

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

LUCENIO JOÃO MACEDO FERRI

AVALIAÇÃO DE RADIOPACIDADE DO MTA REPAIR HP, DO BIODENTINE E DO  
MTA ANGELUS

Porto Alegre

2018

LUCENIO JOÃO MACEDO FERRI

AVALIAÇÃO DE RADIOPACIDADE DO MTA REPAIR HP, DO BIODENTINE E DO  
MTA ANGELUS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Kochenborger Scarparo

Porto Alegre

2018

### CIP - Catalogação na Publicação

Ferri, Lucenio João Macedo

Avaliação de radiopacidade do MTA Repair HP, do Biodentine e do MTA Angelus / Lucenio João Macedo Ferri. -- 2018.

28 f.

Orientadora: Roberta Kochenborger Scarparo.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Endodontia. 3. Radiopacidade. 4. Materiais Biocerâmicos. 5. Materiais Dentários. I. Scarparo, Roberta Kochenborger, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me iluminado e dado força para a realização deste sonho.

À professora e orientadora Roberta que não mediu esforços para me auxiliar neste passo final da formação, para que tudo ficasse da maneira mais adequada e que com muita paciência e dedicação transmitiu-me seus conhecimentos os quais foram essenciais para a minha formação profissional.

À Faculdade de Odontologia e aos seus docentes por terem dado todas as condições possíveis para que a minha formação fosse a melhor.

À Bruna Signor pelos inúmeros auxílios no desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Aos meus familiares que compreenderam minha ausência no período da minha formação, bem como na realização deste trabalho.

Aos meus amigos de faculdade que sempre estiveram dando apoio e incentivo.

Aos meus amigos de Porto Alegre que sempre me ajudaram de todas as formas.

À minha namorada, Thalia, que esteve ao meu lado nessa fase final de formação, sem o teu companheirismo nada disso seria possível. Obrigado pelo teu carinho e vibração em minhas conquistas. Te amo.

Mãe, pai e mano, vocês são o meu alicerce e não deixaram eu desistir na primeira derrota. Muito obrigado por tudo o que vocês fizeram e ainda fazem por mim, essa conquista também é de vocês.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou outra tiveram contribuição ou fizeram parte dessa etapa importante em minha vida.

## RESUMO

O MTA Repair HP (Angelus, Londrina, Brasil) e o Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) são materiais à base de silicato, desenvolvidos recentemente, visando manter propriedades biológicas e aprimorar propriedades físicas do MTA convencional. Até o presente momento, há poucos estudos científicos que comprovam que esses materiais, de fato, apresentam radiopacidade adequada à prática clínica. Por este motivo, o objetivo deste estudo foi avaliar a radiopacidade dos cimentos MTA Repair HP e Biodentine, comparando essa característica com aquela apresentada pelo MTA Angelus branco (Angelus, Londrina, Brasil). Os materiais foram analisados por meio de comparação com escala de alumínio e empregando modelo simulador de tecidos. Para a primeira metodologia os materiais foram manipulados de acordo com o recomendado pelo fabricante, sendo posicionados em placas de acrílico contendo 10 orifícios circulares de 1,5mm espessura e 4mm de diâmetro. Foi realizada exposição radiográfica de amostras dos materiais, sendo, ao lado de cada amostra, posicionada a escala de alumínio previamente confeccionada. Para tanto, foram empregadas placas de fósforo fotoestimuladas e um aparelho de raios-x. Imagens foram geradas e processadas mediante leitura de um scanner a laser (Vistascan Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemanha). Para obter os valores de densidade óptica, as imagens digitais foram analisadas com o *software* Adobe Photoshop® (v 8.0, Adobe Systems, San José, EUA), utilizando a ferramenta histograma. Os valores de radiopacidade foram determinados de acordo com a densidade radiográfica. Três medidas foram obtidas de cada amostra e o valor médio calculado. Para avaliação no simulador de tecidos, 10 amostras de cada material foram preparadas. Os materiais manipulados, conforme recomendações dos fabricantes e posicionados em tubos de polietileno até que se completasse sua presa. Após, os tubos contendo os materiais foram inseridos no bloco simulador pré-confeccionado para que o conjunto fosse radiografado, para isso foi utilizado placas de fósforo fotoestimuladas e um aparelho de raio-x. As imagens geradas foram processadas mediante leitura de um scanner a laser. Para obter os valores de densidade óptica, as imagens digitais foram analisadas com o *software* Adobe Photoshop® (v 8.0, Adobe Systems, San José, EUA), utilizando a ferramenta histograma. Os dados obtidos foram comparados com aqueles recomendados pela ISO 6876/2012. Para comparar a radiopacidade entre os cimentos, cada método foi considerado de forma independente, e os dados submetidos a uma análise estatística utilizando análise de variância (ANOVA) e *posthoc* de Tukey. O nível de significância foi estabelecido em 5%, e os dados foram processados usando o *software* Graphpad Prism, versão 7.0. Na avaliação com escala de alumínio, o MTA branco apresentou uma média de 98,35 pixels, o MTA Repair HP 91,95 pixels e o Biodentine 94,38 pixels, sendo que não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os grupos avaliados. Por sua vez, no modelo simulador de tecidos, o cimento MTA Branco e o Biodentine apresentaram diferença estatística entre si ( $p < 0,05$ ). O MTA Branco apresentou uma média de 194,3 pixels, MTA Repair HP 192,5 pixels e o Biodentine 191,1 pixels. Nesse método, a dentina teve uma média de 181,17 pixels e o sexto degrau da escala de alumínio 153,12 pixels. Considerando os resultados apresentados, pode-se concluir que o MTA Repair HP, MTA Angelus branco e Biodentine são materiais adequados em termos de radiopacidade, apresentando valores superiores a 3 mm Al e sendo possível distinguir esses materiais da dentina em modelo simulador de tecidos. Todavia, não há na literatura uma quantidade abrangente de estudos sobre o MTA Repair HP e sobre a nova formulação do MTA Angelus branco, sendo necessário continuar investigando outras propriedades físico-químicas e biológicas desses materiais.

Palavras-Chave: Endodontia. Radiopacidade. Materiais Biocerâmicos. Materiais Dentários.

