaram.

O resultado de resistência a compressão avaliada por Jang et al. (2014) foi obtido através da avaliação de 6 amostras de cada material, BA, BD e MTA. Após incubação por 6 horas, as amostras foram imersas em água destilada por 24 horas, 3 e 7 dias. A resistência à compressão foi medida e calculada em MPa. BA teve os menores valores registrados independente do intervalo de tempo.

3.1.1.7 Solubilidade

Grecha, Mallia e Camilleri (2013), avaliaram a solubilidade de BA, BD, IRM e TCS-20-Z, através da imersão das amostras em HBSS, por 1 dia. As amostras tiveram as massas registradas antes e após a imersão. A determinação da solubilidade aconteceu pelo registro da diferença de massa inicial e final. BA e IRM foram os cimentos com menor taxa de solubilidade neste estudo.

Saghiri et al. (2014) avaliaram a interferência do pH na solubilidade dos cimentos BA, MTA branco e Nano-MTA. Quarenta e oito amostras foram distribuídas aleatoriamente em 3 grupos conforme o pH (A=4,4; B=7,4 e C=10,4) e redistribuídos conforme o cimento testado, além do grupo controle. O resultado da análise revelou que todos os cimentos apresentaram alta solubilidade em pH ácido, sendo que BA, foi o cimento com maior solubilidade apresentada em pH 4,4.

3.1.1.8 Tempo de presa

Grech, Mallia e Camilleri (2013) avaliaram o tempo de presa de BA, BD, TCS-20-Z e IRM utilizando aparelho Vicat. O teste foi aplicado a cada 15 minutos, a partir do término do preparo do cimento, até o momento em que a agulha utilizada não era mais capaz de realizar marcações na superfície dos cimentos. BA foi o cimento que apresentou o maior tempo de presa registrado.

Confirmando os resultados registrados no estudo anteriormente mencionado, Jang et al. (2014) realizaram o teste com BD, BA e MTA. Os autores utilizaram 10 amostras distribuídas aleatoriamente entre os cimentos mencionados, e os testes foram realizados em intervalos de tempo de 5 minutos até a agulha do equipamento não registrar mais endentações nas amostras. BA novamente apresentou o maior tempo de presa final.

Jang et al. (2014) também avaliaram os biocerâmicos BA, BD e MTA. O teste foi realizado, com repetições a cada 5 minutos, até a agulha não marcar mais a superfície dos cimentos. Esse procedimento foi repetido 10 vezes para cada material. Ao final da análise, BA apresentou tempos de presa maior que MTA e BD.

3.1.2 Biodentine

Cimento composto por silicato tricálcico, carbonato de cálcio e óxido de zircônio como radiopacificador, cálcio, sílica e zircônio, todos constituintes do pó. O líquido que o acompanha é formado por cloreto de cálcio, que diminui o tempo de presa, e um polímero hidrossolúvel que atua como agente redutor da água, além de sódio, magnésio e cloreto de cálcio (Leal et al., 2011, Grech; Mallia; Camilleri, 2013). Apresenta propriedades físico-químicas muito próximas ao do cimento Portland, e diversos estudos têm sido fundamentais para melhorias em suas propriedades (Marques et al., 2017)

3.1.2.1 Adesividade

Sabendo da importância de um bom selamento apical, assim como um bom selamento coronal para o sucesso do tratamento endodôntico, Majeed e Alshwaimi (2016) avaliaram a diferença entre a resistência de união dos cimentos BD, BA e MTA em contato com a dentina apical e cervical. Para a realização da pesquisa, as amostras foram distribuídas em três grupos, de acordo com o cimento utilizado, e redistribuídas em dois

grupos, dentina cervical e apical. Ao final do estudo, os autores puderam observar que BD apresentou a maior resistência de união quando em contato com a dentina cervical. Já em contato com a dentina apical, BD e MTA apresentaram pouca diferença, não sendo estatisticamente significante.

Resultados similares foram encontrados por Ulusoy et al. (2015), que questionaram a eficiência da adesão dos cimentos, de acordo com a espessura de dentina adjacente. Foram avaliados os cimentos BD e BA, em amostras com espessura de dentina de 0,75 mm (grupo 1), 1,5 mm (grupo 2) e 2,25 mm (grupo 3). Ao final do estudo, os autores observaram que nas amostras com menor espessura de dentina, a força de adesão foi menor, mas entre os cimentos testados, BD mostrou maior adesividade, mesmo com pouca dentina adjacente.

Nagas et al. (2017), investigaram o efeito do protocolo de irrigação na resistência ao deslocamento de *plugs* fabricados com BD e MTA em lesões de furca. Para a análise, realizaram irrigação com agulha e irrigação ativada por laser Er,Cr:YSGG, e como substância irrigante, solução de hipoclorito de sódio a 5,25% e água destilada. Concluíram que o método de irrigação não apresentou efeito negativo na resistência de união, e que dos cimentos biocerâmicos testados, BD apresentou melhor desempenho.

Um estudo conduzido por Eren, Aksel e Serper (2016) avaliou o efeito da técnica de obturação na força de adesão de diversos cimentos biocerâmicos. Para tal, os autores utilizaram 40 pré-molares humanos, que foram distribuídos de acordo com os cimentos testados: BD, MTA e MTA+CaCl₂. Os dentes foram obturados pela técnica da compactação lateral, e por uma técnica que utiliza a vibração ultrassônica acoplada ao condensador endodôntico. Revelou-se então, que o grupo preparado com auxílio da vibração ultrassônica apresentou maior eficiência de adesão. No entanto, independente da técnica de compactação utilizada, BD apresentou os melhores resultados.

Já Akcay et al. (2016), questionaram a capacidade de adesão de cimentos biocerâmicos na presença de contaminação sanguínea, como ocorre em cirurgias paraendodônticas. A amostragem foi composta por 48 incisivos humanos unirradiculares, que foram tratados endodonticamente tiveram as raízes seccionadas 3 mm aquém do ápice, simulando a apicectomia, com obturação retrógrada utilizando dois cimentos diferentes: MTA e BD. Subgrupos foram estabelecidos a partir da presença ou ausência de contaminação sanguínea. Avaliados os

grupos, foi observado que a contaminação sanguínea afetou negativamente a adesividade dos dois cimentos, no entanto, BD apresentou maior resistência de união que MTA.

Outro estudo realizado por Yazdi et al. (2017) também avaliou a resistência de união dos cimentos quando em contato com os fluidos corporais, como o sangue. Noventa e seis amostras foram utilizadas, previamente preparadas e distribuídas em quatro grupos, um para cada cimento analisado, e dois subgrupos, de acordo com o tempo de exposição ao sangue (24 e 72 horas). Dos quatro cimentos avaliados (BD, MTA, ERRM e Cimento enriquecido com cálcio - CEM), todos apresentaram maior resistência de união após 72 horas de exposição ao sangue. Do subgrupo de 72 horas de exposição, BD apresentou os melhores resultados.

Visto a necessidade de restauração do elemento dental após a terapia endodôntica, Tulumbaci et al. (2017) decidiram avaliar a resistência de união entre o cimento a base de silicato de cálcio e o material restaurador adjacente. Considera-se que o cimento ideal deve apresentar resistência de união suficiente para suportar a força de contração do material restaurador que é depositado sobre a abertura endodôntica. Para avaliar a combinação mais eficiente, os autores contaram com uma amostra composta por noventa blocos cilíndricos com um orifício central preparados com MTA (grupo 1) e BD (grupo 2), e restaurados com resina composta (grupo 1A e 2A), compômero (grupos 1B e 2B) ou ionômero de vidro modificado por resina (grupos 1C e 2C). Após a aplicação do teste de resistência ao cisalhamento, as amostras que apresentaram melhor desempenho foram as que combinaram MTA com compômero e MTA com resina composta. Os grupos combinados com BD não apresentaram tanta eficiência, expondo um possível ponto negativo de tal cimento, quando comparado ao MTA.

Çolak et al. (2016) avaliaram o desempenho da adesão de BD em relação aos sistemas adesivos aplicados previamente à restauração de uma cavidade. Foram avaliados três sistemas adesivos (BAC por Bisco & Prime Bond N & T, Clearfil S3 Bond e Adper Prompt L-Pop), que ao final do estudo interferiram negativamente na força de adesão. A amostra com melhor performance foi a que recebeu o adesivo Clearfil S3 Bond.

Na mesma linha de pensamento, Odbaş, Bani e Tirali (2013) avaliaram a adesividade de Prime & Bond, Clearfil SE Bond, e Clearfil S3 Bond em contato com BD, e conclusivamente, não foram encontradas

diferenças entre os três sistemas adesivos com BD em relação a resistência de união.

Abdelmegid et al. (2016) avaliaram os materiais Multicore Flow, Fuji II LC, BD e Smart Dentin Replacement (SDR) quanto à sua resistência ao cisalhamento quando utilizados em superfície de dentina afetada por cárie em dentes decíduos. SDR revelou os melhores resultados, em contrapartida ao BD, que teve os menores valores.

Caso haja persistência da contaminação em canais já tratados, tem-se como indicação realizar o retratamento do sistema de canais radiculares (Bayram et al., 2017). Frequentemente, solventes podem ser utilizados para facilitar a remoção da guta-percha e promover uma limpeza adequada antes do novo preenchimento do canal. Portanto, outra hipótese levantada por Bayram et al. (2017) foi, da possível interferência dos solventes na resistência de união do MTA branco, MTA em cápsula e BD. Cento e cinquenta pré-molares foram utilizados para compor a amostra e distribuídos em grupos de acordo com o solvente utilizado: Clorofórmio (grupo 1), Endosolv E (grupo 2), Eucaliptol (grupo 3), óleo de laranja (grupo 4) e sem solvente (grupo 5 - controle). Como resultado, o grupo controle de BD apresentou a maior resistência de união entre todos os grupos testados. Os grupos tratados com solvente tiveram seu desempenho comprometido, exceto para o MTA branco, que não apresentou diferença.

Raju et al. (2014) compararam a resistência ao cisalhamento de cavidades com seladas BD e cimento de ionômero de vidro, tanto em dentes decíduos, quanto em dentes permanentes. Após a análise das amostras, o cimento de ionômero de vidro revelou melhor desempenho que BD, em ambas as dentições.

Visto que os materiais substitutos de dentina estão sendo amplamente estudados, Deepa et al. (2016) consideraram seu uso associado a resinas compostas. Os autores testaram a resistência ao cisalhamento de BD, TheraCal LC e cimento de ionômero de vidro modificado por resina, condicionados com sistema adesivo Single Bond Universal (3M ESPE), e cobertos com resina composta. Ao final do estudo, a análise estatística indicou que BD apresentou os menores valores de resistência de união.

Considerando a vasta quantidade de materiais que podem ser utilizados como substitutos de dentina em restaurações e tratamentos endodônticos, Kaup et al. (2015) compararam BD, ProRoot MTA, cimento de ionômero de vidro e um compósito de resina (X-tra base

universal) para verificar qual apresentava maior adesividade à superfície dentinária. Cento e vinte amostras foram avaliadas após 2, 7 e 14 dias. Ao final do teste, a resina composta apresentou maior adesividade à dentina em todo o período, seguido por BD e cimento de ionômero de vidro, que não apresentaram diferença entre si. Por último, com menor resistência ao cisalhamento, ficou o ProRoot MTA.

Meraji & Camilleri (2017) procuraram reproduzir e avaliar a microinfiltração existente entre os materiais substitutos de dentina e a resina composta ou cimento de ionômero de vidro, depois do envelhecimento dinâmico desses materiais. Foram avaliados BD, Theracal LC e Fuji IX. Os resultados apontaram que houve a formação de uma grande fenda entre BD e cimento de ionômero de vidro. Dentre os materiais estudados, BD apresentou a menor resistência de união.

Outro estudo conduzido por Cantekin & Avci (2014) também avaliou a resistência de união de cimentos biocerâmicos com materiais rotineiramente utilizados na prática odontológica. Foram avaliados compostos à base de metacrilato (MB), compostos à base de silorano (SB) e cimento de ionômero de vidro associados ao BD e MTA. O único grupo que atingiu uma resistência ao cisalhamento adequada foi a combinação entre MB e BD. Nos demais grupos, SB e cimento de ionômero de vidro aplicados sobre o BD tiveram maior resistência do que quando testados com MTA.

Cengiz & Ulusoy (2016), realizaram análise semelhante ao dos artigos anteriores onde foram avaliadas as combinações de BD e de TheraCal LC com os materiais restauradores Fuji IX, Fuji II, Equia Fil, Vertise Flow, Filtek Bulk Fill, e Filtek Z250 (com Prime & Bond NT e com Clearfil SE Bond). Para todos os materiais testados, BD teve a menor resistência. Tal estudo revelou ainda que utilizar materiais a base de cimento de ionômero de vidro antes da restauração de resina composta pode diminuir a força de adesão.

Alkudhairy & Ahmad (2016) compararam a resistência ao cisalhamento de BD com resina Surefil (SDR), com resina reforçada por fibra, Ever X Posterior, e um restaurador bioativo. Após o preparo e análise de 40 amostras, os autores puderam demonstrar que a maior resistência ocorreu em Surefil (SDR), seguido por Ever X Posterior, restaurador bioativo, deixando BD em último lugar.

