

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**AVALIAÇÃO DA RADIOPACIDADE E ESPESSURA DE PELÍCULA DO CIMENTO
OBTURADOR À BASE DE RESINA EPÓXI SEALER PLUS**

Lucas Siqueira Pinheiro

Porto Alegre
2017

LUCAS SIQUEIRA PINHEIRO

**AVALIAÇÃO DA RADIOPACIDADE E ESPESSURA DE PELÍCULA DO CIMENTO
OBTURADOR À BASE DE RESINA EPÓXI SEALER PLUS**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito final para a obtenção do título de Especialista em Endodontia.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Fabiana Soares Grecca

Linha de pesquisa: Biomateriais e Técnicas Terapêuticas em Odontologia

Porto Alegre

2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Silvia Nara Siqueira Pinheiro** e **Cláudio Tavares Pinheiro**, por serem meus maiores exemplos de vida. Por me incentivarem e compreenderem que eu precisaria sair de casa para correr atrás do meu sonho, por me “levantarem” e me lembrarem de quem eu sou nos momentos mais difíceis da minha vida.

Ao meu irmão, **Henrique Siqueira Pinheiro**, por ser um grande amigo e me ajudar sempre que precisei.

À minha avó **Nilda**, que me ajuda e incentiva desde que me mudei para Porto Alegre.

À minha família de Porto Alegre, **Eliana, Nitta, Hideki, Bianca, Coca, Mirna, Léo, Letícia, Bebeth** e **Luiz**. Obrigado por tudo, por me ajudarem sempre que precisei.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. **Fabiana Soares Grecca**, por me ajudar desde o começo do curso e entender minhas angústias e dificuldades.

Aos **professores da pós-graduação**, pelos ensinamentos e pelo agradável convívio na clínica.

Aos meus **colegas de especialização**, com certeza os dias foram melhores por causa de vocês, pelas brincadeiras e amizade diária.

Aos **pacientes**, os quais confiaram e me permitiram aprimorar minha prática clínica.

Aos funcionários da faculdade, em especial, à **Alessandra**, sempre disposta a ajudar.

À todos que contribuíram diretamente e indiretamente com minha formação profissional

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades de radiopacidade e espessura de película do Sealer Plus e comparar com o AH Plus e MTA Fillapex. Para o teste de radiopacidade foram confeccionados 6 dos corpos de prova com espessura de 1 mm e 5 mm de diâmetro para cada material avaliado e as imagens radiográficas foram obtidas em uma placa de fósforo, digitalizadas e analisadas. Para o teste de espessura de película, foram confeccionadas duas placas de vidro com 5 mm de espessura medindo 15 x 15 mm de comprimento e com uma área de contato de $200 \pm 25 \text{ mm}^2$, foi realizada uma carga vertical de 150 N sob as placas com o cimento e, após 10 minutos, a espessura de película foi avaliada com paquímetro digital ($n=3$). A comparação entre os materiais foi realizada através do teste de Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn ($P \leq 0,05\%$). Em relação a radiopacidade, não houve diferença estatística entre o Sealer Plus e demais materiais ($P > 0,05$). Houve diferença estatisticamente significativa entre o cimento AH Plus e o MTA Fillapex ($P \leq 0,05$), sendo o AH Plus com maior grau de radiopacidade de todos materiais. Quando avaliada a espessura de película, o cimento AH Plus apresentou maior espessura com diferença estatisticamente significativa dos demais materiais ($P \leq 0,05$). Não houve diferença estatística entre o Sealer Plus e MTA Fillapex ($P > 0,05$). Considerando este resultados, os materiais testados apresentaram propriedades físico-químicas de radiopacidade e espessura de película dentro das normas de standardização ISO e ANSI/ADA.

Palavras-chave: Endodontia, propriedades físico-químicas, radiopacidade, cimentos obturadores, resina epóxi.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the radiopacity and film thickness properties of Sealer Plus and compare it with AH Plus and MTA Fillapex. For the radiopacity test, 6 specimens with a thickness of 1 mm and 5 mm in diameter were prepared for each material and the radiographic images were obtained on a phosphor plate, digitized and analyzed. For the film thickness test, two 5 mm thick glass plates measuring 15 x 15 mm in length and having a contact area of 200 ± 25 mm² were made, a vertical load of 150 N was performed under the plates with the sealer and, after 10 minutes, the film thickness was evaluated with digital caliper (n = 3). The comparison between the materials was performed using the Kruskal-Wallis test supplemented by the Dunn test ($P \leq 0.05\%$). Regarding radiopacity, there was no statistical difference between Sealer Plus and other materials ($P > 0.05$). There was statistically significant difference between the AH Plus sealer and the MTA Fillapex ($P \leq 0.05$), with AH Plus having the highest degree of radiopacity of all materials. When the film thickness was evaluated, the AH Plus sealer presented a higher thickness with statistically significant difference of the other materials ($P \leq 0.05$). There was no statistical difference between Sealer Plus and MTA Fillapex ($P > 0.05$). Considering these results, the materials tested showed physicochemical properties of radiopacity and film thickness according ISO and ANSI/ADA standards.

Keywords: Endodontics, physicochemical properties, radiopacity, sealers, epoxy resin.