## ABSTRACT

The MTA Repair HP (Angelus, Londrina, Brazil) and Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France) are a newly developed silicate based materials developed to maintain biological properties and enhance physical properties of conventional MTA. Nowadays, there are few scientific studies supporting that their radiopacity is suitable for clinical practice. For this reason, the aim of this study was to evaluate the radiopacity of the MTA Repair HP and Biodentine cements, comparing this characteristic to a white MTA (Angelus, Londrina, Brazil). The materials were analyzed by comparison with aluminum scale and using a tissue simulator model. For the first methodology the materials were manipulated according to the one recommended by the manufacturer, being positioned in acrylic plates containing 10 circular holes of 1.5mm thickness and 4mm in diameter. Digital radiography was taken of each sample. They were positioned next to each sample, in the previously made aluminum scale. Photo-stimulated phosphor plates and an x-ray machine were used. Images were generated, processed and read by a laser scanner (Vistascan Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany). Digital images were analyzed using Adobe Photoshop® software (v 8.0, Adobe Systems, San Jose, USA) using the histogram tool to obtain the optical density values. Radiopacity values were determined according to the radiographic density. Three measurements were taken of each sample and the mean value calculated. For the evaluation in the tissue simulator, 10 samples of each material were prepared. The materials were handled, according to the manufacturers' recommendations and placed in polyethylene tubes until their preparation was completed. Afterwards, tubes containing the materials were inserted into the pre-made simulator block so that the set was x-rayed, using photostimulated phosphor plates and an x-ray apparatus. The generated images were processed by a laser scanner. To obtain the optical density values, digital images were analyzed using Adobe Photoshop® software (v 8.0, Adobe Systems, San Jose, USA) using the histogram tool. The data obtained were compared with those recommended by ISO 6876/2012. To compare the radiopacity between the cements, each method was considered independently, and the data submitted to a statistical analysis using analysis of variance (ANOVA) and Tukey posthoc. The significance level was set at 5%, and the data were processed using Graphpad Prism software, version 7.0. As a result, in the evaluation with aluminum scale, MTA White presented a mean of 98.35 pixels, MTA Repair HP 91.95 pixels and Biodentine 94.38 pixels, and there was no statistical difference ( $p < 0.05$ ) between the groups evaluated. On the other hand, in the tissue simulator model, MTA Angelus Branco cement and Biodentine presented statistical difference between them ( $p < 0.05$ ). The MTA White presented an average of 194.3 pixels, MTA Repair HP 192.5 pixels and the Biodentine 191.1 pixels. In this method, the dentin had a mean of 181.17 pixels and the sixth step of the aluminum scale 153.12 pixels. Considering the results presented, it can be concluded that the MTA Repair HP, white MTA and Biodentine are suitable materials in terms of radiopacity, having values higher than 3 mm Al (as determined by ISO 6876: 2012) and being possible to distinguish from dentin in model simulator of tissues. However, there is no comprehensive literature on MTA Repair HP and on the new formulation of MTA Angelus Branco, and it is necessary to continue investigating other physicochemical and biological properties of these materials.

Keywords: Endodontics. Radiopacity. Bioceramic Materials. Dental Materials.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	13
3.2	DESENHO EXPERIMENTAL.....	13
3.3	CÁLCULO AMOSTRAL.....	14
3.4	AVALIAÇÃO COM ESCALA DE ALUMÍNIO.....	14
3.5	AVALIAÇÃO COM MODELO SIMULADOR DE TECIDOS.....	16
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	18
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
4.1	AVALIAÇÃO COM ESCALA DE ALUMÍNIO.....	19
4.2	AVALIAÇÃO COM MODELO SIMULADOR DE TECIDOS.....	20
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Agregado Trióxido Mineral (MTA) foi introduzido na Endodontia em 1993 (TORABINEJAD et al.,1995) e hoje é considerado o padrão-ouro para vários procedimentos clínicos. Esse material foi desenvolvido para uso em obturação retrógrada periapical, apresentando propriedades químicas, físicas e biológicas superiores às de materiais existentes à época, como amálgama, material restaurador intermediário (IRM) e SuperEBA. Ainda hoje é considerado o melhor entre estes materiais, sendo aplicado para preenchimento radicular no selamento apical, no reparo de perfurações, como agente de capeamento pulpar e como material para obturação retrógrada (MOTA et al., 2010).

O MTA é uma mistura de um pó hidrofílico, composto de silicato tricálcio, óxido tricálcio, óxido de silicato e aluminato tricálcio (MOTA et al., 2010). Uma análise de constituição das versões branca e cinza do MTA mostrou que ambos os materiais são semelhantes ao cimento Portland, mas com óxido de bismuto adicionado, presumivelmente para tornar os materiais radiopacos para uso na odontologia (CAMILLERI et al., 2005).

A biocompatibilidade dos seladores de canal radicular em relação aos tecidos periapicais é importante para alcançar o sucesso na terapia endodôntica. O uso do MTA se deve a algumas razões: possui excelente selamento, é biocompatível com os tecidos de união e apresenta potencial condutor e indutor de cementoblastos e osteoblastos para aglomerar, proliferar e expressar proteínas, além da capacidade de liberar os principais componentes catiônicos e acionar a superfície de precipitados estrutural e quimicamente similar à hidroxiapatita (MOTA et al., 2010).

O MTA branco foi criado pela exclusão de compostos de ferro em vez de adição de outros elementos. Com isso, não contendo partículas tão grandes como o MTA cinza, explicaria as suas melhores propriedades de manuseamento clínico (CAMILLERI et al., 2005). Uma das principais razões para introduzir o MTA branco como um substituto para o MTA cinza foi fornecer um matiz mais parecida com a cor dos dentes, diferente do contraste da cor cinza do MTA original (MOTA et al., 2010). Ainda assim, o MTA branco segue apresentando como desvantagem a capacidade de pigmentar os tecidos dentários, principalmente na presença de sangue (FELMAN; PARASHOS, 2013), o que motivou o desenvolvimento de técnicas e produtos alternativos. Dentre esses, podem ser citados o emprego de adesivo dentinário previamente ao emprego do material selador, a modificação do radiopacizante em algumas

marcas comerciais (ANGELUS INDÚSTRIA DE PRODUTOS ODONTOLÓGICOS, 2014) e o desenvolvimento do MTA HP (MOTA, 2010; OSKOE, 2014; YELAMALI, 2016; Angelus, 2016).

O MTA HP (Angelus, Londrina, Brasil) é um material à base de silicato, desenvolvido recentemente visando manter propriedades biológicas e aprimorar propriedades físicas do MTA convencional. O pó do MTA HP é composto principalmente por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de cálcio, carbonato de cálcio e tungstato de cálcio (radiopacificante), água e um agente plastificante. De acordo com o fabricante, este novo material tem alta plasticidade e propriedades físicas melhoradas, em comparação com o MTA branco, além de diminuir a capacidade de pigmentação dentária. É indicado para tratamento de perfuração radicular (canal e furca) iatrogênica ou por lesão de cárie, perfuração radicular por reabsorção interna e interna comunicantes, retroobturaç o, proteção pulpar direta, pulpotomia, apicig nese, apicificação e para barreira intracoronária prévia ao clareamento dental. (ANGELUS INDÚSTRIA DE PRODUTOS ODONTOLÓGICOS, 2014).

Segundo o fabricante, a utilização do tungstato de cálcio como agente radiopacificante no MTA Repair HP, e mais recentemente no MTA Angelus Branco, se deve ao fato de que o antigo radiopacificante do MTA Angelus Branco, o óxido de bismuto, causava pigmentação dentária.

Em um estudo realizado por Silva et al. (2016) o MTA HP mostrou melhores valores de resistência de ligação em comparação ao MTA branco ( $p < 0,05$ ). A substituição do óxido de bismuto pelo tungstato de cálcio como agente radiopacificante no MTA HP poderia explicar os melhores resultados deste cimento em comparação com o MTA branco. O tungstato de cálcio contribui para uma maior liberação de cálcio, promovendo uma maior biomineralização. Além disso, a alta plasticidade do MTA HP pode afetar positivamente a adaptação marginal do cimento às paredes radiculares, o que pode estar associado a uma maior resistência da união.