O estudo apresentado por Elnaghy em 2014, avaliou a influência do pH na resistência de união de BD e MTA branco com a dentina. Os

resultados demonstraram que ambos os cimentos foram negativamente afetados pelo baixo pH.

Frente ao lançamento de inúmeros materiais similares ao MTA com algumas propriedades melhoradas, (Silva et al., 2016) avaliaram um novo material chamado MTA HP (Angelus) em comparação ao BD e MTA branco. A partir de 5 caninos superiores humanos, os autores obtiveram 15 fatias de raiz, que foram igualmente preparadas e separadas em grupos de acordo com o cimento analisado. O teste de *push-out* aplicado nas amostras revelou que o melhor desempenho foi de BD, seguido do MTA HP, e se antecessor MTA branco.

Dawood et al. (2015) avaliaram a força de adesão de BD e MTA, após a aplicação de medicamentos intracanaís. Foram utilizados 60 dentes, distribuídos em 5 grupos de acordo com o medicamento utilizado: G1 - hidróxido de cálcio, G2 - pasta triplo antibiótico (metronidazol, ciprofloxacina e minociclina) G3 - uma combinação de amoxicilina e ácido clavulânico; G4 - uma pasta de composto antibiótico-corticóide; e G5 - nenhum medicamento (controle). Independente do medicamento intracanal utilizado, BD teve as melhores taxas de adesão. Entre os grupos tratados previamente com medicamento, o grupo tratado com hidróxido de cálcio teve maior adesão.

Guneser, Akbulut e Eldeniz (2013) compararam a força de adesão de BD, MTA, amálgama, compômero Dyract AP e IRM, como possíveis reparadores de perfuração de furca após a imersão em: solução de hipoclorito de sódio 3,5% (NaOCl), gluconato de clorexidina 2% (CHX) e solução salina. MTA apresentou a menor resistência de união, e teve a força de adesão negativamente afetada pelo tratamento prévio com CHX 2%.

No estudo de Elnaghy (2014), além do hipoclorito de sódio 5,25%, CHX gel 2% e solução salina, foram testados EDTA 17% e um irrigante chamado QMix nos cimentos BD e MTA branco. Após preenchimento das amostras com os dois cimentos, as amostras foram distribuídas de acordo com a solução irrigadora na qual ficaram submersos por 30 minutos. Após o teste de *push-out*, chegou-se à conclusão que BD teve maior resistência ao deslocamento do que MTA, e que as soluções irrigadoras não afetaram o desempenho do cimento. Apenas MTA branco teve sua resistência de união afetada pelo uso de CHX 2%.

El-Ma'aita, Qualtrough e Watts (2013) sugeriram a hipótese de que a remoção da *smear layer* pudesse interferir na capacidade de adesão de BD, MTA e Harvard MTA, em comparação com a obturação com cones

de guta-percha e AH-Plus. Para o estudo, parte das amostras teve a *smear layer* mantida e outra parte removida com irrigação de EDTA a 17% por 1 minuto, seguida de irrigação com solução de hipoclorito de sódio a 1%, e finalmente com água esterilizada. Conclusivamente, os autores relataram haver prejuízo na adesão dos cimentos biocerâmicos quando removida a camada de *smear layer*.

Assim como em outras propriedades dos cimentos, a contaminação do ambiente por fluidos corporais, pode interferir nas qualidades desejáveis dos mesmos. Por ser inevitável tal contaminação em casos de perfurações, Üstün et al. (2015) avaliaram o efeito da contaminação por sangue na resistência ao deslocamento de SupraMTA, RetroMT, MTA e BD, como cimentos reparadores de perfuração de furca. RetroMTA e MTA apresentaram os maiores valores de resistência de união, e tiveram sua resistência ao deslocamento alterada pela contaminação por sangue.

Dawood et al. (2015) avaliaram a força de adesão de BD e MTA quando adicionado aos cimentos porcentagens de fosfopeptídeos de caseína-fosfato de cálcio amorfo (CPP-ACP). Ao medir a resistência de união ao *push-out*, a adição de CPP-ACP aumentou a força de adesão dos materiais, sendo que BD apresentou a maior força.

Nagas et al. (2015) avaliaram os efeitos da medicação intracanal na força de adesão de MTA e BD. Sessenta amostras foram preparadas e preenchidas com pó de hidróxido de cálcio misturado com água destilada; uma mistura de metronidazol, ciprofloxacina e minociclina; uma combinação de amoxicilina e ácido clavulânico, ou uma pasta de composto antibiótico-corticóide. A conclusão dos autores foi que BD apresentou maior resistência de união que MTA independente da medicação intracanal utilizada. Além disso, as amostras tratadas com hidróxido de cálcio apresentaram maior resistência de união.

De-Deus et al. (2016) quantificaram a resistência ao deslocamento de BD e MTA branco, após a imersão em solução salina tamponada com fosfato (PBS) em diferentes intervalos de tempo. Sete dias caracterizando curto prazo e sessenta dias caracterizando longo prazo. BD teve melhor avaliação em relação a resistência ao *push-out*, e ambos os cimentos tiveram uma melhora significativa quando imersos em PBS.

No estudo realizado por Lucas et al. (2017), foi realizada a análise da resistência de união de BD, MTA e cimento de óxido de zinco e eugenol (ZOE) à dentina apical após obturação retrógrada. As amostras foram previamente padronizadas e tratadas com EDTA a 17% durante 3 minutos, lavadas com solução salina e secas. Corroborando com alguns

estudos aqui já citados, BD teve o melhor desempenho em comparação ao MTA e ZOE.

Aggarwal et al. (2013) compararam BD, MTA branco e MTA Plus em relação a resistência de união quando utilizados como materiais reparadores de perfuração de furca em ambiente limpo e contaminado por sangue. As análises foram realizadas em 24 horas e 7 dias, sendo que pôde-se perceber o aumento da adesividade na avaliação de 7 dias, independente do material e da presença ou ausência da contaminação por sangue. A contaminação não afetou em nenhum momento BD, que demonstrou os maiores valores de adesão em comparação aos outros materiais.

Em outro estudo, Marques et al. (2017) compararam a força de adesão de BD, ProRoot MTA e MTA como materiais de preenchimento em procedimentos retrobturadores. Ao final do teste não foram encontradas diferenças entre os cimentos biocerâmicos testados.

3.1.2.2 Microdureza

Característica testada também no estudo de Grech, Mallia e Camilleri (2013), que compararam os cimentos BD, BA, IRM e TCS-20-Z, através de testes de microdureza em amostras em forma de discos (10 mm de diâmetro x 2 mm de espessura), BD mostrou-se o cimento com melhor resultado de microdureza.

Comparando agora BD com ProRoot MTA, Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) fizeram uso de 20 amostras, dez de cada cimento, que após a manipulação de acordo com as orientações dos fabricantes, e a presa do material, as submeteu ao teste de microdureza com um marcador de diamante. Cada amostra foi medida em cinco pontos diferentes, totalizando 100 medições. BD revelou maior microdureza que ProRoot MTA, apresentando um comportamento semelhante ao da dentina humana.

Comparando agora BD com MTA branco, Elnaghy (2014) utilizaram 120 amostras para avaliar a influência da variação do pH do meio na microdureza dos cimentos. A média de dureza de superfície mais alta foi apresentada por BD após exposição a um pH de 7,4. Entretanto, esses valores diminuíram conforme o pH do ambiente tornou-se mais ácido, comprovando assim que apesar do melhor desempenho de BD, ambos os cimentos apresentam alteração em ambientes ácidos.

Utilizando de um modelo experimental de apacificação (empregando o uso de uma espuma floral embebida em PBS), Caronna et al. (2014) avaliaram a dureza de superfície de MTA branco e EndoSequence Root Repaire (ERRM), em ambiente seco e úmido, e BD apenas em ambiente seco. Ao final do experimento, pôde-se concluir que as alterações de umidade não interferiram na dureza de superfície dos materiais, mas que de modo geral, o MTA branco apresentou os melhores resultados.

Em 2016, Antonijević et al. avaliaram o efeito da adição de um radiopacificador, componentes líquidos, condicionamento ácido e bioativação em fluido corporal simulado (SBF) na microdureza de BD em comparação a outros dois cimentos experimentais de silicato de cálcio. BD apresentou os maiores valores de microdureza entre os cimentos, porém, o condicionamento ácido e a adição do radiopacificador diminuíram esses valores, enquanto o SBF aumentou a microdureza. Em relação aos componentes líquidos, sua adição não interferiu na microdureza de BD.

3.1.2.3 Capacidade de selamento (microinfiltração)

Como mencionado anteriormente, um dos aspectos para o sucesso do tratamento endodôntico é a eficiência no selamento do sistema de canais radiculares, a fim de evitar o crescimento de microrganismos e a movimentação de fluidos para seu interior (Özyürek; Demiryürek, 2016; Bhavana et al., 2015; Hiremath; Shetty; Yeli, 2017).

Hiremath, Shetty e Yeli (2017) utilizaram uma técnica de filtração de fluidos para determinar qual material apresentava melhor capacidade de selamento. Os autores avaliaram os materiais BD, MTA Plus, MTA e cimento de ionômero de vidro. Quarenta e quatro dentes foram tratados endodonticamente, e aleatoriamente distribuídos em 4 grupos, de acordo com os materiais utilizados. Os níveis de microinfiltração foram registrados em ao final de 72 horas, 1 mês e 3 meses. Ao final do estudo, MTA teve menor a taxa de microinfiltração, seguido de BD, MTA Plus e cimento de ionômero de vidro.

Soundappan et al. (2014) compararam BD e MTA com Material Restaurador Intermediário (IRM), e observaram uma melhor adaptação marginal de MTA, seguido de IRM e BD.

Cechella et al. (2017) avaliaram BD e MTA através do método de penetração de glicose, e ao término da análise de cem condutos

radiculares puderam concluir que BD apresentou maior taxa de microinfiltração apical.

Ozbay et al. (2014) fizeram a mesma comparação, utilizando, porém, como teste o método de filtração de fluidos. Os cimentos foram preparados conforme a instrução dos fabricantes e distribuídos aleatoriamente em 3 grupos: preenchidos com BD, com MTA e grupo controle, cada um contendo 7 elementos dentais. Após a imersão em fucsina, os dentes foram seccionados longitudinalmente e o comprimento de penetração do corante medido e registrado. Ao final do teste, nenhuma amostra mostrou-se totalmente selada, no entanto, as amostras preenchidas com BD apresentaram maiores valores de infiltração marginal, em conformidade com os outros estudos apresentados até então.

Um estudo *in vitro* realizado por Naik et al. (2015) testou a hipótese de que a remoção de *smear layer* antes da obturação retrógrada poderia afetar a capacidade de selamento de MTA e BD. Uma amostra composta por 60 dentes foi tratada endodônticamente, seccionada a 3 mm do ápice e distribuída em 2 grupos. O primeiro foi irrigado com MTAD e outro irrigado com solução salina. Ambos grupos foram novamente redistribuídos, agora de acordo com cimento biocerâmico utilizado. Através do método de penetração de corantes, as amostras foram avaliadas e os autores puderam observar que a remoção da *smear layer* com MTAD interferiu positivamente nos dentes tratados com BD, diminuindo a microinfiltração. Entretanto, o oposto foi observado nos dentes selados com MTA. Neste último grupo, a remoção da *smear layer* acarretou em maiores índices de infiltração.

Ainda utilizando a técnica de filtração de fluidos, BD e MTA tiveram a eficácia como material de selamento retrógrado testada. Através da análise de 80 dentes, Bani, Sungurtekin-ekçi e Odabaş (2015) constataram que ambos tiveram taxas de microinfiltração semelhantes. Em ambos, essa taxa diminuiu quando a espessura do *plug* aumentou.

Considerando que perfurações são acidentes que podem ocorrer durante o tratamento endodôntico, Övsay, Kaptan e Şahin (2017) utilizaram a técnica de infiltração de bactérias para determinar a microinfiltração na região de furca após o reparo com BD, MTA ou IRM. Os autores utilizaram a bactéria *E. faecalis* e alteraram o diâmetro do *plug* do reparo para verificar se tal fator influenciaria no resultado. Ao final do estudo, MTA demonstrou melhores resultados de selamento apical, mas tal eficácia reduziu em todos os grupos conforme o tempo foi

aumentando. Pôde-se perceber também que perfurações de menor diâmetro apresentam menor taxa de infiltração.

Agrafioti et al. (2015) compararam BD e MTA acrescentando a variável de acidez do ambiente como fator modificador da taxa de selamento apical. As amostras do estudo foram seladas e armazenadas em solução salina (grupo 1) ou ácido cítrico com pH de 5,4 (grupo 2), e foram avaliadas em intervalos de tempo de 1, 3, 6 e 24 horas, 1 ou 3 meses. Ao final do estudo, MTA demonstrou bons resultados em ambos os ambientes, enquanto BD teve a eficiência de selamento melhorada em ambiente ácido.