SUMÁRIO

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA	7
2 OBJETIVOS	12
3 METODOLOGIA	13
3.1 Considerações éticas	13
3.2 Análise de radiopacidade	13
3.3 Análise de espessura de película	14
3.4 Análise estatística	14
4 RESULTADOS	15
5 DISCUSSÃO	17
6 CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS	22

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

A completa limpeza e obturação do sistema de canais radiculares são fatores decisivos para o sucesso da terapia endodôntica (COLLARES et al., 2013). O preenchimento tridimensional desse sistema é essencial para prevenir a reinfecção radicular (SONG et al., 2016).

O procedimento de obturação do canal radicular requer um material sólido, normalmente a guta-percha, e um cimento, o qual irá atuar como agente ligante entre o material sólido e a dentina do canal radicular (MICHAUD et al., 2008; PRULLAGE et al., 2016).

Os cimentos endodônticos devem ser biocompatíveis e apresentar adequadas propriedades físico-químicas (DE-DEUS et al., 2009). Dentre as características físico-químicas desejadas de um material obturador, a radiopacidade é considerada uma das mais importantes (COLLARES et al., 2013). Essa propriedade permite distinguir entre as estruturas anatômicas circundantes e o material, e tem sido relevante para a avaliação da qualidade do preparo químico mecânico e da obturação (MCCOMB & SMITH 1976; BODRUMLU; SUMER; GUNGOR, 2007; BORGES et al., 2011).

Diante da importância desta propriedade para o tratamento endodôntico, foi estandardizado um grau mínimo de radiopacidade para que o material seja utilizado clinicamente. De acordo com a International Organization for Standardization (ISO 6876) e a American National Standard/American Dental Association (ANSI/ADA), o grau de radiopacidade deve ser de, no mínimo, 3 mm de espessura quando comparado a uma escala estandardizada de alumínio.

Outra característica igualmente importante do cimento obturador é a espessura de película. É definida como uma fina camada entre a guta-percha e as paredes dentinárias com objetivo de preencher pequenos espaços e prevenindo a percolação de fluídos através do sistema de canais radiculares (COLLARES et al., 2013). Além disso, permite que o cimento penetre nos túbulos dentinários e canais acessórios. Uma alta espessura de película é indesejável por interferir no assentamento dos cones de guta-percha durante o procedimento de obturação (ØRSTAVIK, 1982). Para tanto, foi estabelecido pela ISO 6876:2012 e pela ANSI/ADA n°57 que a espessura de película adequada não deva ultrapassar 50 µm.

Ao longo dos anos, diversos cimentos obturadores têm sido fabricados e, independentemente da sua composição química, todos devem preencher os requisitos estabelecidos pela ISO ou pela ANSI/ADA. Os variados cimentos endodônticos disponíveis no mercado podem ser divididos de acordo com a sua composição química: cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, que contém hidróxido de cálcio, à base de ionômero de vidro, à base de silicato de cálcio, à base de resina metacrilato e à base de resina epóxi.

O primeiro cimento à base de resina epóxi foi proposto por Schroeder, em 1954. No final dos anos 90, a Dentsply (De Trey, Konstanz, Alemanha) introduziu no mercado o cimento AH Plus, uma versão modificada do cimento AH-26 (Dentsply, Maillefer). O AH Plus é formado da mistura de uma pasta base e pasta catalisadora. A pasta base é composta por bisphenol A, óxido de ferro, sílica, óxido de zircônia e tungstato de cálcio (radiopacificadores). A pasta catalisadora é composta de Dibenzil-5-oxanonane-diamina-1,9 e amina adamantada (LEE et al., 2017).

Segundo Almeida et al (2017), esse cimento tem sido utilizado como padrão-ouro devido às suas propriedades físicas. Ele tem demonstrado adequada estabilidade dimensional (ZHOU et al., 2013), baixa solubilidade e desintegração (VERSIANI et al., 2006), boa radiopacidade (TASDEMIR et al., 2008; RESENDE et al., 2009; MARCIANO et al., 2011; SONG et al., 2016), adequada espessura de película (VERSIANI et al., 2006, MARCIANO et al., 2011; COLLARES et al., 2013; ZHOU et al., 2013) baixa solubilidade (PRULLAGE et al., 2016) entre outras características positivas. Por outro lado, na presença de umidade, esse cimento não se adere eficientemente às paredes do canal (ROGGENDORF et al., 2007), não possui propriedades bioativas (BORGES et al., 2012) e não possui potencial osteogênico (KIM et al., 2013).

A partir da procura por materiais que possuíssem a capacidade de induzir tecido mineralizado, em 2010, foi desenvolvido o cimento obturador MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) (SALLES et al., 2012; VIAPIANA et al., 2013). Após a mistura, esse cimento é composto de: resina salicilato, resina natural, diluente de resina, trióxido de bismuto, sílica nanoparticulada e MTA (LEE et al., 2017). Além de bioatividade (SALLES et al., 2012), esse cimento possui algumas propriedades físico-químicas adequadas como: radiopacidade (PRULLAGE et al., 2016; LEE et al., 2017), espessura de película (ZHOU et al, 2013; MARCIANO; DUARTE; CAMILLERI, 2016), baixa solubilidade (PRULLAGE et al., 2016) entre outras.