Cintra et al. (2017) avaliou a citotoxicidade, a biocompatibilidade e a biomineralização do MTA HP em comparação com o MTA Angelus branco. Chegando   conclusão de que o MTA HP mostrou biocompatibilidade e biomineralização semelhante ao MTA Angelus branco. Além disso, o MTA HP mostrou maior viabilidade celular de fibroblastos em comparação com o MTA Angelus branco após um período mais longo.

Por sua vez, Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França)   composto por uma porção sólida, que consiste em um p  contendo silicato tricálcico ( $3CaO \cdot SiO_2$ ), carbonato

de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e como radiopacificador óxido de zircônio ( $\text{ZrO}_2$ ) e uma porção líquida contendo cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$ ). Além das indicações endodônticas semelhantes as do MTA, o Biodentine é indicado como um material reparador dentinário, podendo ser utilizado como restauração temporária de esmalte e um substituto dentinário definitivo, devido a seu comportamento bioativo. Outros usos para este material incluem a restauração de lesões de cárie coronais profundas e grandes, restauração de lesões cervicais e radiculares profundas, tamponamento pulpar e pulpotomia, reparo de perfurações radiculares, perfurações de furca, reabsorções internas perfurantes, reabsorção externa, apicificação e preenchimento radicular em cirurgia endodôntica (CAMILLERI; SORRENTINO; DAMIDOT, 2013).

Rajasekharan et al. (2018), em uma revisão sistemática, concluiu que o Biodentine, considerando as propriedades físicas e biológicas, pode ser uma alternativa eficiente em uma variedade de aplicações clínicas, tanto no campo da endodontia, como para tratamento de traumas dento-alveolares, odontologia restauradora e odontopediatria. Ainda assim, há pouca evidência clínica para apoiar todas as possíveis indicações.

Laurent, Camps e About (2011) realizaram estudo para avaliar a capacidade de um cimento à base de silicato tricálcico (Biodentine™) de modular a secreção de  $\text{TGF-}\beta$  das células pulpares. Foi aplicado Biodentine diretamente sobre a polpa dentária em um modelo de cultura de dente humano e comparado com o de MTA, hidróxido de cálcio e resina adesiva Xeno®III. Após a realização de lesões artificiais nas culturas, os materiais eluídos foram adicionados por 24h e, em seguida, a secreção de  $\text{TGF-}\beta_1$  foi quantificada por ELISA. Os resultados demonstram que o capeamento pulpar direto com Biodentine™ usando um modelo de cultura de dente humano *ex-vivo* dá uma resposta similar àquela observada com MTA e hidróxido de cálcio. Todos os três materiais induziram diferenciação e mineralização de células semelhantes a odontoblastos, e este efeito pode ser devido a um aumento da secreção de  $\text{TGF-}\beta_1$  pelas células pulpares.

Por serem produtos lançados recentemente no mercado odontológico, é necessário avaliar se as propriedades físicas, químicas e biológicas do MTA HP e do Biodentine são realmente iguais ou melhores em comparação com o MTA branco convencional. Uma propriedade que merece atenção nas pesquisas é a radiopacidade. O material de preenchimento ideal deve apresentar radiopacidade suficiente para ser distinguido de estruturas dentárias e ser avaliado no interior da cavidade. Estudos avaliavam a radiopacidade empregando uma escala de alumínio, e mais recentemente, métodos digitais que determinam valores de cinza têm sido

usados, envolvendo a digitalização radiográfica e a utilização de *software* específico para determinar os valores de cinza dos pixels (BORGES et al., 2011).

Tanto a ISO e ANSI/ADA adotaram procedimentos de equivalência com um passo de escala de alumínio, a fim de analisar a radiopacidade de vários materiais dentários. É conhecido que a radiopacidade de 1mm da dentina é equivalente a 1 mm de alumínio em uma escala graduada (BORGES et al. 2011). De acordo com a ANSI/ADA especificação número 57, todos os obturadores endodônticos deve ser pelo menos 2mm Al mais radiopaco do que a dentina ou osso. Além disso, a ISO 6876/2012 estabelece que um material de selamento endodôntico deve apresentar radiopacidade correspondente a pelo menos 3 mm Al na escala de alumínio.

Tagger e Katz (2004) desenvolveram um método em que se radiografa as amostras ao lado de uma escala de alumínio. Nesta técnica, as radiografias são digitalizadas e a radiopacidade é comparada a escala usando *software* específico. A avaliação das imagens digitalizadas mostrou ser eficiente para determinar a radiopacidade de materiais de uma maneira simples, confiável e facilmente reproduzível.

Eliasson e Haasken (1979) foram os primeiros a estabelecer um método padronizado de medições de radiopacidade para materiais dentários com uma escala de alumínio para permitir a transformação de leituras de luz para uma espessura equivalente. O alumínio em escala é escolhido como o padrão para medir o radiopacidade porque permite a comparação de uma espessura específica da amostra da escala de alumínio sob condições radiográficas típicas.

A técnica utilizada para avaliar a radiopacidade dos materiais dentários comparou a espessura específica dos materiais com os degraus de alumínio sob condições radiográficas controladas. A radiopacidade de uma amostra de material dentário é normalmente expressa em termos de espessura de alumínio equivalente (em milímetros) utilizando uma curva de calibração de referência. A metodologia aplicada neste estudo é semelhante à utilizada na maioria dos estudos que investigam a radiopacidade de materiais dentários. A expressão de radiopacidade na espessura equivalente de alumínio permite a comparação entre a radiopacidade dos materiais testados e a dos tecidos circundantes. Além disso, permite a comparação entre os resultados encontrados em vários estudos, com algumas limitações devido à pureza do alumínio utilizado na escala e os diferentes valores de radiopacidade encontrados para a dentina e osso (GORDUYSUS; AVCU, 2009).

Outros estudos, preconizam o uso de modelos alternativos, visando simular uma situação clínica tão precisamente quanto possível. Dentre eles, o bloco simulador de tecidos desenvolvido por Gegler e Fontanella (2008) que foi produzido a partir de uma maxila, da qual a porção anterior foi removida através de ostectomia horizontal na região da cavidade nasal, e duas ostectomias verticais na região de proeminência canina. Este segmento de maxila foi dividido em duas metades (vestibular e lingual), as quais foram reposicionadas em uma base de resina acrílica auto-polimerizável. O espaço criado entre as partes é preenchido com cera e com um canino humano, doado através de um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual está acoplado ao simulador de tecidos e faz parte do mesmo. Os tecidos moles são simulados através da adição de 1cm de camada de resina acrílica auto-polimerizável.

O bloco simulador de tecidos tem por vantagem a reprodução de trabéculas ósseas e de tecidos moles, os quais são uma característica importante quando a radiopacidade está sendo investigada. Isso porque é prevista a redução de radiopacidade de cimentos endodônticos no estabelecimento de tecidos sobrepostos e estruturas anatômicas. Neste contexto, a presença de trabéculas ósseas e tecidos moles é importante para avaliação da adequação clínica da radiopacidade de materiais odontológicos, especialmente no que se refere à qualidade do tratamento endodôntico (HOPPE et al., 2013).