O estudo de Raju et al. (2014) avaliou a microinfiltração marginal de BD, e o comparou ao IRM após a aplicação em dentes permanentes e dentes decíduos. Após o preparo da cavidade, todas foram preenchidas com os materiais propostos e submetidas a penetração pelo corante azul de metileno. Após 12 horas de imersão, os dentes foram removidos do corante, seccionados longitudinalmente e a maior extensão de infiltração foi registrada. BD apresentou melhor integridade marginal, tanto em dentes decíduos, quanto em permanentes.

Butt et al. (2014) avaliaram a microinfiltração de BD e MTA branco através do método de microinfiltração de fluidos em intervalos de tempo de 4 e 24 horas, 1, 2, 4, 8 e 12 semanas. Diferenças estatísticas ocorreram apenas nos grupos em intervalo de tempo de 4 e 24 horas. Nos demais intervalos não houve diferença na capacidade de selamento.

Ramazani & Sadeghi (2016) avaliaram a microinfiltração em lesão de furca, agora em molares decíduos. Os cimentos testados foram BD, MTA e CEM, através da microinfiltração bacteriana por *E. faecalis*. Ao final do estudo, não foram encontradas diferenças entre os cimentos biocerâmicos testados.

Considerando a necessidade de bom selamento coronário para aumentar as taxas de sucesso no tratamento endodôntico, Ramezanali et al. (2017), mencionam a barreira intra-orifício como uma das melhores técnicas. Nesse contexto os autores avaliaram a microinfiltração marginal de BD, MTA e CEM. Para este experimento, foi utilizado tinta da Índia para corar, na qual as amostras ficaram imersas por 7 dias. Após a análise, o resultado expresso mostrou que não houve diferença entre os grupos.

Raskin et al. (2012) realizaram imersão em nitrato de prata e uma solução reveladora fotográfica para avaliar a microinfiltração marginal de BD em comparação à combinação de adesivos a base de resinas, uma resina composta, e cimento de ionômero de vidro modificado por resina.

Como resultado, os autores relataram que BD tem bom desempenho como material restaurador de cavidades proximais, ou revestimento cervical, não necessitando de condicionamento prévio.

No estudo conduzido por Mandava et al. (2015), a comparação envolveu a avaliação da microinfiltração de retro preparos realizados com brocas ou com pontas de ultrassom. Como materiais de preenchimento, foram testados BD, MTA e cimento de ionômero de vidro fotoativado. Ao final da discussão em torno dos resultados, os autores puderam afirmar que o uso de MTA em preparos realizados por pontas ultrassônicas apresentam menor risco de microinfiltração.

Outro grande desafio da terapia endodôntica é realizar o procedimento em elementos dentais com rizogênese incompleta. Em tais casos, é recomendado o preenchimento do canal com medicamento que permita a completa formação da raiz. Assim sendo, Srivastava et al. (2016) avaliaram a interferência de medicamentos intracanal na capacidade de selamento apical de BD. Os medicamentos testados foram a pasta de hidróxido de cálcio, digluconato de clorexidina e o monoclorofenol canforado (CMCP). O resultado demonstrou que todos os grupos apresentaram microinfiltração, em quantidades semelhantes.

Em 2015, Gupta et al. (2015) avaliaram a interferência do método de manipulação de BD na eficiência do selamento apical. No grupo 1 foram agrupadas as amostras preenchidas por BD manipulado pelo método mecânico (indicado pelo fabricante) e no grupo 2 as amostras foram preenchidas por BD manipulado manualmente. A infiltração foi testada através da imersão das amostras em azul de metileno. O grupo 1 apresentou 14 amostras sem infiltração, enquanto no grupo 2 todas as amostras apresentaram infiltração marginal. Embora ambos tenham apresentado infiltração, a extensão da infiltração foi significativamente menor no BD manipulado mecanicamente.

Através da filtração de fluídos, BD, MTA, cimento Portland (PC) e Tech Biossealer foram testados quanto à capacidade de selamento quando utilizados para selar perfurações da região de furca em molares decíduos. El-khodary et al. (2015) conduziram o estudo utilizando 50 molares decíduos, e descreveram que todos os materiais apresentam capacidade de selamento semelhantes, e que o desempenho melhorou após as primeiras 24 horas.

Já Kolmuss et al. (2017) utilizaram o método de penetração de glicose para avaliar a microinfiltração de Medcem MTA e BD em

comparação ao padrão ouro, ProRoot MTA. Dos três cimentos, MedCem MTA apresentou os melhores resultados.

Alkhudhairy & Ahmad (2016) avaliaram a microinfiltração de BD, um restaurador bioativo, a resina composta Surefil, e outra reforçada por fibra chamada Ever X Posterior. Vinte elementos dentais com cavidades classe II no lado mesial e distal foram utilizados para o teste de penetração de corante. Ao final do teste, a resina Surefil (SDR) apresentou menor taxa de microinfiltração que os outros materiais.

Chandra et al. (2014) compararam a capacidade de selamento de MTA, cimento de ionômero de vidro e BD, através da análise da adaptação marginal com o auxílio de Microscopia Eletrônica de Varredura e Confocal. Concluiu-se que BD tem a melhor adaptação marginal entre os três cimentos testados.

Considerando a possibilidade de acidentes como perfurações durante o tratamento endodôntico, Sinkar et al. (2015) avaliaram a capacidade de selamento de MTA, Retro MTA e BD em reparo de perfurações iatrogênicas na região de furca. Utilizando 35 amostras, a microinfiltração foi avaliada através da técnica de visualização da penetração de corante em espectrofotômetro ultravioleta (UV). Os resultados deste estudo demonstraram que apesar de todos terem capacidade de selamento semelhantes, BD apresentou menores taxas de infiltração.

Outro estudo conduzido por Jeevani et al. (2014), seguindo o mesmo propósito, comparou MM-MTA, BD e ERRM. Utilizando a mesma técnica e a mesma forma de análise, os autores concluíram que ERRM demonstrou melhor capacidade de selamento que BD e MM-MTA.

Um terceiro estudo publicado por Katge, Shivasharan e Patil (2016), avaliou a capacidade de selamento de BD e MTA, no reparo de perfurações de furca em dentes decíduos. Um corante diluído em água foi acrescentado sobre os cimentos inseridos nas porções radiculares das amostras. Após análise de espectrofotometria UV, ambos os cimentos apresentaram capacidade de selamento semelhantes.

Sabendo-se da melhora na capacidade antimicrobiana de BD pela adição de CHX gel 2%, Nikhil et al. (2015) avaliaram se a adição deste antimicrobiano poderia afetar a capacidade de selamento de BD. Os autores utilizaram a técnica de filtração de fluido para avaliar as amostras. A adição de CHX não só melhorou a atividade antimicrobiana, como também aumentou a capacidade de selamento de BD.

Aggarwal et al. (2015) avaliaram a adaptação marginal do cimento de ionômero de vidro modificado por resina, BD e MTA Plus como parte de restaurações classe II na técnica “sanduíche aberto”. Após serem preenchidos com o cimento, e restaurados com resina composta, sessenta amostras foram submetidas a um envelhecimento artificial e posteriormente avaliadas. Puderam concluir que BD e o cimento de ionômero de vidro apresentaram valores satisfatórios de adaptação marginal.

3.1.2.4 Porosidade

Em um estudo realizado por Camilleri et al. (2013), a porosidade de BD, BA, IRM e TCS-20-Zr foram comparados, resultando em menor porosidade para IRM (12,66%) e BD (13,44%), contra TCS-20-Zr (30,98%) e BA (36,86%). Os diâmetros dos poros também foram avaliados, e BD apresentou poros com os menores diâmetros (0,0121 μ m).

Chang (2017) também avaliou o volume e diâmetro dos poros, e a área de superfície específica dos cimentos ProRoot MTA, MTA-Angelus, Micromega MTA (MMMTA), Ortho MTA (OMTA), BA e BD. BD apresentou o menor volume de poros, mas se mostrou inferior em relação a área de superfície ocupada por poros (menor área em ProRoot MTA). Em relação ao diâmetro, revelou resultados próximos ao do MTA-Angelus, classificado como o material com menor diâmetro de poros.

3.1.2.5 Radiopacidade

Os biocerâmicos idealmente, esses cimentos devem ser facilmente distinguidos das estruturas anatômicas adjacentes à área de sua aplicação (Tanalp et al., 2013).

No estudo de Grech, Mallia e Camilleri (2013), amostras foram radiograficamente expostas no primeiro e no 28° dia de incubação. Após a revelação, as imagens foram avaliadas e a escala de cinza classificada, recebendo o número 0 para pixels absolutamente pretos e 225 para os absolutamente brancos. Todos os materiais testados, incluindo BD, superaram a recomendação da especificação ISO 6786 (2001), e apresentaram resultados entre 4 e 5 mm da escala de alumínio para os cimentos à base de trissilicato de cálcio, e 9 mm de alumínio para o IRM.

Através da análise de 60 elementos dentais, Kolmuss et al. (2017) avaliaram a radiopacidade dos cimentos BD, Medcem MTA e MTA. Destes, MTA apresentou maior radiopacidade.

Trinta amostras de BD, MTA-Angelus, MTA e IRM foram utilizadas por Poggio et al. (2015) para determinação da radiopacidade. As imagens obtidas foram digitalizadas e precisamente avaliadas de acordo com as recomendações da International Society of Clinical Densitometry (ISCD). MTA e MTA-Angelus, apresentaram as maiores densidades, enquanto BD e IRM não apresentaram diferença entre si.

Para comparar a radiopacidade de BD e ProRoot MTA, Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) utilizaram 10 amostras de cada material, que foram individualmente radiografadas de forma padronizada. As películas foram processadas de maneira automatizada e a densidade óptica avaliada, determinado o MTA branco significativamente mais radiopaco que BD.

No estudo conduzido por Tanalp et al. (2013), a comparação deu-se entre BD, MTA-Angelus e MM-MTA. As amostras foram preparadas e radiografadas. A densidade óptica foi medida em 5 pontos diferentes de cada amostra, e a média entre as medidas foi atribuída para cada uma. BD foi relativamente menos radiopaco que MTA. No entanto, não houve diferença entre MTA-Angelus e MM-MTA.

Lucas et al. (2017), avaliaram também em seu artigo a radiopacidade dos cimentos BD, MTA e ZOE. Amostras com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura foram preenchidas com os cimentos, e radiografadas ao lado de uma cunha de metal com o intuito de comparar a radiopacidade de cada cimento à cunha de alumínio. BD apresentou baixa radiopacidade em comparação ao MTA, sendo esta menor que a 3 mm em relação à escala de alumínio.

3.1.2.6 Resistência à compressão

Grech, Mallia e Camilleri (2013) avaliaram dentre inúmeras propriedades, a resistência à compressão de BD, BA, TCS-20-Z e IRM. Doze cilindros de cada material foram preparados e imersos em HBSS por 28 dias. Após a aplicação do teste, BD apresentou resistência à compressão superior a todos os materiais testados.

Jang et al. (2014) avaliaram a resistência à compressão de 10 amostras de cada cimento: BD, BA e MTA. Após 6 horas de incubação, as amostras foram imersas em água destilada por 24 horas, 3 e 7 dias. BD apresentou os maiores valores de resistência a compressão, e seu desempenho se manteve o mesmo durante todo o período avaliado.

A resistência a compressão foi avaliada por Butt et al., 2014 comparando BD e MTA branco, revelando maior resistência a compressão para BD.

No estudo conduzido por Kayahan et al. (2013) foi avaliado o efeito dos procedimentos de ataque ácido sobre a resistência a compressão de BD, cimento CEM, MTA-Angelus e MTA. Ao final do estudo, os autores concluíram que o ataque ácido não interfere na resistência a compressão de BD.

A hipótese proposta por Elnaghy (2014) foi a de que o ambiente ácido influencia na resistência a compressão final dos cimentos biocerâmicos. Para realizar este estudo, os autores compararam BD e MTA branco através do preparo e análise de 120 amostras. O resultado demonstrou que a resistência a compressão de BD é expressivamente maior do que MTA branco. Mas em ambos os materiais, ela diminui quanto mais ácido for o ambiente.

Govindaraju, Neelakantan, Gutmann (2016) decidiram avaliar se os resquícios de soluções irrigadoras deixadas no interior do sistema de canais radiculares podem influenciar na resistência a compressão de MTA branco, NeoMTA Plus (NMTA-P), MTA-Angelus e BD. Para esse teste foram utilizados como solução irrigadora solução de hipoclorito de sódio e EDTA. Comparando primeiramente os materiais entre si, BD teve uma resistência maior que os outros materiais. Quando expostos a solução de hipoclorito de sódio, não foram observadas alterações na resistência de BD, porém, em contato com superfícies tratadas com EDTA, sua resistência diminuiu.

Considerando a necessidade do material selador apresentar boa capacidade de vedação, Subramanyam & Vasantharajan (2017) avaliaram a resistência a compressão de MTA e BD quando expostos aos fluidos orais, como sangue e saliva. Esse estudo *in vitro* demonstrou que não há diferença entre BD e MTA em ambientes contaminados.

Natale et al. (2014) avaliaram a resistência a compressão de MTA, BD e Dycal. BD apresentou maior resistência a compressão e não apresentou diferença entre os intervalos de tempo testados (48 horas e 7 dias).