Segundo Zhou et al (2013), esse cimento apresenta tempo de presa adequado (2.5 ± 0.3 h), por outro lado outros estudos exibiram resultados desfavoráveis, sendo que, em alguns estudos, a presa não ocorreu (PRULLAGE et al., 2016; LEE et al., 2017). Além disso, esse material induziu severa toxicidade quando testado fresco em fibroblastos, não regredindo em até 4 semanas (SILVA et al., 2013), gerou efeitos irritantes em tecido conjuntivo e ósseo de ratos (TAVARES et al., 2013; ASSMANN et al., 2015).

Desde o desenvolvimento dos cimentos AH Plus e MTA Fillapex, diversos estudos foram realizados comparando as propriedades físico-químicas de ambos materiais.

Silva et al, em 2013, avaliaram a radiopacidade desses cimentos de acordo com a ISO 6876/2001. Foram confeccionados corpos de prova de 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Após a presa, os materiais foram radiografados e as películas radiográficas foram processadas. As imagens foram digitalizadas e avaliadas de acordo com sua densidade radiográfica. O cimento AH Plus demonstrou grau de radiopacidade de 8.59 mm de alumínio e o MTA Fillapex apresentou grau de 7.06 mm de alumínio, com diferença estatisticamente significativa entre os dois cimentos.

Viapiana et al, em 2013, avaliaram se a adição dos radiopacificadores óxido de zircônia, óxido de nióbio micro e nanoparticulados ao material experimental à base do cimento Portland influenciaria nas características mecânicas e físico-químicas desse cimento. Como comparação, os autores avaliaram os cimentos AH Plus, MTA Fillapex e Sealapex (SybronEndo – Sybron Dental Specialties, Glendona, CA, USA). Em relação à radiopacidade, os autores seguiram as normas da ISO 6876/2012. Após a presa, os materiais foram radiografados com uma película radiográfica digital. Em ordem decrescente de radiopacidade: AH Plus (15.74 ± 0.25 mmAl), Sealapex (7.43 ± 0.89 mmAl), MTA Fillapex (7.11 ± 0.35 mmAl) e o cimento Portland com os diferentes radiopacificadores nano e microparticulados não obtiveram o valor mínimo de 3 mmAl preconizadas pela ISO 6876/2102. Além da radiopacidade, seguindo a mesma ISO, foi avaliada a espessura de película desses cimentos e verificaram que todos materiais testados ultrapassaram a espessura máxima preconizada pela ISO 6876/2012, sendo os valores do AH Plus de 85 ± 8 μ m e do MTA Fillapex de 75 ± 12 μ m, apresentando uma fluidez excessiva.

Por outro lado, Zhou et al. (2013), ao avaliarem a espessura de película de diversos cimentos endodônticos de acordo com a ISO 6876/2001, observaram que o cimento MTA Fillapex obteve espessura de película de $23 \pm 7.05 \mu\text{m}$ e que o AH Plus obteve $16.07 \pm 4.5 \mu\text{m}$, estando dentro das normas preconizadas.

Borges et al, em 2014, verificaram a radiopacidade dos dois cimentos de acordo com a ANSI/ADA n°57 e modificada por Carvalho Jr. et al (2007), onde houve a diminuição do corpo de prova de 10 para 5mm. De acordo com essa modificação, foram confeccionados seis corpos de prova e após a presa, foram realizadas radiografias digitais. O cimento AH Plus obteve densidade radiográfica de 193.80 ± 7.82 , e o MTA Fillapex 172.00 ± 7.42 , o que corresponde a 8 e 6 mmAl respectivamente, com diferença estatisticamente significativa.

Prullage et al, em 2016, avaliaram diversas propriedades físico-químicas de um cimento à base de silicato de cálcio denominado BioRoot RCS (Septodont, St Maur-des-Fossés, França) e dois cimentos à base de resina: AH Plus e MTA Fillapex. Com relação a radiopacidade, foram confeccionados corpos de prova de 10 mm de espessura e 1 mm de diâmetro seguindo a ISO 6876/2012. Após presa, os materiais foram radiografados e os filmes foram processados em um processador automático. Em ordem decrescente, o grau de radiopacidade dos materiais foram: $6.85 \pm 0.12 \text{ mmAl}$ (BioRoot RCS), $6.85 \pm 0.11 \text{ mmAl}$ (AH Plus) e $6.73 \pm 0.08 \text{ mmAl}$ (MTA Fillapex). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais.

Lee et al, em 2017, avaliaram diversas propriedades físico-químicas de cimentos obturadores biocerâmicos, à base de resina epóxi e resina salicilato. Dentre esses materiais, foi avaliada a radiopacidade dos cimentos AH Plus e MTA Fillapex seguindo as normas da ISO 6876/2012 e ANSI/ADA n°57. Após presa, os materiais foram radiografados e processados de forma digitalizada. O cimento AH Plus obteve maior radiopacidade (10.00 mmAl) quando comparado com o cimento MTA Fillapex ($3.01 \pm 0.20 \text{ mmAl}$).