Até o presente momento, não há estudo científico que comprove que o MTA HP e o Biodentine, de fato, apresentam uma radiopacidade dentro das especificações estabelecidas. Por este motivo, o objetivo deste estudo foi avaliar a radiopacidade do cimento MTA HP (Angelus, Londrina, Brasil) e do Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França), em relação ao MTA branco convencional (Angelus, Londrina, Brasil).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GERAIS**

Comparar a radiopacidade do MTA Repair HP, MTA branco convencional e Biodentine e verificar se esses materiais seguem as recomendações da ISO 6876/2012.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar a radiopacidade do MTA HP, MTA branco convencional e do Biodentine por meio de escala de alumínio.

Avaliar a radiopacidade do MTA HP, MTA branco convencional e do Biodentine utilizando modelo simulador de tecidos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O presente estudo foi submetido à apreciação pela Comissão de Pesquisa da Faculdade de Odontologia (COMPESQ) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e aprovado no dia 26 de outubro de 2017, ATA n° 09/2017.

Para o estudo utilizou-se um simulador de tecidos desenvolvido na Faculdade de Odontologia da UFRGS em um estudo dirigido por Gegler e Fontanella (2008). Na época o estudo foi aprovado pela comissão de pesquisas e comitê de ética em pesquisas da Faculdade de Odontologia da UFRGS. Através desse estudo criou-se um simulador de tecidos o qual dá uma situação clínica muito próxima a esperada em pacientes quando submetidos a radiografias. Ao empregar esse método na obtenção de radiografias, além de uma padronização de imagens, é possível reproduzir o efeito dos tecidos moles na imagem radiográfica quando associada a osso dissecado e seco.

#### 3.2 DESENHO EXPERIMENTAL

Estudo experimental *in-vitro* e *ex-vivo*, com objetivo de testar a radiopacidade de três materiais em dois métodos diferentes de obtenção de imagem radiográfica.

Materiais testados:

MTA Branco Angelus (Angelus, Londrina, Brasil) – Preparado conforme indicações do fabricante e inserido no tubo de polietileno e nos orifícios circulares da placa de acrílico, posteriormente radiografado no bloco simulador de tecidos e ao lado da escala de alumínio, respectivamente.

MTA Repair HP (Angelus, Londrina, Brasil) - Preparado conforme indicações do fabricante e inserido no tubo de polietileno e nos orifícios circulares da placa de acrílico, posteriormente radiografado no bloco simulador de tecidos e ao lado da escala de alumínio, respectivamente.

Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) - Preparado conforme indicações do fabricante e inserido no tubo de polietileno e nos orifícios circulares da placa de acrílico,

posteriormente radiografado no bloco simulador de tecidos e ao lado da escala de alumínio, respectivamente.

### 3.3 CÁLCULO AMOSTRAL

Para o cálculo amostral foi utilizado o pacote estatístico BioEstat 5.3 (Fundação Mamirauá, Belém, PA, Brasil), considerando significância de 5% e poder do estudo de 90%, com base nos dados de Malka et al. (2015) (Figura 1). Sendo assim, foi estabelecida uma amostra de 10 espécimes em cada grupo experimental de estudo.

Figura 1 - cálculo amostral

Entrada de dados	
Diferença mínima entre as médias dos tratamentos:	18.1
Desvio padrão do erro:	10.6
Número de tratamentos (3 a 8):	3
Poder do teste:	.9
<input checked="" type="radio"/> Alfa 0.05 <input type="radio"/> Alfa 0.01	
Resultado	
Número de repetições por tratamento:	10

Fonte: Pacote estatístico BioEstat 5.3 (Fundação Mamirauá, Belém, PA, Brasil)

### 3.4 AVALIAÇÃO COM ESCALA DE ALUMÍNIO

Para a exposição radiográfica, ao lado de cada amostra, foi posicionado a escala de alumínio previamente confeccionada, obtida a partir da fixação de 12 lâminas de 1 mm de espessura de liga de alumínio 1100. As lâminas possuem 10 mm de largura, o comprimento varia entre 30 mm da base até 18 mm no topo da escala, em passos de 1 mm (TAGGER E KATZ, 2004).

Inicialmente foram confeccionados 30 orifícios circulares de 1,5mm espessura e 4mm de diâmetro em 3 placas de acrílico, sendo 10 em cada uma. Cada placa recebeu um dos cimentos em estudo. Para tal, estes foram manipulados de acordo com as instruções do fabricante e inseridos nos orifícios das placas de acrílico previamente apoiadas em placas de vidro. Para inserção e condensação do material foi utilizado uma espátula de resina do tipo almôre. Dez amostras de cada material foram preparadas. A seguir, os conjuntos, contendo os cimentos, foram levados à estufa (BIOMATIC, Santo André, Brasil), juntamente com um frasco contendo água, a 37°C por 7 dias, até a completa polimerização dos materiais.

A placa de acrílico, contendo os materiais nos orifícios, foi colocada sobre a placa de fósforo fotoestimuladas do sistema de captura de imagens digitais VistaScan, juntamente com a escala de alumínio. A seguir, o cilindro do aparelho de raio-x (Timex 70C, Gnatus, Ribeirão Preto, Brasil) foi posicionado perpendicularmente a placa, obtendo-se uma distância foco-filme de 30 cm. O aparelho de raio-x acionado a 70 kVp e 7 mA, com tempo de exposição de 0.4 segundos. Posteriormente, as imagens foram geradas e processadas mediante leitura de um scanner a laser (Vistascan Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemanha).

Para obter os valores de densidade óptica, as imagens digitais foram analisadas com o *software* Adobe Photoshop® (v 8.0, Adobe Systems, San José, EUA), utilizando a ferramenta histograma (figura 2). Uma região de interesse (ROI) foi desenhada com um tamanho padrão (468 pixels), e então utilizado sobre o orifício circular da placa de acrílico e no sexto degrau da etapa de alumínio, equivalente a 3 mm de alumínio (valor de referência).

Figura 2 - Orifícios circulares da placa de acrílico e escala de alumínio.



Fonte: do autor, 2018.

Três medidas foram obtidas de cada amostra e o valor médio foi calculado (GORDUYSUS et al., 2009; VIVAN et al., 2009). Os valores de radiopacidade foram determinados de acordo com a densidade radiográfica.

### 3.5 AVALIAÇÃO COM MODELO SIMULADOR DE TECIDOS

Para simular uma situação clínica o mais preciso possível, utilizou-se o bloco simulador desenvolvido por Gegler e Fontanella (2008). O simulador de tecidos foi fabricado a partir de uma maxila, da qual a porção anterior foi removida através de ostectomia horizontal na região da cavidade nasal, e duas ostectomias verticais na região de proeminência canina. Este segmento de maxila foi dividido em duas metades (vestibular e lingual), as quais foram reposicionadas em uma base de resina acrílica auto-polimerizável. O espaço criado entre as partes é preenchido com cera e com um canino humano, doado através de um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual está acoplado ao simulador de tecidos e faz parte do mesmo. Os tecidos moles são simulados através da adição de 1cm de camada de resina acrílica ativada quimicamente. Cada kit (tubo, canino e simulador) foi colocado sobre o sensor do sistema de captura de imagens digitais.