Visto a dificuldade da quantificação da resistência a tração em materiais frágeis, Ranjkesh et al. (2016) optaram pelo teste de resistência a tração diametral para melhor avaliação. O estudo comparou BD e MTA com cimentos a base de silicato de cálcio (CSC) com adição de flúor (F) e radiopacificador (R) em diferentes porcentagens (Bond CSC - F:3,5%

e R:0%, CSC F:3,5% e R:10%, CSC Ultrafast F:3,5% e R:20 %, e CSC com alto teor de Flúor F:15% e R:25%) no intervalo de 1, 28 e 180 dias. Ao final da análise, os cimentos biocerâmicos enriquecidos com flúor tiveram resistência a tração diametral maior que BD e MTA em todos os intervalos testados.

3.1.2.7 Resistência a fratura

O estudo *in vitro* realizado por Zhabuawala et al. (2016) avaliou a resistência a fratura de dentes com ápice imaturo e espessuras de dentina radicular menores de 1,5 mm, quando reforçados por resina composta ParaCore, BD ou por um *plug* apical de BD + guta-percha. As amostras foram avaliadas após 1 semana, e após 3 meses de tratamento, sendo a resistência semelhante nos três grupos após 1 semana. No entanto, os dentes totalmente obturados com BD exibiram uma grande redução na resistência à fratura. Já os outros dois grupos não apresentaram diferenças.

Em caso de traumas que levem à lesão e necrose pulpar de um dente com rizogênese incompleta, faz-se necessário a apicificação, que tradicionalmente é realizada através do uso de hidróxido de cálcio para permitir a formação de pontes de dentina e progredir o processo de rizogênese (Girish et al. 2017). No entanto, o uso de hidróxido de cálcio está associado a uma probabilidade de enfraquecimento da dentina levando a susceptibilidade de fratura das raízes. Buscando minimizar tal probabilidade, Girish et al. (2017) propuseram avaliar a resistência a fratura de dentes com rizogênese incompleta tratados com *plug* apical de MTA + guta-percha; preenchimento total com MTA; *plug* apical de BD + preenchimento com guta-percha, ou preenchimento total com BD. Os autores relataram aumento da resistência a fratura de dentes completamente preenchidos com ambos os cimentos.

Outra possibilidade levantada por Fiore et al. (2016) foi o uso de cimentos à base de silicato tricálcico como materiais de reforço de dentes superiores anteriores fragilizados. Os materiais testados foram BD, guta-percha e resina composta (LuxaCore Dual). Ao final do teste, os autores constataram que a resistência à fratura dos dentes preenchidos com os materiais acima citados é semelhante aos dentes que não foram endodônticamente tratados.

Ainda buscando aumentar a resistência a fratura, agora de coroas de dentes tratados endodônticamente, Hiremath et al. (2017) propuseram restaurar elementos dentais da seguinte forma: grupo 1 - BD, grupo 2 -

reforçado com tira de fibra de polietileno (Ribbond, Seattle, WA, EUA), e posteriormente restaurado com compósito nanohíbrido (Nexcomp, METABIOMED, Chungbuk, Coreia do Sul) e grupo 3 - cavidade preenchida por um compósito reforçado com fibras (everX Posterior, Dentsply, Mumbai, Índia) como base e camada oclusal de 1 mm de Filtek A Z350 XT (3M ESPE, Bangalore, Índia) Como grupo controle (4) foram utilizados dentes não submetidos ao preparo cavitário. Não houve diferença entre os grupos 2, 3 e 4. Desta foram, concluiu-se que reforços em fibra e compósitos reforçados podem ser considerados alternativas viáveis para o aumento da resistência a fratura.

Utilizando a mesma proposta e objetivo do estudo anterior, Elnaghy & Elsaka (2015) avaliaram apenas o uso de BD e MTA branco. Os resultados foram similares, não demonstrando diferença entre os dois grupos.

Subash et al. (2017) avaliaram a resistência a fratura de BD, cimento de ionômero de vidro modificado por resina e resina composta híbrida, como cimentos para fixação de pinos de fibra de vidro. Apesar de ser mais biocompatível, BD não mostrou ser um bom substituto para cimentos resinosos.

Um estudo comparando amostras de BD, MTA e ZOE aplicou sobre os cimentos uma força máxima possível, até a fratura. Como resultado, Lucas et al. (2017) relataram que BD apresentou maior resistência a fratura do que o MTA após 21 dias de incubação.

Em 2016, outro artigo avaliando resistência a fratura de BD, ThereCal LC, MTA e hidróxido de cálcio foi publicado. Os autores, Nielsen et al. (2016), questionaram a capacidade destes materiais em resistir às forças exercidas pelos materiais restauradores em função sobre eles. A análise foi realizada em 15 minutos, 3 e 24 horas após a manipulação dos materiais. ThereCal LC apresentou melhor desempenho, entretanto, após 3 horas, BD mostrou-se mais capaz de resistir aos esforços exercidos sobre ele.

3.1.2.8 Solubilidade

Em 2017, Kolmuss et al. (2017) avaliaram a solubilidade de três cimentos biocerâmicos, de acordo com a norma EN-ISO 6878. Foram testados, BD, Medcem MTA e ProRoot MTA. Os resultados expostos pelos autores revelaram menor solubilidade para o cimento Medcem MTA, revelando um possível substituto para o MTA.

Poggio et al. (2015) avaliaram a solubilidade de BD, MTA-Angelus, MTA e IRM. Os resultados obtidos demonstraram que todos os materiais oferecem uma baixa solubilidade, estando de acordo com a norma ISO 6876. Com exceção do IRM, todos apresentaram solubilidade semelhante.

Um estudo *in vitro* realizado por Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015), testou a solubilidade de BD em comparação ao MTA. O teste de solubilidade seguiu a norma ISO 6876:2001, e foi realizada em pH controlado de 7,4. Apesar de ambos cumprirem a norma anteriormente citada, BD foi mais solúvel que MTA.

Gandolfi et al. (2014) avaliaram a solubilidade de cimentos a base de silicato de cálcio (MTA, MTA Plus, BD, Tech Biosealer capping e TheraCal) versus os cimentos a base de hidróxido de cálcio (Calxyl, Dycal, Life, Lime-Lite). O estudo demonstrou que os materiais a base de silicato de cálcio apresentaram altos valores de solubilidade. Entre eles, o menos solúvel foi ThereCal.

Camilleri et al. (2013) investigaram a solubilidade de BD, BA, IRM e TCS -Zr. As amostras foram pesadas antes e depois da imersão em HBSS, suas massas registradas e analisadas. Os testes revelaram que os cimentos apresentaram valores de solubilidade muito parecidos, não sendo possível qualificá-los como mais ou menos solúveis.

No artigo já mencionado de Dawood et al. (2015), foi avaliada a solubilidade de BD em comparação com MTA e um MTA experimental (GCMTA). A eles foi adicionado CPP-ACP em diferentes concentrações com o objetivo de aumentar a liberação de cálcio. BD apresentou maior solubilidade que os outros materiais após a inclusão de CPP-ACP.

Torres et al. (2017) avaliaram a solubilidade de BD, MTA e ZOE. As amostras foram imersas em água deionizada e pesadas a cada 24 horas até suas massas estabilizarem. Ao final deste teste, as massas foram comparadas, e BD foi avaliado como tendo a maior solubilidade dentre os materiais testados.

Subash et al. (2017) avaliaram esta propriedade física de BD, cimento de ionômero de vidro, IRM e MTA em intervalos de tempo de 1, 3, 10, 30 e 60 dias. Através de 30 amostras preenchidas pelos materiais citados, os autores puderam relatar que BD não apresentou diferença nas primeiras 24 horas, 3 e 10 dias, mas teve um aumento significativo da solubilidade nos outros períodos do teste.

3.1.2.9 Tempo de presa

Grech; Mallia; Camilleri (2013) avaliaram amostras de BD, e as comparou com outros três cimentos comumente utilizados em endodontia. O tempo de presa foi mensurado a cada 15 minutos, desde a completa mistura dos cimentos até o momento em que a agulha utilizada para testar as amostras deixou de marcar a superfície das mesmas. Ao final da análise, BD apresentou o menor tempo de presa dentre os cimentos a base de silicato tricálcico.

Corroborando com os resultados, outro artigo realizado no ano seguinte por Jang et al. (2014), avaliou 10 amostras distribuídas em três grupos: BD, BA e MTA. O intervalo de tempo entre a aplicação da pressão teste foi de 5 minutos, até não haver mais registro circular completo da agulha sobre o cimento. BD novamente apresentou o melhor desempenho.

Kolmuss et al. (2017) compararam o tempo de presa dos cimentos BD, Medcem MTA e MTA. Dentre eles, BD apresentou menor tempo de presa, alcançando apenas 12 minutos necessários para a presa inicial.

Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) publicaram seu estudo avaliando o tempo de presa de BD e MTA. Seguindo as normas ISO 6876:2001, os autores utilizaram um pino marcador que tocava a superfície dos cimentos a cada minuto, sendo repetido o processo até não haver mais marcação na superfície das amostras. Apesar do tempo de presa de BD ter sido sete vezes maior do que o especificado pelo fabricante, ainda tomou presa mais rápido que o MTA.

Avaliado juntamente com outras propriedades por Butt et al. (2014), o tempo de presa de BD e MTA branco foram comparados com o auxílio de uma agulha Vicat. O tempo de presa de ambos os materiais foram similares.

BD, BA e MTA foram avaliados por Jang, et al., (2014) e o teste consistiu em utilizar o aparelho Vicat a cada 5 minutos até que a agulha não fizesse mais endentações na superfície do material testado. Esse procedimento foi repetido 10 vezes para cada material. Como resultado, os autores puderam confirmar que BD apresenta os menores tempos de presa, quando comparado ao BA e MTA.

Dawood et al. (2015) verificaram se a adição de CPP-ACP alterou o tempo de presa de BD, MTA e GCMTA. O teste consistiu em marcar a superfície das amostras com uma agulha específica a cada 3 minutos durante os primeiros 30 minutos; a cada 5 minutos, durante os 90 minutos seguintes, e a cada 15 minutos, até não ser possível marcar mais o a

superfície dos cimentos. Feita a análise, constatou-se que a adição deste composto altera o tempo de presa de todos os cimentos, deixando-os com o tempo de presa mais extenso.

Alhodiry, Lyons e Chadwick (2014) consideraram a influência de contaminação por sangue e saliva no tempo de presa dos cimentos Portland cinza puro e BD. Após a análise, conclui-se que houve interferência no tempo final de ambos os cimentos, independente do contaminante. Porém, BD teve um tempo de endurecimento menor que Portland cinza puro, independente da amostra estar contaminada ou não.

Na avaliação realizada por Lucas et al. (2017), através das endentações de agulha de Gillmore sobre amostras de BD, MTA e ZOE, constatou-se que BD teve o menor tempo de presa, atingindo sua presa inicial aos 16 minutos

3.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS

Na Tabela 2 podemos ver um sumário dos artigos selecionados onde foram avaliadas as propriedades químicas dos cimentos biocerâmicos BioAggregate e Biodentine.

Tabela 2 - Sumário dos artigos selecionados onde foram avaliadas as propriedades químicas de BioAggregate e Biodentine em comparação ao MTA.

Propriedade Químicas	Cimento	
Atividade Antimicrobiana	BA	BD
	Zhang, Pappen e Haapasalo (2009)	Nikhil et al. (2014) Poggio et al. (2015) Koruyucu et al. (2015), Bhavana et al. (2015) Poggio et al. (2015) Özyürek e Demiryürek (2016) Tsisis et al. (2017) Farrugia et al. (2017) Arias-moliz et al. (2017)
Liberação íons de Cálcio	Grech, Mallia e Camilleri (2013), Camilleri, Sorrentino e Damidot (2014)	Grech, Mallia e Camilleri (2013) Natale et al. (2014) Gandolfi et al. (2014) Dawood et al. (2015) Gong e França(2017) Aksoy, Oz e Orhan (2017)
pH	Grech, Mallia e Camilleri (2013)	Grech, Mallia e Camilleri (2013) Poggio et al. (2015) Lucas et al. (2017)

Tão importante quanto a análise das propriedades físicas, é a análise das propriedades químicas dos cimentos biocerâmicos. O potencial antimicrobiano, a liberação de íons e o pH, podem ser fatores

determinantes para aumentar a taxa de sucesso do tratamento (Grech, Mallia, Camilleri; 2013. Farrugia et al., 2017. Tsisis et al., 2017).