Recentemente foi lançado no mercado um cimento obturador à base de resina epóxi denominado Sealer Plus (MKLife - Medical and Dental Products, Brasil). É composto a partir da mistura de duas pastas, a pasta base contém: Bisfenol A-co-epiclorohidrina (30 - 40%), Bisfenol F resina epóxi (30 - 40%), óxido de zircônia (13 - 17%), silicone e siloxanos (2 - 4%), óxido de ferro (0.1 - 0.5%) e hidróxido de cálcio (10 - 15%). A pasta catalisadora contém: hexametilenotetramina (28 - 32%), óxido de zircônio (18 - 20%), silicone e siloxanos (2 - 4%), hidróxido de cálcio (10 - 15%) e

tungstato de cálcio (30 - 40%). Segundo o fabricante, esse cimento possui espessura de filme menor ou igual a 50 μm , radiopacidade maior ou igual a 3 mmAl, tempo de presa de 6,5 a 7,5 horas, solubilidade abaixo de 3% e grau de fluxo maior ou igual a 17 mm.

Contudo, não existem estudos na literatura que avaliem as características físico-químicas desse cimento. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar as propriedades de radiopacidade e espessura de película do cimento Sealer Plus.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades físico-químicas radiopacidade e espessura de película do cimento endodôntico à base de resina epóxi Sealer Plus e comparar com os cimentos AH Plus e MTA Fillapex.

3 METODOLOGIA

3.1 Considerações éticas

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Pesquisa da Faculdade de Odontologia (COMPESQ) da UFRGS sob nº 32.780.

Todo o material químico utilizado no estudo foi descartado em galões específicos presentes no Laboratório de Bioquímica e Microbiologia (LABIM) da FO-UFRGS. Após, foram recolhidos pela Faculdade de Química da UFRGS.

3.2 Análise da radiopacidade

A análise de radiopacidade foi realizada de acordo com a ANSI/ADA nº 57 modificada por Carvalho Jr. (2007). Para este experimento, inicialmente foi confeccionado uma placa de silicone, com espessura de 1 mm, aferida por micrômetro (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil), contendo 6 orifícios com 5 mm de diâmetro cada um. Os cimentos foram preparados conforme as instruções do fabricante. A placa de silicone com os orifícios foi colocada sobre uma placa de vidro coberta por papel celofane e os orifícios foram preenchidos, com ajuda de uma espátula, com os cimentos. Após o tempo de presa preconizado pelos fabricantes, a placa de silicone foi retirada da placa de vidro e as 6 pastilhas de cimento foram radiografadas juntamente com uma escala de alumínio.

As imagens radiográficas foram obtidas em uma placa de fósforo (DURR DENTAL, Alemanha) e aparelho Timex 70 E Saevo, operando em 70 kVp, 7 mA, tempo de 0,2 segundos e distância focal de 30 cm.

As radiografias foram digitalizadas através do aparelho VistaScan (DURR DENTAL, Alemanha) com resolução de 300 dpi e 8 bits, arquivadas no formato JPEG. Cada imagem foi codificada de forma a identificar o material utilizado.

As imagens foram analisadas no programa Adobe Photoshop® software (version 2017.1.1, Adobe Systems, San Jose, CA, USA). Um círculo de tamanho standardizado (400 pixels) foi desenhado no centro da amostra e no sexto degrau da escala de alumínio. A média e desvio-padrão da escala de pixel (0-preto a 256-branco) das áreas selecionadas foram medidas pela ferramenta do programa e

anotadas por um avaliador calibrado e cego quanto aos grupos. O valor de pixel obtido do material foi comparado ao valor de pixel obtido na escala de alumínio.

3.3 Análise da espessura de película

A espessura de película foi avaliada de acordo com a ISO 6876:2012. Foram confeccionadas duas placas de vidro com 5 mm de espessura medindo 15 x 15 mm de comprimento e com uma área de contato de $200 \pm 25 \text{ mm}^2$.

Primeiramente, com um paquímetro digital (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil), foi aferida a espessura das duas placas de vidro sobrepostas e a área da aferição (centro da placa) foi marcada com uma caneta. Os cimentos foram espatulados e, com uma seringa, foi depositado 0.05 mL do cimento no centro de uma das placas. Logo após, a outra placa foi colocada sob o cimento. Após $180 \pm 10 \text{ s}$, uma carga vertical de 150 N foi aplicada sob as placas contendo o cimento. Após 10 minutos do começo da espatulação do material, a espessura das duas placas com o material foi aferida com um paquímetro digital. A espessura de película foi calculada pela diferença entre a espessura das placas com e sem o cimento. Foram realizadas três amostras de cada cimento.

3.4 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar a radiopacidade e escoamento de película foi realizado o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn. O nível de significância adotado foi de 5%. Todos os dados foram avaliados utilizando o software GraphPad Prism 5 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA).

4 RESULTADOS

Os resultados estão ilustrados nos gráficos 1 e 2 e tabela 1.

Todos materiais cumpriram com as exigências da ISO 6876:2012 e da ANSI/ADA especificação n°57 tanto para o teste de radiopacidade quanto para a espessura de película.

Em relação a radiopacidade, não houve diferença estatística entre o Sealer Plus e demais materiais ($P>0.05$). Houve diferença estatisticamente significativa entre o cimento AH Plus e o MTA Fillapex ($P\leq 0.05$), sendo o primeiro o cimento com maior grau de radiopacidade de todos materiais. (Gráfico 1).