Para avaliar a radiopacidade da obturação de MTA Angelus, MTA REPAIR HP e BIODENTINE, os cimentos endodônticos foram preparados de acordo com as instruções dos seus fabricantes e inseridos em uma seringa de insulina. Com auxílio desta foram levados ao interior de tubos de polietileno (Abott Lab do Brasil, São Paulo, SP, Brasil), de 10 mm de extensão e 1,5 mm em diâmetro. Para tanto, a agulha da seringa foi posicionada em uma das extremidades do tubo e seu êmbolo pressionado lentamente ao mesmo tempo em que a agulha era recuada em direção a outra extremidade. No momento em que a agulha saia do tubo, a pressão exercida no embolo era interrompida. Dez amostras de cada material foram preparadas. A seguir, os tubos contendo os cimentos foram levados à estufa, juntamente com um frasco contendo água, a 37°C por 7 dias, até a completa polimerização dos materiais.

Após esse período, as amostras foram individualmente colocadas no interior do canal radicular de um canino humano, o qual se encontrava posicionado no interior de um simulador de tecidos previamente confeccionado, como descrito por Gegler e Fontanella (2008), e então radiografadas.

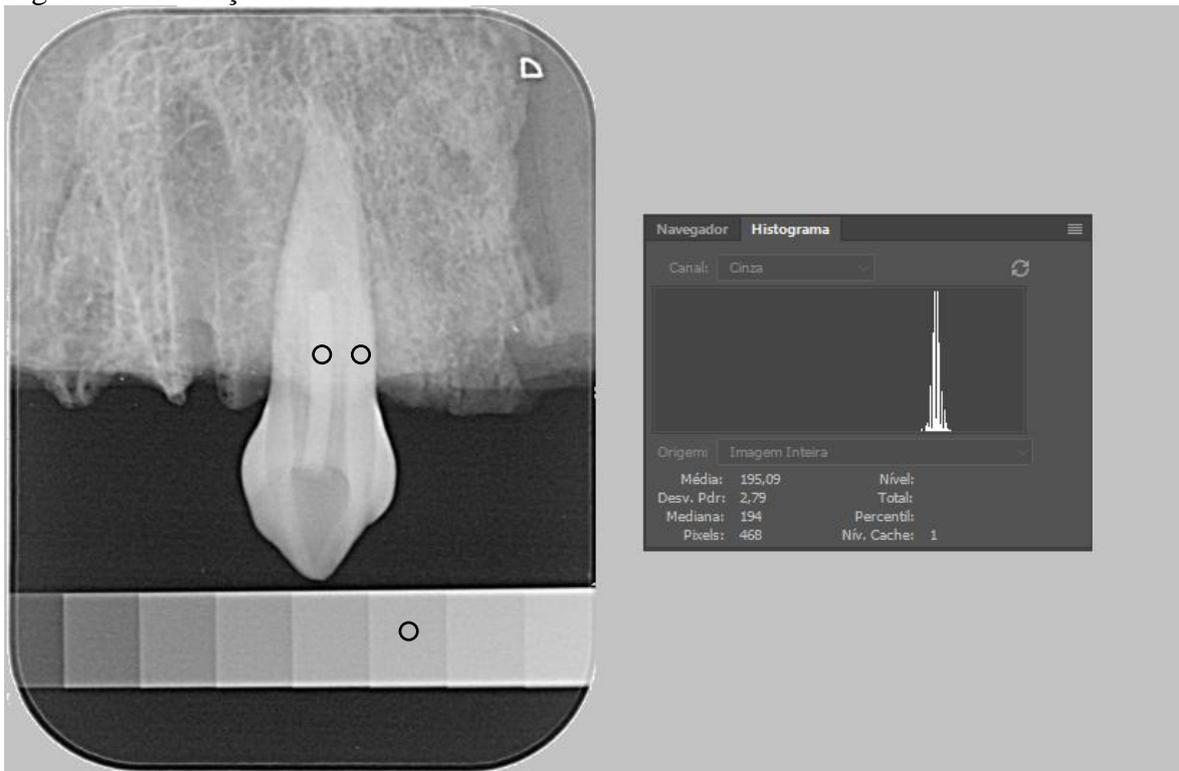
A radiografia foi obtida utilizando placas de fósforo fotoestimuladas e o aparelho de raio-x (Timex 70C, Gnatus, Ribeirão Preto, Brasil) acionado a 70 kVp e 7 mA, com tempo de exposição de 0.4 segundos. As imagens foram geradas e processadas mediante leitura de um scanner a laser Vistascan Dürer Dental.

Para obter os valores de densidade óptica, as imagens digitais foram analisadas com o *software* Adobe Photoshop® (v 8.0, Adobe Systems, San José, EUA), utilizando a ferramenta histograma. A mesma região de interesse (ROI), de tamanho padrão (468 pixels), utilizada para análise com escala de alumínio foi utilizada para o simulador de tecidos. Foram obtidos valores sob o tubo e a dentina no terço cervical e no sexto degrau da escala de alumínio, equivalente a 3 mm de alumínio (valor de referência), conforme a figura 3.

A média e o desvio padrão dos valores de pixel da escala de cinza - 0 (preto) a 256 (branco) - da área selecionada foram medidos e registrados. Sendo considerado que os materiais radiopacos tenham valores mais elevados, ao passo que se pensa que os materiais radiolúcidos tenham valores mais baixos.

Três medidas foram obtidas de cada amostra e o valor médio foi calculado (GORDUYSUS et al., 2009; VIVAN et al., 2009). Os valores de radiopacidade foram determinados de acordo com a densidade radiográfica.

Figura 3 - Avaliação no modelo simulador de tecidos.



Fonte: do autor, 2018.

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para comparar a radiopacidade entre os cimentos, cada método foi considerado de forma independente, e os dados submetidos a uma análise estatística utilizando análise de variância (ANOVA) e *posthoc* de Tukey. O nível de significância foi estabelecido em 5%, e os dados foram processados usando o software Graphpad Prism, versão 7.0.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 AVALIAÇÃO COM ESCALA DE ALUMÍNIO