3.2.1 BioAggregate

3.2.1.1 Atividade Antimicrobiana

Uma das características desejáveis de um cimento biocerâmico é sua capacidade de impedir que bactérias ainda existentes, e lipopolissacarídeos, subprodutos do metabolismo bacteriano, penetrem e se difundam pelo sistema de canais radiculares (Zhang; Pappen; Haapasalo, 2009)

A fim de testar tal capacidade em compostos como o BA e MTA, é que os autores Zhang, Pappen e Haapasalo (2009) realizaram um estudo com colônias de *Enterococcus faecalis*, isolados de um caso de periodontite apical persistente, purificadas e ajustadas para a densidade de 3×10^7 UFC/ml. As suspensões bacterianas foram misturadas com os cimentos previamente preparados, distribuídos da seguinte forma: pó fresco, material preparado conforme fabricante, e esmagado em partículas de tamanho próximo às do pó fresco, blocos de material não triturado e água estéril sem qualquer cimento (controle positivo). Após incubação à temperatura ambiente durante 1, 6, 15, 60 minutos e 4 horas, a sobrevivência das bactérias nas soluções foi avaliada por diluições. Após análise, os autores observaram que após 1 minuto, 99% das bactérias já haviam sido mortas, e após 15 minutos, menos de 1% das bactérias sobreviveram à exposição. Ambos os cimentos apresentam a mesma eficiência antimicrobiana.

3.2.1.2 Liberação de íons de cálcio

Um estudo realizado no ano de 2014 por Camilleri, Sorrentino e Damidot comparou a composição química, área de superfície, mineralogia e cinética de hidratação dos cimentos BA em comparação ao MTA nas formas hidratados e não hidratados. Como resultado específico da liberação dos íons de cálcio, BA comportou-se de forma antagônica ao MTA. MTA teve um baixo índice de liberação de íons de cálcio, que aumentou gradativamente conforme o material foi envelhecendo. Já BA, teve alto índice de liberação precoce, que foi mantido por 28 dias, não sendo evidente a perda de íons conforme o envelhecimento do material.

Em contrapartida outra análise realizada um ano antes, por Grech, Mallia e Camilleri (2013), comparou a liberação de íons de cálcio entre BA, BD, IRM e TCS-20-Z. A análise revelou que apesar de todos mostrarem um aumento da liberação dos íons cálcio a partir do primeiro dia, e atingir seu patamar por volta do 14º dia, mantendo tais valores no intervalo seguinte, BA foi o cimento com menor índice de cálcio em solução dentre os cimentos à base de silicato tricálcico avaliados (446,67 ppm⁻¹).

3.2.1.3 pH

Para análise do pH Grech, Mallia e Camilleri (2013) utilizaram um medidor de pH cerâmico de junção única para verificar as amostras. Os autores avaliaram BA, BD, IRM e TCS-20-Z. Os resultados foram medidos no intervalo de 1, 7, 14, 21 e 28 dias. Após a análise, todos os cimentos à base de silicato tricálcico apresentaram valores de pH próximo a 12, enquanto o IRM revelou o pH mais baixo, próximo a 9, em todos os intervalos de tempo.

3.2.2 Biodentine

3.2.2.1 Atividade antimicrobiana

O sucesso do tratamento endodôntico está diretamente ligado a ausência de microrganismos e sua reprodução no interior do sistema de canais radiculares. Por isso, a eficácia na limpeza e desinfecção, associado a uma boa vedação desse sistema são fatores cruciais (Özyürek; Demiryürek, 2016; Bhavana et al., 2015). Neste contexto, lançar mão de materiais que tenham atividade antimicrobiana, é vital para aumentar a taxa de sucesso dos tratamentos (Farrugia et al., 2017; Koruyucu et al., 2015, Özyürek; Demiryürek, 2016).

Arias-moliz et al. (2017) apresentaram em seu estudo a avaliação da eficiência de uma resina fotoativável experimental; resina fotoativável experimental contendo silicato tricálcico na proporção de 60:40; resina fotoativável experimental contendo silicato tricálcico na proporção de 60:40 mais 20% de óxido de tântalo; Theracal e BD, contra *S. mutans*, *S. gordonii* e *S. sobrinus*. Após a realização do teste, todas as amostras indicaram ausência de atividade antimicrobiana.

Farrugia et al. (2017) avaliaram a atividade antimicrobiana de BD em comparação com o cimento de ionômero de vidro, cimento de ionômero de vidro modificado por resina, resina composta, e compômero.

Os testes realizados foram de difusão em ágar para a bactéria *S. mutans*. As amostras foram colocadas em uma placa com cultura celular, e incubadas em condições anaeróbias por 24 horas. BD apresentou adequada atividade antimicrobiana.

O estudo realizado por Poggio et al. (2015) teve como objetivo avaliar a eficiência antimicrobiana de seis materiais: Dycal (Dentsply), Calcicur (Voco), Calcimol LC (Voco), TheraCal LC (Bisco), MTA-Angelus (Angelus) e BD (Septodont), através do teste de difusão em ágar, utilizando culturas de *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus sanguis* e *Streptococcus mutans*. Após a incubação, BD revelou a maior taxa de inibição de *S. salivarius* entre todos os materiais, eficácia média contra *S. sanguis*, ficando abaixo de Dycal e Calcicur, e baixa taxa de inibição de crescimento de *S. mutans*.

Já o estudo apresentado por Koruyucu et al. (2015) foi específico para *Enterococcus faecalis*, visto que este patógeno tem sido frequentemente associado a dentes tratados endodonticamente que apresentaram insucesso e/ou alterações periapicais posteriores. Foram avaliados os cimentos BD, MTA e Dycal. MTA apresentou maior eficácia quando recém misturado e após 24 horas. Após 1 semana, MTA e BD apresentaram inibição da atividade bacteriana similares.

Utilizando outras amostras de bactérias, Özyürek & Demiryürek (2016) compararam a atividade antimicrobiana de BD e MTA. Os autores utilizaram cultura de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aureus*, *Escherichia coli*, e *Enterococcus faecium* inoculadas primeiramente em meio líquido e posteriormente em ágar através da técnica de placa de dispersão. Após a incubação, as amostras testadas revelaram que BD apresentou maior atividade antimicrobiana contra *E. coli* e *S. aureus*, porém, sua eficácia foi reduzida contra *P. aureus* e *E. faecium*.

Em outro estudo, Bhavana et al. (2015) compararam a atividade antifúngica e antibacteriana de BD, MTA e cimento de ionômero de vidro. Para isso, utilizaram amostras de *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia. coli* e *Candida albicans* inoculadas e avaliadas pelo teste de difusão em ágar. BD teve a maior eficácia registrada entre os cimentos testados, embora todos apresentassem maior atividade contra *S. mutans* do que para os outros microrganismos.

Através do teste de difusão em disco de ágar, Poggio et al. (2015) avaliaram a atividade antibacteriana de BD, MTA-Angelus, ProRoot MTA e IRM, contra sevas de *Streptococcus mutans*, *Streptococcus salivarius* e *Streptococcus sanguis*. BD mostrou maior halo de inibição

quando testado para *S. sanguis*, porém, apresentou uma baixa efetividade contra *S. salivarius*, e nenhuma efetividade contra *S. mutans*.

Através de Microscopia Eletrônica de Varredura e Confocal, Tsesis et al. (2017) analisaram a colonização de *Enterococcus faecalis*, na porção apical de amostras tratadas com os cimentos BD, MTA e IRM. Todos os cimentos apresentaram algum nível de infiltração, porém, quando analisadas bactérias vivas versus bactérias mortas, BD e IRM apresentaram maior número de microrganismos mortos.

Sabendo-se da ampla ação antibacteriana da clorexidina 2% e do potente efeito antibiótico da Doxiciclina, Nikhil et al. (2014) testaram a adição desses dois agentes ao BD frente aos microrganismos *S. mutans*, *E. faecalis*, *C. albicans* e *S. aureus*. Os autores demonstraram que a adição de clorexidina aumentou a eficiência do BD, enquanto que a adição de Doxiciclina, diminuiu seus efeitos antimicrobianos quando comparado a formulação original do BD.

3.2.2.2 Liberação de íons de cálcio

O estudo realizado em 2013 por Grech, Mallia e Camilleri, comparou a liberação de íons de cálcio entre BD, BA, IRM e uma mistura de silicato tricálcico, óxido de zircônio e água, no intervalo entre 1 e 28 dias. BD, assim como os outros cimentos, teve o início da liberação no primeiro dia de análise, atingindo seu maior índice no 14º dia (1063.33 ppm⁻¹). BD foi o cimento que apresentou a maior liberação de íons de cálcio.

No trabalho de Gong & França, publicado em 2017, a avaliação da liberação de íons cálcio ocorreu em amostras de TheraCal, MTA, BD e Dycal. Para a análise, foi utilizada Espectroscopia de Energia Dispersiva por Raio-X (EDX). Os resultados finais apontaram que BD teve a maior quantidade de cálcio liberada, seguida por Dycal, MTA e TheraCal. Esse composto apresentou 15% de cálcio nas camadas iniciais, e duplicou a porcentagem nas camadas analisadas subsequentemente.

O estudo conduzido por Aksoy, Oz, Orhan (2017), também avaliou a liberação de íons cálcio de materiais utilizados para capeamento pulpar: BD, MTA, TheraCal LC e Calcimol. Através de espectrometria de emissão óptica realizada 24 horas, 7 e 28 dias após o preparo das amostras, os autores demonstraram que embora a liberação de íons cálcio tenha aumentado nos primeiros 7 dias para todos os materiais, BD e TheraCal LC apresentaram níveis elevados de liberação.

Natale et al. (2014) compararam a liberação de íons de cálcio de Dycal, MTA e BD em pH 5,5 e em pH 7,0, no intervalo de 7, 14, 21 e 28 dias. MTA e BD tiveram quantidades semelhantes de íons liberados, maiores que em Dycal. De modo geral, BD liberou mais íons cálcio em pH 7,0. Em contrapartida, o pH não influenciou a liberação de íons de Dycal e MTA.

Através da análise de uma extensa lista, incluindo materiais à base de hidróxido de cálcio (Calxyl, Dycal, Life, e Lime-Lite), e materiais à base de silicato de cálcio (MTA, MTA-Angelus, MTA Plus, BD, Tech Biosealer Capping, e TheraCal), Gandolfi et al. (2014) concluíram que todos os materiais a base de silicato de cálcio liberaram mais íons cálcio, e dentre eles, Tech Biosealer Capping, MTA Plus e BD apresentaram os melhores resultados.

Com o intuito de aumentar a liberação de íons cálcio, Dawood et al. (2015) adicionaram CPP-ACP em diferentes concentrações aos cimentos BD, MTA e GCMTA. Pôde-se perceber que a adição de CPP-ACP até 1% em BD melhorou a liberação de íons cálcio sem alterar significativamente outras propriedades físicas do cimento biocerâmico.

3.2.2.3 pH

O estudo conduzido por Grech, Mallia, Camilleri (2013) comparou o pH dos cimentos BD, BA, IRM. A análise verificou a concentração da solução em 1, 7, 14, 21 e 28 dias, e como resultado, demonstrou que todos os cimentos apresentaram pH em torno de 12, em todos os períodos testados. Apenas IRM teve valores de pH menores (em torno de 9).

Através do estudo comparativo realizado por Poggio et al. (2015) com os cimentos BD, MTA-Angelus, MTA e IRM, relatou-se que todos os materiais provocaram um pH extremamente alcalino no meio nas 3 primeiras horas de análise. MTA apresentou o pH mais alto entre os materiais testados.

Lucas et al. (2017) registraram as variações dos íons de hidrogênio no intervalo de 3, 12, e 24 horas, 7, 14 e 21 dias após a mistura dos cimentos BD, MTA e ZOE. O maior valor alcalino foi registrado no 7º dia, com diminuição da alcalinidade nos períodos seguintes. Esse pico seguido de declínio foi observado tanto para o MTA, quanto para o BD. No entanto, BD obteve os maiores valores de pH registrados.

4 DISCUSSÃO

Algumas desvantagens apresentadas pelo MTA contribuíram para que a busca por cimentos biocerâmicos com propriedades ideais se intensificasse, possibilitando o surgimento de novos materiais (Valentim et al., 2016). BioAggregate e Biodentine, cimentos biocerâmicos surgidos após o MTA, apresentam composição química semelhante. Entretanto, as poucas diferenças que possuem entre si têm papel relevante em suas propriedades físicas e químicas.

Uma adequada resistência à compressão é uma propriedade invariavelmente necessária para materiais que terão que resistir a forças aplicadas externamente ao dente tratado (Grech, Mallia, Camilleri, 2013). Os artigos encontrados sobre a resistência à compressão de BA, apresentaram resultados semelhantes entre si, indicando uma baixa resistência quando comparado ao MTA (Grech, Mallia, Camilleri, 2013; Jang et al., 2014). Em contrapartida, BD foi positivamente avaliado pela maior parte dos estudos levantados, embora alguns não tenham encontrado diferenças entre ele e MTA (Kayahan et al., 2013; Govindaraju, Neelakantan, Gutmann, 2016).

BD e MTA apresentam em sua composição aluminato de cálcio (ausente em BA), um composto altamente reativo, que interage rapidamente com a água, sendo capaz de aumentar significativamente a taxa de hidratação dos cimentos e, conseqüentemente, também a resistência mecânica inicial (Güven et al., 2014). Outro ponto a ser considerado, é a diferença de tamanho de partícula entre os cimentos testados. Quanto menor a partícula de cimento, maior o potencial de penetração da água na massa do cimento, fator este que pode ser atribuído ao melhor desempenho do BD (Ulusoy et al., 2015).