Na tabela 1, observa-se a densidade radiográfica de cada degrau da escala de alumínio e o correspondente grau em milímetros de alumínio.

Quando avaliada a espessura de película, o cimento AH Plus apresentou maior espessura com diferença estatisticamente significativa dos demais materiais ($P\leq 0.05$). Não houve diferença estatística entre o Sealer Plus e MTA Fillapex ($P>0.05$) (gráfico 2).

Gráfico 1: Densidade radiográfica de cada material e comparação entre os grupos.

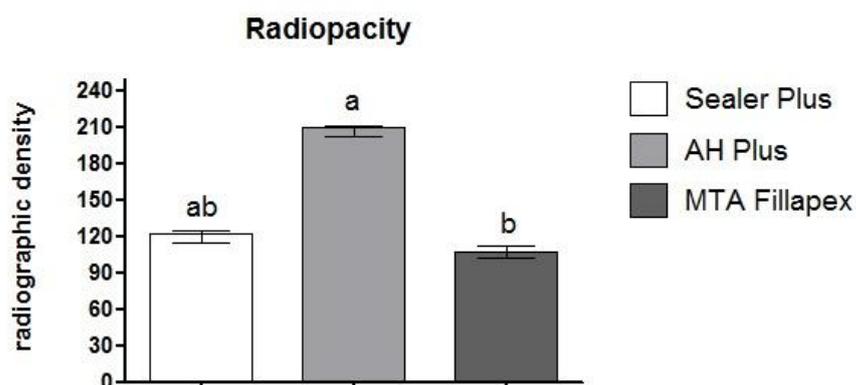
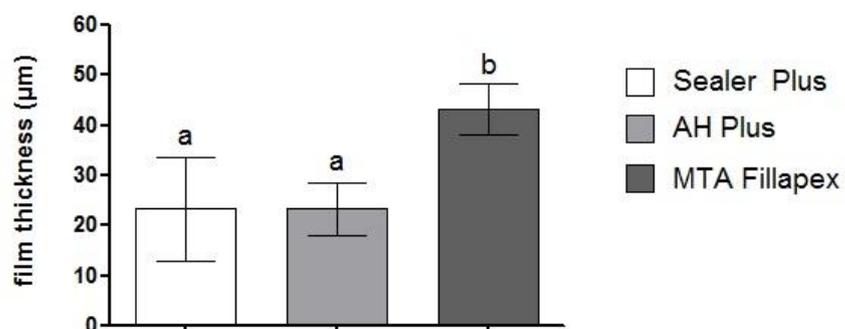


Tabela 1: Densidade radiográfica da escala de alumínio

Steps of Aluminium stepwedge (mm)	Radiographic density (mean \pm SD)
1	55.50 \pm 5.86
2	82.59 \pm 6.51
3	105.99 \pm 6.30
4	126.10 \pm 6.04
5	142.03 \pm 6.02
6	155.94 \pm 5.84
7	178.29 \pm 5.61
8	188.28 \pm 5.62

Gráfico 2: Espessura de película de cada material e comparação entre os grupos.



5 DISCUSSÃO

Um material obturador deve ser radiopaco para que possa ser visualizado radiograficamente e que possa ser realizada a distinção entre o material e as estruturas anatômicas circundantes, além de avaliar a qualidade da obturação (MARIN-BAUZA et al., 2012). Para tanto, essa propriedade deve ser avaliada em todos cimentos obturadores, principalmente em materiais recentemente desenvolvidos. A ISO 6876:2012 e ANSI/ADA n° 57 requerem o mínimo de radiopacidade equivalente a 3 milímetros da escala standardizada de alumínio.

Enquanto os órgãos de controle requerem um limite mínimo, deve-se enfatizar que um extremo contraste do cimento pode gerar a falsa impressão de densidade e homogeneidade da obturação, principalmente quando o material é utilizado juntamente com guta-percha (ØRSTAVIK, 2005; GAMBARINI et al., 2006).

A escala standardizada de alumínio foi introduzida em 1979 por Eliasson e Haasken com o objetivo de avaliar radiopacidade de materiais dentários. Foi escolhida como padrão neste estudo porque permite a comparação com uma espessura específica de alumínio em condições radiográficas normais (WILLIAMS & BILLINGTON, 1987).

Foram confeccionados corpos de prova de 1 mm de espessura por 5 mm de diâmetro conforme modificação da ANSI/ADA n°57 realizada por Carvalho Jr. (2007). Essa alteração reduz o volume do material utilizado para confeccionar os corpos de prova, além disso, permite maior número de amostras por placa de fósforo (CARVALHO JR, 2007). De acordo com Tagger e Katz (2003), o menor diâmetro e, conseqüentemente, menor superfície para avaliação é compensada pelo método utilizado em que a imagem é examinada detalhadamente e mensurada diretamente sob alta magnificação em um computador. Desta forma, é possível escolher uma área homogênea representativa para mensuração, diferentemente de outros métodos que utilizam um densitômetro óptico, o qual necessita da mensuração de três regiões distintas devido às irregularidades que não são observadas a olho nu (TAGGER & KATZ, 2003).