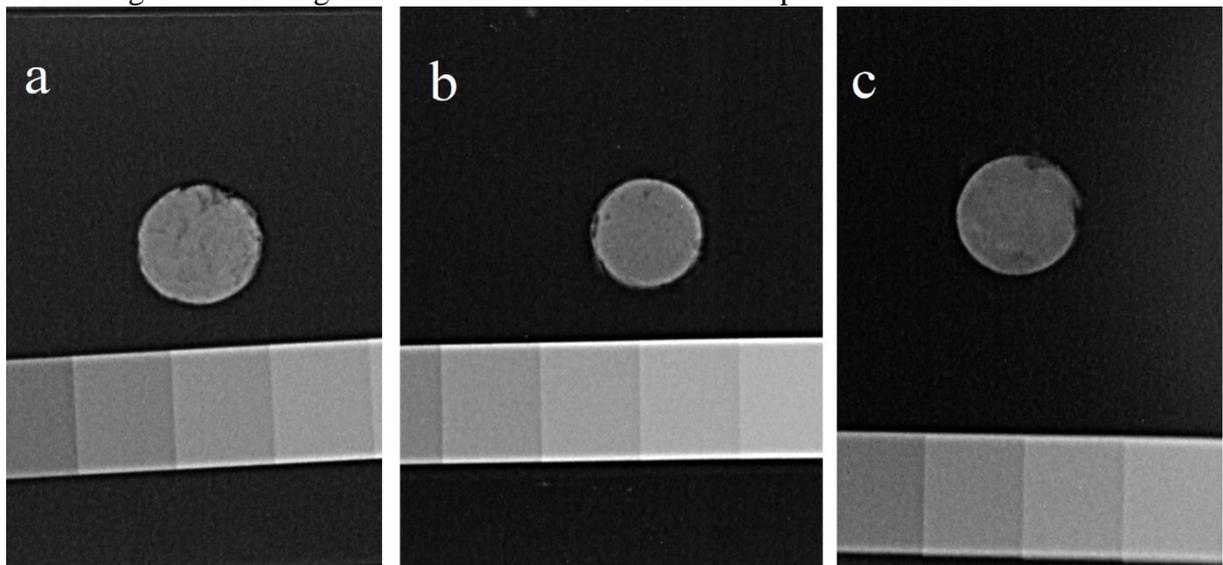
A tabela 1 apresenta a comparação entre os valores médios de radiopacidade dos cimentos analisados nos orifícios circulares da placa de acrílico juntamente com a escala de alumínio. Quanto maior o valor obtido para cada cimento, maior é a sua radiopacidade. A radiopacidade dos cimentos neste método não apresentou diferença estatística ( $p>0,05$ ) entre os grupos avaliados, conforme consta na tabela 1.

Tabela 1 - Médias e Desvio Padrão dos Cimentos no Orifício da Placa de Acrílico

	MÉDIA*(pixels)	DESVIO PADRÃO
MTA HP	91,95 <sup>A</sup>	17,81
MTA BRANCO	98,35 <sup>A</sup>	12,9
BIODENTINE	94,38 <sup>A</sup>	5,12

\* Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ao nível de significância de 0,05

Figura 4 - Radiografia dos cimentos nos orifícios da placa de acrílico



Em ordem decrescente de radiopacidade: em (a) MTA branco convencional; (b) Biodentine; (c) MTA Repair HP

#### 4.2 AVALIAÇÃO COM MODELO SIMULADOR DE TECIDOS

A Tabela 2 apresenta a comparação entre os valores médios de radiopacidade dos cimentos analisados nos tubos de polietileno, juntamente com o bloco simulador de tecidos e a escala de alumínio. No teste de múltipla comparação (Tukey), apenas o cimento MTA branco convencional e o Biodentine apresentaram diferença estatística entre si ( $p < 0,05$ ).

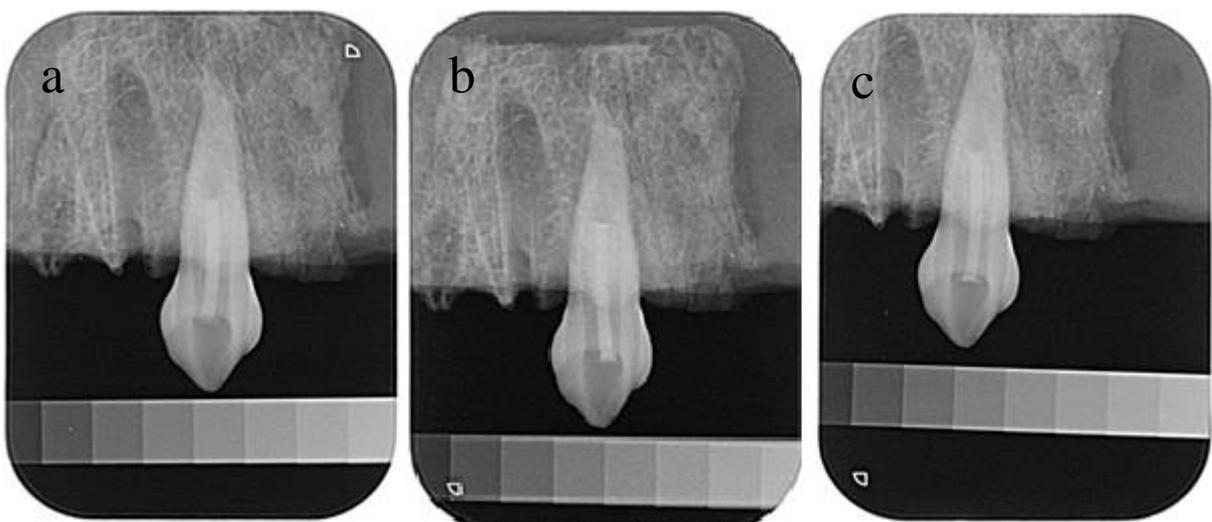
Tabela 2 - Médias e Desvio Padrão dos Cimentos no Bloco Simulador de Tecidos

	MÉDIA*(pixels)	DESVIO PADRÃO
MTA HP	192,5 <sup>AB</sup>	1,758
MTA BRANCO	194,3 <sup>A</sup>	1,379
BIODENTINE	191,1 <sup>B</sup>	3,21

\* Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente ao nível de significância de 0,05

Todos os cimentos quando avaliados dentro do simulador de tecidos tiveram sua radiopacidade maior que o preconizado pela ISO 6876:2012 e, por consequência, conseguimos distinguir o material e a dentina, conforme podemos ver na figura 5. O valor médio obtido na área referente a dentina foi de 181,17 pixels, enquanto que no sexto degrau da escala de alumínio, que equivale aos 3 mm de alumínio, a média foi de 153,12 pixels.

Figura 5 - Radiografias dos cimentos no bloco simulador de tecidos



Em ordem decrescente de radiopacidade: em (a) MTA Branco convencional; (b) MTA Repair HP; (c) Biodentine

## 5 DISCUSSÃO

Neste estudo, três cimentos à base de silicato de cálcio foram avaliados quanto a sua radiopacidade. MTA HP e MTA branco convencional contendo como agente radiopacificador tungstato de cálcio, enquanto que no Biodentine o agente radiopacificador é óxido de zircônio. É importante lembrar que o tungstato de cálcio, em substituição do óxido de bismuto, passou a ser o radiopacificador na composição do MTA branco convencional há pouco tempo, sendo que na literatura não foi encontrado nenhum estudo com esse radiopacificador incorporado ao MTA.

Tagger e Katz (2004) desenvolveram um método para análise de radiopacidade de cimentos endodônticos através da radiografia de amostras ao lado de uma escala de alumínio. Nesta técnica, as radiografias são digitalizadas e a radiopacidade é comparada a escala usando *software* específico. A avaliação de imagens radiográficas digitalizadas com o auxílio de desse *software* mostrou ser o método mais eficiente para determinar a radiopacidade de materiais de uma maneira simples, confiável e facilmente reproduzível.

Eliasson e Haasken (1979) foram os primeiros a estabelecer um método padronizado de medições de radiopacidade para materiais dentários com uma escala de alumínio para permitir a transformação de leituras de luz para uma espessura equivalente. O alumínio em escala é escolhido como o padrão para medir a radiopacidade porque permite a comparação de uma espessura específica da amostra da escala de alumínio sob condições radiográficas típicas.