Da mesma forma, uma boa capacidade de selamento de um material utilizado no tratamento de perfurações e obturações retrógradas é imprescindível para o sucesso do tratamento (Raju et al., 2014; Torres et al. 2017). A possibilidade de formação de cristais de hidroxiapatita (apatita carbonatada) entre o cimento selador e as paredes de dentina constitui um bom amparo para explicar o bom desempenho de biocerâmicos à base de silicato de cálcio (Raju et al., 2014; Torres et al. 2017). A microinfiltração pode ser testada por diversos meios como a filtração de fluidos e glicose, penetração por corante, infiltração por bactéria, entre outros (Aggarwal et al., 2015; Nikhil et al., 2015; Gupta et al., 2015; Agrafioti et al., 2015; Bani, Sungurtekin-ekçi, Odabaş, 2015; Naik et al., 2015). De modo geral, ambos os cimentos avaliados aqui, tiveram maior taxa de microinfiltração do que MTA. Fatores como

remoção da *smear layer*, aumento na espessura do *plug* utilizado, alteração de pH (mais ácido), associação com a clorexidina e técnica de manipulação levaram BD a apresentar taxas de infiltração baixas, porém, ainda não inferiores ao MTA (Aggarwal et al., 2015; Nikhil et al., 2015; Gupta et al., 2015; Agrafioti et al., 2015; Bani, Sungurtekin-ekçi, Odabaş, 2015; Naik et al., 2015). Por outro lado, BA apresentou maiores taxas de infiltração, podendo ser alterada de acordo com a solução irrigadora utilizada conforme o estudo de Bayram et al. (2015). Os dados levantados no presente estudo sugerem que MTA continua sendo a melhor escolha no quesito capacidade de selamento.

Inúmeros testes podem ser utilizados para avaliar a resistencia de união de um material (Lotfi et al., 2014). Especialmente na Endodontia, a forma como os cimentos são utilizados exige que estes apresentem boa adesividade ao substrato dentinário, uma vez que forças geradas pelo estresse mastigatório podem deslocar o material, tornando o prognóstico do tratamento não favorável (Lotfi et al., 2014; Reyhani et al., 2017)

BA é representado com adesividade inferior em 5 dos 7 estudos relacionados a ele, enquanto que BD, além de muito mais estudado, apresentou em sua maioria, avaliações superiores ou iguais ao MTA. Novamente, fatores como tamanho da partícula do material e o tamanho, número e direção dos túbulos dentinários aos quais o cimento teve contato, podem ser considerados (Tulumbaci et al., 2017). O tamanho de partícula reduzido de BD pode ser responsável pela formação de uma ligação com a dentina radicular chamado *tag-like*, que promove uma melhor adesão micromecânica entre biocerâmico e substrato dentinário (Tulumbaci et al., 2017). Entretanto, fatores como a quantidade de tecido dentinário remanescente após a instrumentação do canal radicular, a presença de área de reabsorção, que expõem o material a um substrato menos favorável, podem influenciar o desempenho clínico deste biocerâmico (Ulusoy et al., 2015). O fato de BD apresentar uma maior quantidade de hidróxido de cálcio em sua composição (presente tanto no pó, quanto no líquido) também pode justificar os achados desta revisão, visto que os cristais de fosfato de cálcio são hidratados, e preenchem lacunas entre a camada de cimento e a dentina, aumentando sua adesividade (Marques et al. 2017; Lucas et al. 2017).

Outros detalhes importantes que buscam simular as condições clínicas são a remoção da *smear layer*, a exposição a fluidos teciduais e a contaminação por sangue e saliva (El-ma'aita, Qualtrough e Watts, 2013; Poggio et al., 2015). A *smear layer* consiste em um resíduo orgânico e

inorgânico, resultante da degradação pulpar, morte de microrganismos e raspas de dentina oriundas da instrumentação do canal radicular (El-ma'aita, Qualtrough e Watts, 2013). Essa camada é amplamente mencionada na literatura como um fator que dificulta a penetração de cimentos e medicação intracanal, e tem capacidade de reter microrganismos no interior dos túbulos dentinários (El-ma'aita, Qualtrough e Watts, 2013). Dessa forma, a presença da *smear layer* pode ser um fator de diminuição da capacidade de adesão dos cimentos à base de silicato de cálcio (El-ma'aita, Qualtrough e Watts, 2013).

Apresentar atividade antimicrobiana é muito relevante para os cimentos endodônticos, pois os microrganismos são os primeiros agentes etiológicos das doenças pulpares (Poggio et al., 2015). E nesse quesito os cimentos biocerâmicos tem demonstrado resultados controversos. No estudo de Tawil et al. (2015), o MTA apresentou pouco efeito sobre bactérias facultativas, e nenhum efeito sobre as bactérias anaeróbicas estritas. Dos artigos levantados neste estudo, apenas o estudo de Arias-moliz et al. (2017) indicou efetividade de BD sobre todos os microrganismos testados (*S. mutans*, *S. gordonii* e *S. sobrinus*). Os demais artigos apresentaram falha do cimento contra algumas das bactérias testadas, revelando resultados duvidosos quanto a efetividade dos mesmos. Para BA, um único artigo foi encontrado e assemelha a eficiência antimicrobiana ao padrão-ouro: MTA (Arias-moliz et al., 2017). A capacidade dos biocerâmicos em aumentar o pH do meio é um dos fatores mais ligados à sua capacidade antimicrobiana (Arias-moliz et al., 2017). A alcalinidade do meio é eficaz na inibição do crescimento dos microrganismos. (Kaur, 2017). Porém, a diversidade de resultados pode ser decorrente da inúmera quantidade de tipos de microrganismos testados. Nikhil et al. (2014) encontraram melhores resultados quando acrescentando clorexidina ao BD, deixando assim uma lacuna para possíveis estudos futuros.

Como citado anteriormente, uma propriedade inerente aos biocerâmicos consiste na capacidade de alcalinizar o meio. Considerando que as áreas que contém inflamação revelam predominantemente um pH ácido, essa propriedade torna-se uma grande aliada para o controle das inflamações de origem pulpar (Jang et al., 2014). Durante seu processo de hidratação, MTA libera uma grande concentração de íons cálcio, provenientes do hidróxido de cálcio e da decomposição do silicato de cálcio hidratado, fazendo com que os íons hidroxila aumentem o pH do meio (Jang et al., 2014). Para BA, o pH encontrado foi próximo a 12,

equivalente ao do MTA. Para os estudos realizados com BD, em todos o pH revelado foi alcalino, confirmando esta importante propriedade dos cimentos biocerâmicos.

A liberação de íons de cálcio foi analisada por seis autores para BD (Grech, Mallia e Camilleri, 2013; Natale et al., 2014; Gandolfi et al., 2014; Dawood et al., 2015; Gong e França, 2017; Aksoy, Oz e Orhan 2017) Em todos os estudos analisados nesta revisão, BD apresentou os maiores níveis de liberação de íons cálcio, ou se igualou aos outros materiais testados, como MTA e ThereCal LC. Nos estudos que compararam a liberação ao longo do período, pôde-se perceber que para BD a liberação aumentou a partir do 7º dia (Rajasekharan et al., 2018). Esse maior índice de liberação de íons cálcio pode ser atribuído ao fato de BD apresentar mais cálcio disponível em sua composição (Rajasekharan et al., 2018). Com apenas dois artigos encontrados para a liberação dos íons de cálcio de BA, não é possível delimitarmos um resultado, visto que a liberação é descrita de forma antagônica. É evidente a necessidade de exploração desse tópico em outros estudos, de forma que os resultados possam se apresentar de maneira mais concisa.

Porosidade é uma característica inerente aos cimentos e é decorrente de lacunas que restam entre grãos não hidratados (Malkondu, Kazandağ e Kazazoğlu, 2014). Está diretamente relacionada a outras características como adsorção, permeabilidade, força e densidade (Malkondu, Kazandağ e Kazazoğlu, 2014). A medida em que o tempo de presa do cimento vai passando, a tendência é de que um maior número de grãos seja hidratado, e a porosidade do cimento diminua (Camilleri et al., 2013). No entanto a porosidade também está relacionada com a proporção pó/água, e a quantidade de bolhas de ar incorporadas à mistura durante o preparo (Parirokh & Torabinejad, 2010). Se há excesso de água na mistura, a água que não foi utilizada deixa uma lacuna na microestrutura do cimento (Camilleri et al., 2013).

A microdureza de superfície foi avaliada por 5 autores para os cimentos propostos (Grech, Mallia e Camilleri, 2013; Bolhari et al., 2014; Majeed e Alshwaimi, 2016; Elnaghy, 2014; Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015). Para BA, os três estudos confirmaram menor microdureza, inclusive simulando o pH dos tecidos perirradiculares (Bolhari et al., 2014). Para BD, os artigos demonstraram que este apresenta maior dureza de superfície que MTA, sendo semelhante a dentina humana (Grech, Mallia e Camilleri, 2013; Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015; Elnaghy, 2014; Kaur et al., 2017). Apesar de alta,

demonstrou-se também que essa capacidade pode ser alterada pela variação de pH. Como está diretamente ligada a capacidade de hidratação do cimento, BD apresentou um desempenho superior por necessitar de uma baixa quantidade de água, e apresentar uma boa hidratação atribuída ao polímero presente em sua composição, além da correta proporção água/pó devido a sua forma de comercialização em cápsulas (Rajasekharan et al., 2014; Dawood et al., 2015).

Uma radiopacidade adequada é de suma relevância, considerada a necessidade em se distinguir tecidos ósseos e dentais do cimento utilizado no tratamento (Tanalp et al., 2013). Buscando a padronização da radiopacidade a International Organization for Standardization (ISO 6876:2001), estabelece 3 mm da escala de Al como o valor mínimo de radiopacidade para cimentos endodônticos (Tanalp et al., 2013; Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015).

BD apresentou valores muito baixos de radiopacidade quando comparados ao BA ou ao MTA, mesmo estando dentro do limite mínimo exigido pela norma ISO (ISO 6876:2001) (Tanalp et al., 2013; Poggio et al., 2015; Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015; Kolmuss et al., 2017; Lucas et al., 2017). Essa variação nos valores de radiopacidade pode ser decorrente do tipo de radiopacificador utilizado em cada biocerâmico (Tanalp et al., 2013). Apesar de ser mais biocompatível, o óxido de zircônio, radiopacificador de BD, não parece estar nas proporções adequadas para uma densidade radiográfica satisfatória (Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015), ao contrário do que é observado no óxido de bismuto presente no MTA (Tanalp et al., 2013). Outros aspectos podem estar envolvidos, como diferenças no tempo de exposição, miliamperagem (mA), quilovoltagem (kV), distância entre a fonte de raio-X e a amostra, e o método para a aquisição das radiografias (Tanalp et al., 2013).

Uma das características negativas mais apontadas em relação ao MTA, é o seu longo tempo de presa, (Parirokh & Torabinejad, 2010), que é relatada sendo em média de 3 a 4 horas (Dawood et al., 2016). Um dos motivos relacionados a essa falha é o agente radiopacificador utilizado, que pode aumentar drasticamente seu tempo de presa (Dawood et al., 2016). De acordo com Dawood et al. (2015), um menor tempo de presa pode estar associado a presença de cloreto de cálcio e carbonato de cálcio nos cimentos. O cloreto de cálcio penetra nos poros dos cimentos e acelera a hidratação fazendo com que a cristalização aconteça mais rapidamente (Dawood et al., 2016). Estes dois componentes estão

presentes na composição de BD e atestam os resultados encontrados neste estudo. Em todos os artigos identificados, BD teve menor tempo de presa que MTA e BA, mesmo quando avaliado na presença de contaminação por sangue ou saliva (Grech; Mallia; Camilleri, 2013; Jang et al., 2014; Kolmuss et al., 2017; Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015; Butt et al., 2014; Alhodiry, Lyons e Chadwick, 2014; Lucas et al., 2017). Tais resultados corroboram com os achados de Dawood et al. (2015), onde BD foi apontado como o cimento biocerâmico como o menor tempo de presa, em comparação ao MTA.

Associado ao tempo de presa, pode-se avaliar a solubilidade dos cimentos biocerâmicos. Um maior o tempo de presa pode torna-los mais suscetíveis à solubilização (Bortoluzzi et al., 2009). De acordo com a norma ISO 6876, um limite aceitável de solubilidade e próxima aos 3% do seu volume em massa (Subash et al., 2017). Nos estudos aqui apresentados, os cimentos cumpriram a norma, mas quando a análise foi realizada entre os cimentos, percebeu-se que BA e BD apresentaram maior solubilidade que outros cimentos, e o próprio MTA, tendo essa taxa aumentada a partir do 10º dia em BD (Subash et al., 2017; Kaup, Schäfer e Dammaschke, 2015; Saghiri et al., 2014). Tal solubilidade se apresenta como um ponto negativo para BD, considerando que esta poderá deixar espaços vazios no interior do canal, nos quais o crescimento bacteriano possa ser favorecido (Subash et al., 2017).