No presente estudo, foi utilizada a radiografia digital para avaliar a radiopacidade dos cimentos obturadores. Os sistemas radiográficos digitais têm sido frequentemente utilizados para avaliar a radiopacidade desses materiais (CARVALHO-JUNIOR et al., 2007; VIAPIANA et al., 2013; BORGES et al., 2014;

LEE et al., 2017). Este sistema não necessita de radiografias convencionais e processamento químico das mesmas, conseqüentemente torna-se um método rápido (MCDONNELL & PRICE, 1993) e diminui os estágios que poderiam interferir na qualidade da radiografia fornecendo mais consistência aos dados quando comparado ao sistema convencional, além de diminuir a potencial exposição do operador à radiação (GU et al.; 2006). Neste estudo, além da padronização do tempo de exposição e distância, foi utilizada a mesma placa de fósforo com o objetivo de standardizar a imagem obtida.

A utilização de um software radiográfico permite uma análise detalhada da imagem digital, a qual é visualizada em um computador e pode ser avaliada graficamente ou através de valores de pixel cinza (CARVALHO-JUNIOR et al., 2007). As imagens digitais podem ser processadas para se observar detalhes que não aparecem em filmes não digitalizados. Em um filme não digitalizado, o olho humano não consegue identificar os 255 tons de cinza. Já em um computador, o sistema digital consegue diferenciar todos os tons através da imagem digital (FARMAN & SCARFE, 1994).

Sabe-se que os cimentos utilizados para obturação de canais radiculares devem preencher requisitos de radiopacidade (mínimo de 3 mmAl). No presente estudo, pode-se observar que todos materiais testados obtiveram grau de radiopacidade acima do mínimo estabelecido pela ISO 6876:2012 e ANSI/ADA n°57. Embora todos cimentos tenham ultrapassado os requisitos mínimos preconizados, o cimento AH Plus obteve maior grau de radiopacidade (acima de 8 mmAl) com diferença estatística ($p \leq 0.05$) para o MTA Fillapex (3 mmAl) e sem diferença para o Sealer Plus (4 mmAl). Este estudo corrobora com pesquisas anteriores que observaram haver diferença estatística entre o AH Plus e MTA Fillapex (SILVA et al., 2013; VIAPIANA et al., 2013; BORGES et al., 2014; LEE et al., 2017), sendo que o AH Plus sempre se apresentou mais radiopaco.

Esta diferença pode ser explicada pelos componentes radiopacificadores de cada cimento. O cimento AH Plus possui como agentes radiopacificadores o óxido de zircônia e tungstato de cálcio, enquanto o MTA Fillapex é composto por trióxido de bismuto (LEE et al., 2017). Além dos diferentes radiopacificadores, a interação química entre eles pode influenciar na radiopacidade de cada material (BORTOLUZZI et al., 2009).

Já o cimento Sealer Plus apresenta os mesmos radiopacificadores que o AH Plus. Apesar de não ter diferença estatística entre os dois cimentos, o Sealer Plus foi menos radiopaco, esta diferença pode estar associada à proporções diferentes dos radiopacificadores e também à interação química entre os componentes.

Em estudos anteriores, pode-se observar que há uma grande variação de radiopacidade do mesmo cimento, desde 6.85 mmAl até 15.74 mmAl para o AH Plus e de 3.01 mmAl até 7.11 mmAl para o MTA Fillapex (SILVA et al., 2013; VIAPIANA et al., 2013; BORGES et al., 2014; LEE et al., 2017). Essa variação de resultados pode ser explicada pelas diferentes metodologias empregadas no que tange ao tempo de exposição, distância entre o material e o aparelho radiográfico, potência do aparelho, escala de alumínio utilizada, técnica de captação de imagem, e forma de processamento (SILVA et al., 2013; VIAPIANA et al., 2013; BORGES et al., 2014; LEE et al., 2017).

Além disso, Baldi et al (2012), ao avaliarem diversas partes do mesmo tubo de AH Plus (começo, metade e final), observaram que há segregação dos componentes orgânicos e inorgânicos do mesmo tubo, o que poderia ter influenciado nos diferentes resultados do teste de radiopacidade de diversos estudos.

Os resultados de radiopacidade dos estudos para o AH Plus sempre apresentaram valores muito maiores que 3 mmAl. Esta característica pode ser desfavorável já que um cimento muito radiopaco pode mascarar uma obturação deficiente.

Além da radiopacidade, foi avaliada a espessura de película dos materiais obturadores seguindo a metodologia proposta pela ISO 6876:2012. Tanto a ISO 6876:2012 quando a ANSI/ADA n° 57 definem como limite máximo adequado a espessura de 50 µm. Uma alta espessura de película é indesejável por interferir no assentamento dos cones de guta-percha durante o procedimento de obturação (ØRSTAVIK, 1982). Pode-se observar que todos materiais obtiveram espessura menor do que a máxima recomendada pela ISO 6876:2012 e pela ANSI/ADA n°57, corroborando resultados de estudos anteriores onde foram avaliados os cimentos AH Plus e MTA Fillapex (ZHOU et al., 2013; MARCIANO; DUARTE; CAMILLERI, 2016). Este resultado sugere que uma película fina de cimento se forme entre os cones de guta-percha e as paredes do canal.