Por ser um material novo no mercado odontológico, não há uma grande variedade de estudos sobre a radiopacidade do MTA Repair HP. No único estudo encontrado, Guimarães et al. (2018) realizaram uma comparação de radiopacidade entre MTA Repair HP, o MTA Vitalcem e MTA convencional. Três amostras de cada cimento foram preparadas e radiografadas ao lado de uma cunha de alumínio, posteriormente avaliaram as radiografias digitalizadas. De forma semelhante ao que foi observado em nosso estudo, o MTA Repair HP apresentou radiopacidade similar à do MTA convencional, sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ), atendendo aos requisitos da ISO 6876 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2012).

Vivan et al. (2009) avaliaram a radiopacidade de 5 materiais de obturação radicular (MTA Angelus branco, MTA Bio, MTA fotopolimerizável, Sealepox RP e clínquer de cimento Portland com óxido de bismuto e sulfato de cálcio, sendo que a dentina foi utilizada como controle). Cinco peças de 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura foram fabricadas de cada material e juntamente com a escala de alumínio foram radiografadas, usando filmes convencionais. Após o processamento, as radiografias foram digitalizadas. Ao analisar os dados, concluíram que os materiais avaliados apresentaram maior radiopacidade que a dentina. Todos os materiais, exceto o MTA fotopolimerizável, atingiram os padrões mínimos de radiopacidade de 3 mm Al reconhecidos pela ISO 6876:2001 e ADA n.57. Esses resultados estão de acordo com os encontrados neste estudo no que se refere ao MTA Angelus branco. Sendo assim, podemos concluir que mesmo após a troca de radiopacificador, o MTA branco continua atendendo aos requisitos exigidos pela ISO 6876:2012.

Camilleri, Sorrentino e Damidot (2013) desenvolveram estudo com objetivo de caracterizar e investigar um cimento de marca própria à base de silicato tricálcico (Biodentine), e um cimento fabricado em laboratório com uma mistura de silicato tricálcico e óxido de zircônio (TCS-20-Z), e comparar as propriedades com o MTA Angelus. A radiopacidade dos materiais foi investigada usando os métodos da ISO 6876:2001, no qual os orifícios circulares são radiografados ao lado da escala de alumínio. Na avaliação de radiopacidade, não foi encontrado diferença estatística entre os materiais, assim como em nosso estudo. O Biodentine apresentou em ambos os estudos o menor valor de radiopacidade.

Também utilizando a escala de alumínio, Grech, Mallia e Camilleri (2013) avaliaram as propriedades físicas de um material experimental (óxido de zircônio prototípico substituído por cimento de silicato tricálcico) e de dois cimentos de silicato tricálcico comercialmente disponíveis (Bioagregado e Biodentine), sendo um material restaurador intermediário (IRM) usado como controle. Todos os materiais exibiram radiopacidade superior ao padrão de alumínio de 3 mm sugerido pela ISO 6876:2002.

No presente estudo, no modelo simulador de tecidos, observou-se que todos os materiais apresentavam valores em pixels maiores que os observados para a dentina (181,17). Em todos os materiais a radiopacidade foi superior a 3 mm de espessura de alumínio, ficando dentro do padrão preconizado pela ISO 6876:2012.

Tanalp et al. (2013), em uma avaliação com três materiais (Biodentine, MM-MTA e MTA Ângelus) concluiu que a radiopacidade do Biodentine foi significativamente menor em

comparação com outros materiais, enquanto nenhuma diferença significativa foi observada entre MTA Angelus e MM-MTA. Todos os materiais tiveram radiopacidades significativamente maiores em comparação com a dentina. No entanto, o Biodentine não só produziu um valor de radiopacidade mais baixo comparado aos outros materiais, mas também apresentou radiopacidade média ligeiramente inferior ao padrão estabelecido pela ISO para material de obturação retrógrada.

Em outro estudo, Kaup, Schäfer e Dammaschke (2015) compararam a solubilidade, microdureza, radiopacidade e tempo de endurecimento do Biodentine com o ProRoot MTA. A solubilidade em água destilada, radiopacidade e tempo de endurecimento foram avaliados de acordo com a Norma Internacional ISO 6876:2001. Após os testes, ProRoot MTA foi significativamente mais radiopaco do que Biodentine ( $p < 0,0001$ ), concluindo que a radiopacidade de Biodentine não cumpriu os requisitos estabelecidos na Norma Internacional ISO 6876:2001 e que a mesma deveria ser melhorada. Corroborando com esses achados, Lucas et al. (2017) avaliou as propriedades físico-químicas e a resistência de união à dentina apical do cimento Biodentine em comparação ao MTA branco e cimento à base de óxido de zinco e eugenol (OZE). Chegando à conclusão de que os valores de radiopacidade do Biodentine não estão de acordo com as especificações ISO 6876:2012.

Apesar de pequenas diferenças observadas nos resultados dos estudos supracitados, nota-se que o Biodentine é frequentemente apontado como um material que apresenta radiopacidade inferior à de outros cimentos à base de silicato. O mesmo foi observado no presente estudo. Ainda que o material se apresente dentro das normas da ISO para materiais de obturação retrógrada, uma maior radiopacidade poderia ser interessante do ponto de vista clínico, facilitando a visualização da adaptação do material e da presença de falhas de preenchimento. O Biodentine tem em sua composição como agente radiopacizante o óxido de zircônio em concentração de 5%, enquanto que os demais materiais utilizam em sua composição tungstato de cálcio (MTA Repair HP e MTA Angelus branco). Outros cimentos (ProRoot MTA), que utilizam como agente radiopacizante o óxido de bismuto em sua composição, também demonstram valores mais altos de radiopacidade. Nesse sentido, a modificação do agente radiopacizante ou de sua concentração pode ser uma alternativa para aprimorar a radiopacidade desse material.

Uma grande gama de autores analisou o MTA branco convencional e chegaram à conclusão de que o mesmo tem uma radiopacidade dentro dos padrões estabelecidos pela ISO

6876. A maior parte desses estudos avaliou o MTA branco tendo como radiopacificador o óxido de bismuto. O presente estudo é o primeiro a avaliar a nova formulação do MTA branco, que substitui o óxido de bismuto pelo tungstato de cálcio. Da mesma forma, não estão disponíveis para comparação outros estudos que avaliem a radiopacidade do MTA HP, o qual também usa o tungstato de cálcio como radiopacificante.