5 CONCLUSÃO

Considerando-se as diferentes propriedades físicas e químicas investigadas nesta revisão de literatura, pode-se afirmar que BioAggregate apresentou na maioria dos estudos desempenho inferior ao MTA, e em algumas situações, desempenho similar. Já o cimento biocerâmico Biodentine, apresentou desempenho superior ou similar ao MTA nas propriedades como adesividade, microdureza, resistência à compressão, porosidade, tempo de presa, liberação de íons de Ca^{++} e pH, sendo desta forma, uma alternativa viável como biomaterial substituto do atual “padrão ouro”.

REFERÊNCIAS

1. ABDELMEGID, F. et al. Shear bond strength of different dentin substitute restorative materials to dentin of primary teeth. **Dental Materials Journal**, v. 35, n. 5, p.782-787, 2016.
2. ALSUBAIT, S. et al. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, bioaggregate and biodentine. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 3, n. 15, p.336-340, 2014.
3. ALHODIRY, W.; LYONS, M. F.; CHADWICK, R.G. Effect of saliva and blood contamination on the bi-axial flexural strength and setting time of two calcium-silicate based cements: Portland cement and biodentine. **The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry**, v. 22, n. 1, p.20-23, 2014.
4. AGGARWAL, V. et al. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 16, n. 5, p.462-465, 2013.
5. AGGARWAL, V. et al. Marginal Adaptation Evaluation of Biodentine and MTA Plus in “Open Sandwich” Class II Restorations. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 27, n. 3, p.167-175, 2015.
6. AGRAFIOTI, A. et al. Comparative evaluation of sealing ability and microstructure of MTA and Biodentine after exposure to different environments. **Clinical Oral Investigations**, v. 20, n. 7, p.1535-1540, 2015.
7. AKCAY, H. et al. Evaluation of the bond strength of root-end placed mineral trioxide aggregate and Biodentine in the absence/presence of blood contamination. **European Journal of Dentistry**, v. 10, n. 3, p.370-375, 2016.

8. AKSOY, M. K.; OZ, F. T.; ORHAN, K. Evaluation of Calcium (Ca²⁺) and Hydroxide (OH⁻) Ion Diffusion Rates of Indirect Pulp Capping Materials. **The International Journal of Artificial Organs**, v. 40, n. 11, p.641-646, 2017.
9. ALKHUHAIRY, F.I.; AHMAD, Z.H. Comparison of Shear Bond Strength and Microleakage of Various Bulk-fill Bioactive Dentin substitutes: An in vitro Study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 17, n. 12, p.997-1002, 2016.
10. ANTONIJEVIC, D. et al. Application of reference point indentation for micro-mechanical surface characterization of calcium silicate based dental materials. **Biomedical Microdevices**, v. 18, n. 2, p.25, 2016.
11. ARIAS-MOLIZ, M. T. et al. Antimicrobial and biological activity of leachate from light curable pulp capping materials. **Journal of Dentistry**, v. 64, p.45-51, 2017.
12. BANI, M.; SUNGURTEKIN-EKÇI, E.; ODABAŞ, M. E. Efficacy of Biodentine as an Apical Plug in Nonvital Permanent Teeth with Open Apices: An In Vitro Study. **Biomed Research International**, v. 2015, n. 1, p.1-4, 2015.
13. BAYRAM, E. et al. Evaluation of calcium silicate cement bond strength after using gutta-percha solvents. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, v. 20, n. 11, p.1417-1421, 2017.
14. BAYRAM, H. M. et al. Determination of the Apical Sealing Abilities of Mineral Trioxide Aggregate, Portland Cement, and Bioaggregate After Irrigation with Different Solutions. **Journal of International Oral Health**, v. 6, n. 7, p.13-17, fev. 2015.
15. BHAVANA, V. et al. Evaluation of antibacterial and antifungal activity of new calcium-based cement (Biodentine) compared to MTA and glass ionomer cement. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 18, n. 1, p.44-46, 2015.

16. BER, B. S.; HATTON, J. F.; STEWART, G. P. Chemical modification of proroot mta to improve handling characteristics and decrease setting time. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 10, p. 1231-4, out. 2007. ISSN 0099-2399.
17. BORTOLUZZI, E. A. et al. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. **Journal of Endodontics**, v. 32, n. 9, p. 897-900, 2006. ISSN 0099-2399 (Print)0099-2399.
18. BORTOLUZZI, E. A. et al. The Influence of Calcium Chloride on the Setting Time, Solubility, Disintegration, and pH of Mineral Trioxide Aggregate and White Portland Cement with a Radiopacifier. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 4, p.550-554, 2009.
- 19.
20. BUTT, N. et al. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. **Indian Journal Dental Research**, v. 25, n. 6, p. 692-7, 2014. ISSN 0970-9290.
21. BOLHARI, B. et al. Acid and Microhardness of Mineral Trioxide Aggregate and Mineral Trioxide Aggregate-like Materials. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 3, p.432-435, 2014.
22. CAMILLERI, J. et al. Porosity and root dentine to material interface assessment of calcium silicate-based root-end filling materials. **Clinical Oral Investigations**, v. 18, n. 5, p.1437-1446, 2013.
23. CAMILLERI, J.; SORRENTINO, F.; DAMIDOT, D. Characterization of un-hydrated and hydrated BioAggregate™ and MTA Angelus™. **Clinical Oral Investigations**, v. 19, n. 3, p.689-698, 2014.
24. CANTEKIN, K.; AVCI, S. Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (Biodentine®). **Journal of Applied Oral Science**, v. 22, n. 4, p.302-306, 2014.

25. CARONNA, V. et al. Comparison of the Surface Hardness among 3 Materials Used in an Experimental Apexification Model under Moist and Dry Environments. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 7, p.986-989, 2014.
26. CECELLA, B. et al. Analysis of sealing ability of endodontic cements apical plugs. **Journal of Clinical And Experimental Dentistry**, p.146-150, 2017.
27. ÇELİK, D. et al. Push-out bond strength of three calcium silicate cements to root canal dentine after two different irrigation regimes. **Clinical Oral Investigations**, v. 18, n. 4, p.1141-1146, 2013.
28. CENGİZ, E.; ULUSOY, N. Microshear bond strength of tri-calcium silicate-based cements to different restorative materials. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 18, n. 3, p.231-237, 2016.
29. CHANDRA, P. R. et al. Comparative Evaluation of Marginal Adaptation of Biodentine™ and Other Commonly Used Root End Filling Materials-An Invitro Study. **Journal of Clinical And Diagnostic Research**, v. 8, n. 3, p.243-245, 2014.
30. CHANG, S. W. Chemical Composition and Porosity Characteristics of Various Calcium Silicate-Based Endodontic Cements. **Bioinorganic Chemistry and Applications**, v. 2017, p.1-6, 2017.
31. ÇOLAK, H. et al. The effect of different adhesives and setting times on bond strength between Biodentine and composite. **Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials**, v. 14, n. 2, p.217-222, 2016
32. DAWOOD, A. E. et al. The physical properties and ion release of CPP-ACP-modified calcium silicate-based cements. **Australian Dental Journal**, v. 60, n. 4, p.434-444, 2015.

33. DAWOOD, A. E. et al. Push-out bond strength of CPP-ACP-modified calcium silicate-based cements. **Dental Materials Journal**, v. 34, n. 4, p.490-494, 2015.
34. DAWOOD, A. E. et al. The effect of working time on the displacement of Biodentine™ beneath prefabricated stainless steel crown: a laboratory study. **Journal of Investigative and Clinical Dentistry**, v. 7, n. 4, p.391-395, 2015.
35. DE-DEUS, G et al. Resistance of Hydraulic Calcium Silicate Cements to Dislodgment in Short- and Long-term Assessment. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 18, n. 2, p.157-160, 2016.
36. DEEPA, V. et al. Shear bond strength evaluation of resin composite bonded to three different liners: TheraCal LC, Biodentine, and resin-modified glass ionomer cement using universal adhesive. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 19, n. 2, p.166-170, 2016.
37. EL-KHODARY, H. et al. Sealing Ability of Four Calcium Containing Cements used for Repairing Furcal Perforations in Primary Molars: An in vitro study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 16, n. 9, p.733-739, 2015.
38. EL-MA'AITA, A. M.; QUALTROUGH, A. J.; WATTS, D. C. The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements. **Dental Materials**, v. 29, n. 7, p.797-803, 2013.
39. ELNAGHY, A. M. Influence of QMix Irrigant on the micropush-out bond strength of Biodentine and White Mineral Trioxide Aggregate. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 16, n. 3, p.277-283, 2014.
40. ELNAGHY, A. M. Influence of Acidic Environment on Properties of Biodentine and White Mineral Trioxide Aggregate: A Comparative Study. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 7, p.953-957, 2014.

41. ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Fracture resistance of simulated immature teeth filled with Biodentine and white mineral trioxide aggregate – an in vitro study. **Dental Traumatology**, v. 32, n. 2, p.116-120, 2015.
42. EREN, S. K.; AKSEL, H.; SERPER, A. Effect of placement technique on the push-out bond strength of calcium-silicate based cements. **Dental Materials Journal**, v. 35, n. 5, p.742-747, 2016.
43. FARRUGIA, C. et al. Clinical relevance of antimicrobial testing results for dental restorative materials. **Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials**, v. 15, n. 2, p.153-161, 2017.
44. FIORE, P. M. di et al. Evaluation of a calcium silicate-based cement as a root reinforcement material for endodontically treated maxillary anterior teeth. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 115, n. 1, p.35-41, 2016.
45. 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, n. 1, p.43-60, 2014.
46. GARCIA LDA, F. et al. Staining susceptibility of new calcium aluminate cement (EndoBinder) in teeth: a 1-year in vitro study. **Dental Traumatology**, v. 29, n. 5, p. 383-8, Oct 2013. ISSN 1600-4469.
47. GARCIA LDA, F. et al. Solubility and disintegration of new calcium aluminate cement (EndoBinder) containing different radiopacifying agents. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 2, p. 261-5, 2014. ISSN 0099-2399.

48. GIRISH, K. et al. Effect of obturating materials on fracture resistance of simulated immature teeth. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 20, n. 2, p.115-119, 2017.
49. GONG, V.; FRANÇA, R. Nanoscale chemical surface characterization of four different types of dental pulp-capping materials. **Journal of Dentistry**, v. 58, p.11-18, 2017.
50. GOVINDARAJU, L.; NEELAKANTAN, P.; GUTMANN, J. L. Effect of root canal irrigating solutions on the compressive strength of tricalcium silicate cements. **Clinical Oral Investigations**, v. 21, n. 2, p.567-571, 2016.
51. GRECH, L.; MALLIA, B.; CAMILLERI, J. Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 7, p.632-641, 2013.
52. GRECH, L.; MALLIA, B.; CAMILLERI, J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. **Dental Materials**, v. 29, n. 2, p.20-28, 2013.
53. GUNESER, M. B.; AKBULUT, M. B.; ELDENIZ, A. U. Effect of Various Endodontic Irrigants on the Push-out Bond Strength of Biodentine and Conventional Root Perforation Repair Materials. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 3, p.380-384, 2013.
54. GUPTA, P. K. et al. Evaluation of Sealing Ability of Biodentine as Retrograde Filling Material by Using two Different Manipulation Methods: An In Vitro Study. **Journal of International Oral Health**, v. 7, n. 7, p.111-114, 2015.
55. GUVEN, Y. et al. X-ray diffraction analysis of MTA-Plus, MTA-Angelus and DiaRoot BioAggregate. **European Journal of Dentistry**, v. 8, n. 2, p.211-215, 2014.
56. HASHEM, A. A. R.; AMIN, S. A. W. The Effect of Acidity on Dislodgment Resistance of Mineral Trioxide Aggregate and

- Bioaggregate in Furcation Perforations: An In Vitro Comparative Study. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 2, p.245-249, 2012.
57. HIREMATH, G.; SHETTY, S.; YELI, M. A comparative evaluation of sealing ability of four root end filling materials using fluid filtration method: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 20, n. 5, p.307-310, 2017.
58. HIREMATH, H. et al. Evaluation of different fibers and Biodentine as alternates to crown coverage for endodontically treated molars: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 20, n. 2, p.72-75, 2017.
59. JANG, Y. et al. Cytotoxicity and physical properties of tricalcium silicate-based endodontic materials. **Restorative Dentistry & Endodontics**, v. 39, n. 2, p.89-94, 2014.
60. JEEVANI, E. et al. Evaluation of sealing ability of MM-MTA, EndoSequence, and Biodentine as furcation repair materials: UV spectrophotometric analysis. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 17, n. 4, p.340-343, 2014.
61. KATGE, F.; SHIVASHARAN, P.; PATIL, D. Sealing ability of mineral trioxide aggregate Plus™ and Biodentine™ for repair of furcal perforation in primary molars: An in vitro study. **Contemporary Clinical Dentistry**, v. 7, n. 4, p.487-492, 2016.
62. KAUP, M. et al. Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. **Head & Face Medicine**, v. 11, n. 1, p.1-8, 2015.
63. KAUP, M.; SCHÄFER, E.; DAMMASCHKE, T. An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. **Head & Face Medicine**, v. 11, n. 1, p.1-8, 2015.