O cimento Sealer Plus apresentou resultados dentro das normas de standardização e diante da inexistência de estudos anteriores que avaliem as

propriedades deste cimento, compreende-se a necessidade de mais estudos avaliando tanto propriedades físico-químicas quanto biológicas deste material para que possa ser utilizado com segurança na prática clínica.

6 CONCLUSÕES

O cimento endodôntico à base de resina epóxi Sealer Plus, apresentou propriedades físico-químicas de radiopacidade e espessura de película dentro das normas de standardização ISO e ANSI/ADA.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L, H, S.; MORAES, R, R.; MORGENTAL, R, D.; PAPPEN, F, G. Are premixed calcium silicate–based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. **Journal of Endodontics**, v.43, n.4, p.527-535, 2017.

American National Standards Institute /American Dental Association Laboratory testing methods: endodontic filling and sealing materials. Specification n° 57. ADA Professional Product Review 3, 1–10, 2008.

ASSMANN, E.; BOTTCHEER, D, E.; HOPPE, C, B.; GRECCA, F, S.; KOPPER, P, M, P. Evaluation of Bone Tissue Response to a Sealer Containing Mineral Trioxide Aggregate. **Journal of Endodontics**, v.41, n.1, p.62-66, 2015.

BALDI, J, V.; BERNARDES, R, A.; DUARTE, M, A, H.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; CAVENAGO, B, C.; MORAES, J, C, S.; MORAES, I, G. Variability of physicochemical properties of an epoxy resin sealer taken from different parts of the same tube. **International Endodontic Journal**, v.45, p.915-920, 2012.

BODRUMLU, E.; SUMER, A, P.; GUNGOR, K. Radiopacity of a new root canal sealer, epiphany. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology**, v.104, p.e59-e61, 2007

BORGES, A, H.; DORILEO, M, C, G, O.; VILLA, R, D.; BORBA, A, M.; SEMENOFF, T, A, D, V.; GUEDES, O, A.; ESTRELA, C, R, A.; BANDECA, M, C. physicochemical properties and surfaces morphologies evaluation of MTA Fillapex and AH Plus. **The Scientific World Journal**, v.2014, p.1 - 6, 2014.

BORGES, A, H.; PEDRO, F, L.; SEMANOFF-SEGUNDO, A.; MIRANDA, C, E.; PÉCORA, J, D.; FILHO, A, M, C. Radiopacity evaluation of Portland and MTA-based cements by digital radiographic system. **Journal of Applied Oral Science**, v.19, p. 228-232, 2011.

BORGES, R, P.; SOUSA-NETO, M, D.; VERSIANI, M, A.; RACHED-JÚNIOR, F, A.; DE-DEUS, G.; MIRANDA, C, E, S.; PÉCORA, J, D. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. **International Endodontic Journal**, v.45, p.419-428, 2012.

BORTOLUZZI, E, A.; GUERREIRO-TANOMARU, J, M.; TANOMARU-FILHO, M.; DUARTE, M, A, H. Radiographic effect of different radiopacifiers on a potential retrograde filling material. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontology**, v.108, p. 628-632, 2009.

CARVALHO-JUNIOR, J, R.; CORRER-SOBRINHO, L.; CORRER, A, B.; SINHORETI, M, A, C.; CONSANI, S.; SOUSA-NETO, M, D. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. **International Endodontic Journal**, v.40, p.514-420, 2007.

COLLARES, F, M.; KLEIN, M.; SANTOS, P, D.; PORTELLA, F,F.; OGLIARI, F.; LEITUNE, V, C, B.; SAMUEL, S, M, W. Influence of radiopaque fillers on physicochemical properties of a model epoxy resin-based root canal sealer. **Journal of Applied Oral Science**, v.21, n.6, p.533-539, 2013.

DE-DEUS, G.; DI GIORGI, K.; FIDEL, S.; FIDEL, R, A.; PACIORNIK, S. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany and Resilon/Epiphany self-etch to root dentin. **Journal of Endodontics**, v.35, n.7, p.1048-1050, 2009.

ELIASSON S, T.; HAASKEN, B. Radiopacity of impression materials. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology**, v.47, p.485-491, 1979.

FARMAN A, G.; SCARFE, W, C. Pixel perception and voxel vision: constructs for a new paradigm in maxillofacial imaging. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.23, p.5–9, 1994.

GAMBARINI, G.; TESTARELLI, L.; PONGIONE, G.; GEROSA, R.; GAGLIANI, M. Radiographic and rheological properties of a new endodontic sealer. **Australian Endodontic Journal**, v.32, p.31-34, 2006.

GU, S.; RASIMICK, B, J.; DEUTSCH, A, S.; MUSIKANT, B, L. Radiopacity of dental materials using a digital X-ray system. **Dental Materials**, v.22, p.765-770, 2006.

International Organization for Standardization ISO 6876. Dentistry — Root Canal Sealing Materials. London, UK: British Standards Institution, 2012

KIM, T, G.; LEE, Y, H.; LEE, N, H.; BHATTARAI, G.; LEE, K.; YUN, B.; YI, K. The antioxidant property of pachymic acid improves bone disturbance against AH plus-induced inflammation in MC-3T3 E1 cells. **Journal of Endodontics**, v.39, n.4, p.461-466, 2013.