No presente estudo, quando comparados os dois métodos avaliativos, encontrou-se um valor de radiopacidade maior para os materiais quando os mesmos foram avaliados no modelo simulador de tecidos. Isso reflete a importância de avaliarmos os cimentos o mais próximo da realidade clínica possível pois é onde desejamos encontrar diferenças de radiopacidade entre material, dentina e demais tecidos. Isso está em acordo com os resultados encontrados por Rosa et al. (2011). No estudo foram comparados 3 métodos para verificação da radiopacidade: (a) apenas o material foi radiografado; (b) um segmento retromolar mandibular contendo o material foi posicionado entre o sensor digital e a máquina de raios-X e (c) segmento retromolar mandibular contendo o material mais 30mm de cera utilidade entre o sensor digital e a máquina de raio-X – sempre com uma escala de alumínio ao lado. Como resultado foi constatado que no método (c), com simulação de tecido duro e mole, os valores médios de radiopacidade foram maiores que nas demais situações experimentais para todos os cimentos testados ( $p < 0,05$ ). Além disso, a diferença entre os cimentos mais radiopacos e os menos radiopacos diminuiu para a situação (a) quando comparada à situação (c). Nesse sentido, os autores sugerem que estudos que avaliem a radiopacidade dos cimentos endodônticos devem levar em consideração a influência dos tecidos moles e duros sobre a radiopacidade dos cimentos endodônticos.

Malka et al. (2015), utilizando o mesmo simulador de tecidos utilizado no presente estudo, encontrou resultados que concordam com os achados aqui apresentados. Quando os cimentos foram avaliados apenas ao lado da escala de alumínio sua radiopacidade foi menor do que quando radiografados dentro do simulador de tecidos. Isso ocorre devido à sobreposição de tecidos moles, osso e estrutura dentária, que resultou em um certo grau de radiopacidade que permitiu as distinções entre os materiais e as estruturas anatômicas circundantes.

## **6 CONCLUSÃO**

Considerando os resultados apresentados, pode-se concluir que o MTA Repair HP, tendo como radiopacificador o tungstato de cálcio, bem como o MTA branco convencional, que passou a ter o mesmo radiopacificador em sua formulação, são materiais adequados em termos de radiopacidade, apresentando valores superiores a 3 mm Al e sendo facilmente distinguidos da dentina em modelo simulador de tecidos. O Biodentine possui radiopacidade suficiente para podermos indicar seu uso, visto que clinicamente conseguimos distinguir o material da dentina. Entretanto, o material mostrou-se inferior ao demais cimentos testados no que se refere à radiopacidade quando analisado no modelo simulador de tecidos.

## REFERÊNCIAS

- ANGELUS INDÚSTRIA DE PRODUTOS ODONTOLÓGICOS. **Angelus MTA Repair HP**. Londrina, 2014. Disponível: <<http://angelus.ind.br/MTA-REPAIR-HP-292.html>>. Acesso em: maio 2018.
- ANSI/ADA Specification no. 57 for Endodontic filling material. **The Journal of the American Dental Association**, Chicago, 2000 (reaffirmed 2012).
- BORGES, A. H. et al. Radiopacity evaluation of Portland and MTA-based cements by digital radiographic system. **Journal of Applied Oral Science**, Bauru, v. 19, no. 3, p. 228-232, June 2011.
- CAMILLERI, J. et al. The constitution of mineral trioxide aggregate. **Dental Materials**, Washington, v. 21, no. 4, p. 297-303, Apr. 2005.
- CAMILLERI, J.; SORRENTINO, F.; DAMIDOT, D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. **Dental Materials**, Washington, v. 29, no. 5, p. 580-593, May 2013.
- CINTRA, L. T. A. et al. Cytotoxicity, Biocompatibility, and Biomineralization of the New High-plasticity MTA Material. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 43, no. 5, p. 774-778, May 2017.
- ELIASSON, S. T.; HAASKEN, B. Radiopacity of impression materials. **Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology**, St. Louis, v. 47, no. 5, p. 485-491, May 1979.
- FELMAN, D.; PARASHOS, P. Coronal tooth discoloration and white mineral trioxide aggregate. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 39, no. 4, p. 484-487, Apr. 2013.
- GEGLER, A.; FONTANELLA, V. *In vitro* evaluation of a method for obtaining periapical radiographs for diagnosis of external apical root resorption. **European Journal of Orthodontics**, Oxford, v. 30, p. 315-319, June 2008.
- GORDUYSUS, M.; AVCU, N. Evaluation of the radiopacity of different root canal sealers. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 108, no. 3, p. 135-140, Sept. 2009.
- GRECH, L.; MALLIA, B.; CAMILLERI, J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. **Dental Materials**, Washington, v. 29, no. 2, p. 20-28, Feb. 2013.
- GUIMARÃES, B. M. et al. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA Repair HP and MTA Vitalcem. **Journal of Applied Oral Science**, Bauru, v. 26, 5 Apr. 2018. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0115.
- HOPPE, C. B. et al. A new assessment methodology to evaluate the radiopacity of endodontic filling materials. **Revista Odonto Ciência**, Porto Alegre, v. 28, n. 1, p. 13-17, 2013.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6876**: Dental root sealing materials. Genebra, 2012.

- KAUP, M.; SCHÄFER, E.; DAMMASCHKE, T. An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. **Head & Face Medicine**, London, v. 11, no.1, May 2015.
- LAURENT, P.; CAMPS, J.; ABOUT, I. Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 45, no. 5, p. 439-448, Dec. 2011.
- LUCAS, C. P. T. P. et al. Physicochemical properties and dentin bond strength of a tricalcium silicate-based retrograde material. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 28, no.1, p. 51-56, Feb. 2017.
- MALKA, V. B. et al. A new in vitro method to evaluate radio-opacity of endodontic sealers. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v. 44, no. 5, May 2015.
- MOTA, C. C. B. O. et al. Properties and biological aspects of mineral trioxide aggregate: literature review. **Revista de Odontologia da UNESP**, Araraquara, v. 39, n. 1, p. 49-54, 2010.
- OSKOEI, S. S. et al. Shear bond strength of calcium enriched mixture cement and mineral trioxide aggregate to composite resin with two different adhesive systems. **Journal of Dentistry**, Teerã, v. 6, no. 11, p. 665-671, 2014.
- RAJASEKHARAN, S. et al. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. **European Archives of Paediatric Dentistry**, Leeds, v. 19, no. 1, p. 1-22, Jan. 2018.
- ROSA, R. A. et al. Simulation of soft and hard tissues and its effects on radiopacity of root canal sealers. **Revista Odonto Ciência**, Porto Alegre, v. 26, n. 4, p. 326-330, 2011.
- SILVA, E. J. N. L. et al. Push-out bond strength of MTA HP, a new high-plasticity calcium silicate-based cement. **Brazilian Oral Research**, São Paulo, v. 30, no.1, 2016.
- TAGGER, M.; KATZ, A. A standard for radiopacity of root-end (retrograde) filling materials is urgently needed. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 37, no. 4, p. 260-264, Apr. 2004.
- TANALP, J. et al. Comparison of the radiopacities of different root-end filling and repair materials. **The Scientific World Journal**, Cairo, 2013. doi.org/10.1155/2013/594950.
- TORABINEJAD, M. et al. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 21, no.7, p. 349-353, July 1995.
- VIVAN, R. R. et al. Evaluation of the radiopacity of some commercial and experimental root-end filling materials. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, St. Louis, v. 108, no. 6, p. 35-38, Dec. 2009.
- YELAMALI, S.; PATIL, A. C. Evaluation of shear bond strength of a composite resin to white mineral trioxide aggregate with three different bonding systems-an in vitro analysis. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, [S.l.], v. 8, no. 3, p. e273-e277, 2016.