64. KAUR, M. MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. **Journal of Clinical And Diagnostic Research**, p.1-5, ago. 2017.
65. KAYAHAN, M. B. et al. Effect of Acid Etching Procedures on the Compressive Strength of 4 Calcium Silicate-based Endodontic Cements. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 12, p.1646-1648, 2013.
66. KOLMUSS, M. et al. Differences in physical characteristics and sealing ability of three tricalcium silicate-based cements used as root-end-filling materials. **American Journal of Dentistry**, v. 30, n. 4, p.185-189, 2017.
67. KORUYUCU, M. et al. An assessment of antibacterial activity of three pulp capping materials on *Enterococcus faecalis* by a direct contact test: An in vitro study. **European Journal of Dentistry**, v. 9, n. 2, p.240-245, 2015.
68. LEAL, F. et al. Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. **International Endodontic Journal**, v. 44, n. 7, p.662-668, 2011.
69. LEYE BENOIST, F. et al. Evaluation of mineral trioxide aggregate (MTA) versus calcium hydroxide cement (Dycal®) in the formation of a dentine bridge: a randomised controlled trial. **International Dental Journal**, v. 62, n. 1, p. 33-9, 2012. ISSN 0020-6539.
70. LOTFI, M. et al. Effect of Smear Layer on the Push-Out Bond Strength of Two Endodontic Biomaterials to Radicular Dentin. **Iranian Endodontic Journal**, v. 1, n. 9, p.41-44, 2014.
71. LUCAS, C. P. T. P. et al. Physicochemical Properties and Dentin Bond Strength of a Tricalcium Silicate-Based Retrograde Material. **Brazilian Dental Journal**, v. 28, n. 1, p.51-56, 2017.
72. MAJEED, A.; ALSHWAIMI, E. Push-Out Bond Strength and Surface Microhardness of Calcium Silicate-Based Biomaterials:

- An in vitro Study. **Medical Principles and Practice**, v. 26, n. 2, p.139-145, 2016.
73. MANDAVA, P. et al. Microleakage Evaluation Around Retrograde Filling Materials Prepared Using Conventional and Ultrasonic Techniques. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 2, p.43-46, 2015.
74. MALKONDU, Ö.; KAZANDAĞ, M. K.; KAZAZOĞLU, E. A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. **Biomed Research International**, v. 2014, p.1-10, 2014.
75. MARQUES, J. H. S. et al. Push-out bond strength of different tricalcium silicate-based filling materials to root dentin. **Brazilian Oral Research**, v. 32, p.1-6, 2017.
76. MERAJI, N.; CAMILLERI, J. Bonding over Dentin Replacement Materials. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 8, p.1343-1349, 2017.
77. NAGAS, E. et al. Effect of several intracanal medicaments on the push-out bond strength of ProRoot MTA and Biodentine. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 2, p.184-188, 2015.
78. NAGAS, E. et al. Effect of Laser-Activated Irrigation on the Push-Out Bond Strength of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine in Furcal Perforations. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 4, p.231-235, 2017.
79. NAIK, M. et al. Assessment of apical seal obtained after irrigation of root end cavity with MTAD followed by subsequent retrofilling with MTA and Biodentine: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 18, n. 2, p.132-135, 2015.
80. NATALE, L. C. et al. Ion release and mechanical properties of calcium silicate and calcium hydroxide materials used for pulp

- capping. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 1, p.89-94, 2014.
81. NEELAKANTAN, P. et al. Effect of root canal irrigation protocols on the dislocation resistance of mineral trioxide aggregate-based materials: A systematic review of laboratory studies. **International Endodontic Journal**, v. 51, n. 8, p.847-861, 2018.
 82. NIELSEN, M. et al. Mechanical properties of new dental pulp-capping materials. **General Dentistry**, v. 64, n. 1, p.44-48, 2016.
 83. NIKHIL, V. et al. Effect of addition of 2% chlorhexidine or 10% doxycycline on antimicrobial activity of Biodentine. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 17, n. 3, p.271-275, 2014.
 84. NIKHIL, V. et al. Evaluation of effect of addition of 2% chlorhexidine on the sealing ability of Biodentine: An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 18, n. 6, p.479-482, 2015.
 85. ODABAŞ, M. E.; BANI, M.; TIRALI, R. E. Shear Bond Strengths of Different Adhesive Systems to Biodentine. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p.1-5, 2013.
 86. OZBAY, G. et al. Apical Sealing Ability of a Novel Material: Analysis by Fluid Filtration Technique. **Acta Stomatologica Croatica**, v. 48, n. 2, p.132-139, 2014.
 87. PARIROKH, M.; TORABINEJAD, M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 1, p. 16-27, 2010.
 88. PARIROKH, M.; TORABINEJAD, M.; DUMMER, P. M. H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part I: vital pulp therapy. **International Endodontic Journal**, 2017.

89. POGGIO, C. et al. In vitro antibacterial activity of different pulp capping materials. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, p.584-588, 2015.
90. POGGIO, C. et al. Biological and chemical-physical properties of root-end filling materials: A comparative study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 18, n. 2, p.94-99, 2015.
91. RAJASEKHARAN, S. et al. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. **European Archives of Paediatric Dentistry**, v. 15, n. 3, p.147-158, 2014.
92. RAJASEKHARAN, S. et al. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3-year literature review and update. **European Archives of Paediatric Dentistry**, v. 19, n. 1, p.1-22, 2018.
93. RAJU, V. et al. Comparative evaluation of shear bond strength and microleakage of tricalcium silicate-based restorative material and radiopaque posterior glass ionomer restorative cement in primary and permanent teeth: An in vitro study. **Journal of Indian Society of Pedodontics And Preventive Dentistry**, v. 32, n. 4, p.304-312, 2014.
94. RAMAZANI, N; SADEGHI, P. Bacterial Leakage of Mineral Trioxide Aggregate, Calcium- Enriched Mixture and Biodentine as Furcation Perforation Repair Materials in Primary Molars. **Iranian Endodontic Journal**, v. 11, n. 3, p.214-218, 2016.
95. RAMEZANALI, F. et al. In Vitro Microleakage of Mineral Trioxide Aggregate, Calcium- Enriched Mixture Cement and Biodentine Intra-Orifice Barriers. **Iranian Endodontic Journal**, v. 12, n. 2, p.211-215, 2017.
96. RANJKESH, B. et al. Diametral tensile strength of novel fast-setting calcium silicate cement. **Dental Materials Journal**, v. 35, n. 4, p.559-563, 2016.

97. RASKIN, A. et al. In vitro microleakage of Biodentine as a dentin substitute compared to Fuji II LC in cervical lining restorations. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 14, n. 6, p.535-542, 2012.
98. REYHANI, M. F. et al. Effects of Different Powder to liquid Ratios on the Push out Bond Strength of CEM Cement on Simulated Perforations in the Furcal Area. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 6, n. 9, p.785-788, 2017.
99. SAGHIRI, Mohammad Ali. et al. Effect of pH on compressive strength of some modification of mineral trioxide aggregate. **Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal**, p.714-720, 2013.
100. SAGHIRI, M. A. et al. Push-out bond strength of a nano-modified mineral trioxide aggregate. **Dental Traumatology**, v. 29, n. 4, p.323-327, 2012.
101. SAGHIRI, M. et al. The effect of pH on solubility of nano-modified endodontic cements. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 17, n. 1, p.13-17, 2014.
102. SAYED, M. E.; SAEED, M. In vitro comparative study of sealing ability of Diadent BioAggregate and other root-end filling materials. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 15, n. 3, p. 249-252, 2012.
103. SCELZA, M. Z. et al. Evaluation of inflammatory response to endodontic sealers in a bone defect animal model. **J Contemp Dent Pract**, v. 17, n. 7, p. 536-41, 2016.
104. SHOKOUHINEJAD, N. et al. Bioactivity of EndoSequence Root Repair Material and Bioaggregate. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 12, p.1127-1134, 2012.

105. SHOKOUHINEJAD, Noushin et al. Push-Out Bond Strength of Bioceramic Materials in a Synthetic Tissue Fluid. **Journal of Dentistry**, v. 8, n. 10, p.540-547, 2013.
106. SILVA, E. J. et al. Push-out bond strength of MTA HP, a new high-plasticity calcium silicate-based cement. **Brazilian Oral Research**, v. 30, n. 1, p.84-89, 2016.
107. SINKAR, R. et al. Comparison of sealing ability of ProRoot MTA, RetroMTA, and Biodentine as furcation repair materials: An ultraviolet spectrophotometric analysis. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 18, n. 6, p.445-448, 2015.
108. SOUNDAPPAN, S. et al. Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. **Journal of Dentistry**, v. 11, n. 2, p.143-149, 2014.
109. SRIVASTAVA, A. A. et al. Effect of calcium hydroxide, chlorhexidine digluconate and camphorated monochlorophenol on the sealing ability of Biodentine Apical Plug. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 10, n. 6, p.43-46, 2016.
110. SUBASH, D. et al. Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with Biodentine, Resin Modified GIC and Hybrid Composite Resin as a Core Material. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 11, n. 9, p.68-70, 2017.
111. SUBRAMANYAM, D.; VASANTHARAJAN, M. Effect of Oral Tissue Fluids on Compressive Strength of MTA and Biodentine: An In vitro Study. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 11, n. 4, p.94-96, 2017.
112. TAHA, N. A.; SAFADI, R. A.; ALWEDAIE, M. S. Biocompatibility evaluation of EndoSequence root repair paste in the connective tissue of rats. **Journal of Endodontics**, v. 42, n. 10, p. 1523-8, 2016.

113. TAWIL, P. Z; DUGGAN, D. J.; GALICIA, J. C. Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 36, n. 4, p. 247-52; 2015.
114. TORABINEJAD, M.; CHIVIAN, N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. **Journal of Endodontics**, v. 25, n. 3, p. 197-205, 1999
115. TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M.; DUMMER, P. M. H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. **International Endodontic Journal**, 28 2017.
116. TANALP, J. et al. Comparison of the Radiopacities of Different Root-End Filling and Repair Materials. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p.1-4, 2013.
117. TSEHIS, I. et al. Bacterial colonization in the apical part of extracted human teeth following root-end resection and filling: a confocal laser scanning microscopy study. **Clinical Oral Investigations**, v. 22, n. 1, p.267-274, 2017.
118. TULUMBACI, F. et al. Shear bond strength of different restorative materials to mineral trioxide aggregate and Biodentine. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 20, n. 5, p.292-296, 2017.
119. ULUSOY, Ö. I. et al. Dislodgement resistance of calcium silicate-based materials from root canals with varying thickness of dentine. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 12, p.1188-1193, 2015.
120. VALENTIM, Rodrigo de Menezes et al. Revisão de literatura das propriedades físico-químicas e biológicas de um cimento à base de silicato de cálcio. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rj, v. 73, n. 3, p.237-241, 2016.

121. YAZDI, K. A. et al. Effect of blood exposure on push-out bond strength of four calcium silicate based cements. **Iranian Endodontic Journal**, v. 12, n. 2, p.196-200, jan. 2017.
122. ÜSTÜN, Y. et al. The effect of blood contamination on dislocation resistance of different endodontic reparative materials. **Journal of Oral Science**, v. 57, n. 3, p.185-190, 2015.
123. ZHABUAWALA, M. et al. Comparison of fracture resistance of simulated immature teeth with an open apex using Biodentine and composite resin: An in vitro study. **Journal of Indian Society of Pedodontics And Preventive Dentistry**, v. 34, n. 4, p.377-382, 2016.
124. ZHANG, H.; PAPPEN, F. G; HAAPASALO, M. Dentin Enhances the Antibacterial Effect of Mineral Trioxide Aggregate and Bioaggregate. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 2, p.221-224, 2009.
125. ÖVSAY, E.; KAPTAN, R. F.; ŞAHİN, F. The Repair of Furcal Perforations in Different Diameters with Biodentine, MTA, and IRM Repair Materials: A Laboratory Study Using an E. Faecalis Leakage Model. **Biomed Research International**, v. 2018, p.1-5, 2017.
126. ÖZGÜL, B. M et al. Resistance to leakage of various thicknesses of apical plugs of Bioaggregate using liquid filtration model. **Dental Traumatology**, v. 31, n. 3, p.250-254, 2014.
127. ÖZYÜREK, T.; DEMIRYÜREK, E. Comparison of the antimicrobial activity of direct pulp-capping materials: Mineral trioxide aggregate-Angelus and Biodentine. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 19, n. 6, p.569-572, 2016.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA


ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 4 dias do mês de outubro de 2018, às 13h30m horas, em sessão pública no Auditório Do Centro de Ciências da Saúde desta Universidade, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia e pelos examinadores:

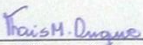
1 - Prof.^a Dr.^a Cleonice da Silveira Teixeira, 2 - Prof.^a Dr.^a Thais Mageste Duque, a aluna Cibele Samulewski Bagatoli apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado: Propriedades físico-químicas de BioAggregate e Biodentine: uma atualização da literatura científica, como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.



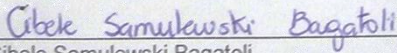
Professor Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia



Prof.^a Dr.^a Cleonice da Silveira Teixeira



Prof.^a Dr.^a Thais Mageste Duque



Cibele Samulewski Bagatoli