LEE, J, K.; KWAK, S, W.; HA, J.; LEE, W.; KIM, H. Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. **Bioinorganic Chemistry and Applications**. v.2017, p.1-8, 2017.

MARCIANO, M, A.; DUARTE, M, A, H.; CAMILLERI, J. Calcium silicate-based sealers: Assessment of physicochemical properties, porosity and hydration. **Dental Materials**, v.32, p.e30-e40, 2016.

MARCIANO, M, A.; GUIMARÃES, B, M.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; BRAMANTE, C, M.; CAVENAGO, B, C.; GARCIA, R, B.; BERNARDINELI, N.; ANDRADE, F, B.; MORAES, I, G.; DUARTE, M, A, H. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. **Journal of Endodontics**, v.37, n.10, p.1414-1421, 2011.

MARÍN-BAUZA, G, A.; SILVA-SOUSA, Y, T, C.; CUNHA, S, A.; RACHED-JUNIOR, F, J, A.; BONETTI-FILHO, I.; SOUSA-NETO, M, D.; MIRANDA, C, E, S. Physicochemical properties of endodontic sealers of different bases. **Journal of Applied Oral Science**, vol. 20, n.4, p.455-461, 2012.

MCDONNELL, D.; PRICE, C. An evaluation of the Sens-A-Ray digital dental imaging system. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.22, p.121-126, 1993.

MCCOMB, D.; SMITH, D, C. Comparison of physical properties of polycarboxylate-based and conventional root canal sealers. **Journal of Endodontics**, v.2, p.228-235, 1976.

MICHAUD, R, A.; BURGESS, J.; BARFIELD, R, D.; CAKIR, D.; MCNEAL, S, R.; ELEAZER, P, D. Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol. **Journal of Endodontics**, v.34, n.12, p.1528-1532, 2008.

ØRSTAVIK, D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. **Endodontic Topics**, v.12, p.25-38, 2005.

ØRSTAVIK, D. Seating of gutta-percha points: effect of sealers with varying film thickness. **Journal of Endodontics**, v.8, n.5, p. 213-218, 1982.

PRULLAGE, R.; ZA, K, U.; Edgar SCHAFFER, E.; DAMMASCHKE, T. Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v.42, n.12, p.1784-1788, 2016.

RESENDE, L, M.; RACHED-JUNIOR, F, J, A.; VERSIANI, M, A.; SOUZA-GABRIEL, A, E.; MIRANDA, C, E, S.; SILVA-SOUSA, Y, T, C.; NETO, M, D, S. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. **International Endodontic Journal**, v.42, p.785-793, 2009.

ROGGENDORF, M, J.; EBERT, J.; PETSCHERT, A.; FRANKENBERGER, R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. **Journal of Endodontics**, v.33, n.1, p.31-33, 2007.

SALLES, L, P.; GOMES-CORNÉLIO, A, L.; GUIMARÃES, F, C.; HERRERA, B, S.; BAO, S, N.; ROSSA-JUNIOR, C.; GUERREIRO-TANOMARU, J, M.; TANOMARU-FILHO, M. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. **Journal of Endodontics**, v.38, n.7, p.971-976, 2012.

SCHROEDER, A. Endodontics: Science and Practice — A Textbook for Student and Practitioner, Quintessence, Chicago, Ill, USA, 1981.

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

SONG, Y.; CHOI, Y.; LIM, M.; YU, M.; HONG, C.; LEE, K.; MIN, K. *In vitro* evaluation of a newly produced resin-based endodontic sealer. **Restorative Dentistry & Endodontics**, p.189-195, 2016.

TAGGER, M.; KATZ, A. Radiopacity of endodontic sealers: development of a new method for direct measurement. **Journal of Endodontics**, v.29, n.11, p.751-754, 2003.

TAVARES, C, O.; BOTTCHEER, D, E.; ASSMANN, E.; KOPPER, P, M, P.; FIGUEIREDO, J, A, P.; GRECCA, F, S.; SCARPARO, R, K. Tissue Reactions to a New Mineral Trioxide Aggregate-containing Endodontic Sealer. **Journal of Endodontics**, v.39, n.5, p.653-657, 2013.

VERSIANI, M, A.; CARVALHO-JUNIOR, J, R.; PADILHA, M, I.; LACEY, S.; PASCON, E, A.; SOUSA-NETO, M, D. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. **International Endodontic Journal**, v.39, p.464-467, 2006.

VIAPIANA, R.; FLUMIGNAN, D, L.; GUERREIRO-TANOMARU, J, M.; CAMILLERI, J.; TANOMARU-FILHO, M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. **International Endodontic Journal**, v.47, p.437-448, 2014.

WILLIAMS, J, A.; BILLINGTON, K, W. A new technique for measuring the radiopacity of natural tooth substance and restorative materials. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.14, p.267-269, 1987.

ZHOU, H.; SHEN, Y.; ZHENG, W.; LI, L.; ZHENG, Y.; HAAPASALO, M. Physical properties of 5 root canal sealers. **Journal of Endodontics**, v.39, n.10, p.1281-1286, 2013.