

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Paula Guimarães Dominguete

**AVALIAÇÃO EM MEV DA ADAPTAÇÃO MARGINAL DE UM NOVO CIMENTO  
ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO**

Belo Horizonte  
2020

Paula Guimarães Dominguete

**AVALIAÇÃO EM MEV DA ADAPTAÇÃO MARGINAL DE UM NOVO CIMENTO  
ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas, Área Temática: Endodontia.

Linha de pesquisa: Propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais odontológicos.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Nunes.

Belo Horizonte

2020

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

D671a Dominguete, Paula Guimarães  
Avaliação em MEV da adaptação marginal de um novo cimento endodôntico biocerâmico / Paula Guimarães Dominguete. Belo Horizonte, 2020.  
65 f. : il.

Orientador: Eduardo Nunes  
Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

1. Apexificação. 2. Endodontia. 3. Microscópios. 4. Silicato de cálcio. 5. Ácido etilenodiaminotetraacético. 6. Ultrassom em odontologia. 7. Canal radicular - Tratamento - Avaliação. 8. Cimentos dentários. 9. Hidróxido de cálcio. I. Nunes, Eduardo. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU: 616.314.18

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Paim Brito - CRB 6/2999

Paula Guimarães Dominguete

**AVALIAÇÃO EM MEV DA ADAPTAÇÃO MARGINAL DE UM NOVO CIMENTO  
ENDODÔNTICO BIOCERÂMICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de Concentração: Clínicas Odontológicas – Área Temática: Endodontia.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:**

- 1- Prof. Dr. Warley Luciano Fonseca Tavares – UFMG
- 2- Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira – PUC Minas
- 3- Prof. Dr. Eduardo Nunes – PUC Minas

**DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 28 de agosto de 2020**

**A dissertação, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora**

Prof. Dr. Eduardo Nunes  
**Orientador**

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares  
**Coordenador do Programa de Pós-graduação  
em Odontologia**

*A minha família que tanto se esforça para que eu possa atingir meus objetivos.  
Dedico a vocês mais esta conquista.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida, sendo meu amparo nos momentos necessários.

Aos meus pais, Márcia e Paulo, por todo o esforço investido na minha educação e pelo incentivo que serviu de alicerce para minhas realizações. A minha irmã, Bruna, pela amizade e atenção dedicadas em todos os momentos.

Ao Matheus, que sempre esteve ao meu lado durante todo o percurso acadêmico, pelas palavras de carinho e conforto, além do apoio incomparável.

Aos meus avós, Aloísio e Teresinha, e demais familiares, pela ajuda, torcida e orações ao longo dessa trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Nunes, por toda disponibilidade, dedicação e aprendizado, não só durante a execução do trabalho, mas por todo o conhecimento transmitido desde a graduação.

Ao prof. Dr. Frank Ferreira Silveira, por todas as considerações e orientações feitas para a realização da pesquisa, bem como os ensinamentos durante esses dois anos.

Ao prof. Dr. Alberto Nogueira da Gama Antunes, pela contribuição na análise estatística do estudo.

Aos colegas Ana Carolina, Camila e John, pelo companheirismo e troca de experiências nessa etapa.

As alunas da iniciação científica, Aline e Natalya, que contribuíram para a parte laboratorial da pesquisa.

A todos os funcionários envolvidos direta e indiretamente na realização do trabalho, em especial ao Arlei, Edilene, Silvania, Angélica, Natália, Juliana, Glória, Andreza, Raquel e Daniele.

A Angelus pela doação dos cimentos utilizados na pesquisa.

E finalmente, a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, por ser mais uma vez, palco para minha formação profissional e acadêmica.

## RESUMO

Apicificação é a técnica que consiste na formação de uma barreira mineralizada na região apical de dentes com ápices incompletamente formados, permitindo uma obturação adequada dos canais radiculares. O hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) e o trióxido mineral agregado (MTA) são materiais comumente empregados nesse tratamento. O  $\text{Ca(OH)}_2$ , apesar de ter grande sucesso clínico, possui como principal desvantagem a necessidade de inúmeras sessões clínicas para a conclusão do tratamento. Pesquisas mais recente apresentam resultados mais satisfatórios na taxa de cicatrização com o uso de MTA. O objetivo desse estudo foi avaliar comparativamente, a adaptação marginal do MTA BRANCO, MTA REPAIR HP e BIO C REPAIR, utilizando-se a microscopia eletrônica de varredura (MEV). Este último cimento, recém-lançado no mercado, apresenta uma carência de estudos na literatura. Foram confeccionados plugs com espessura de 4 mm em dentes com ápices abertos criados artificialmente. As amostras foram distribuídas em 6 grupos e os plugs condensados tanto de forma manual quanto com auxílio da vibração ultrassônica indireta. Utilizando aumentos de 1000x, selecionou-se 4 pontos pré-determinados e os gaps foram medidos em micrometros. A análise estatística demonstrou não haver diferença significativa entre os três tipos de cimento quando condensados manualmente. Por outro lado, quanto a compactação ultrassônica foi utilizada, observou-se menores valores de gap no MTA BRANCO e maiores valores de gap no BIO C REPAIR. Por fim, na comparação entre as técnicas, foi possível concluir que a vibração resultou em melhor adaptação marginal apenas no MTA BRANCO.

Palavras-chave: Apexificação. Endodontia. Silicato de cálcio. Ultrassom.

## **ABSTRACT**

Apexification is a technique that consists in the formation of a mineralized barrier in the apical region of teeth with open wide apices that allows an adequate filling of the roots. Calcium hydroxide, despite having great clinical success, has disadvantages, mainly due to the need for numerous clinical sessions to complete the treatment. In addition, recent research shows more satisfactory results of healing with the use of MTA. The aim of this study was to evaluate comparatively, using scanning electron microscopy (SEM), the marginal adaptation of WHITE MTA, MTA REPAIR HP and BIO C REPAIR. This last cement, recently introduced on the market, still has a lack of studies in the literature. MTA plugs with a thickness of 4 mm were made on teeth with artificially created open apices. The samples were distributed in 6 groups and the plugs were condensed manually and with the aid of indirect ultrasonic vibration. For SEM analysis, the gaps were measured in micrometers at 4 predetermined points, at 1000x magnification. A statistical analysis showed that there is no difference in the marginal adaptation between the three types of cement when manually condensed. On the other hand, the WHITE MTA condensed with ultrasound, showed lower values of gaps when compared with WHITE MTA manually condensed and with the ultrasonic technique in BIO C REPAIR. Thus, it was possible to conclude that an ultrasonic vibration resulted in the best marginal adaptation only in WHITE MTA and the results in the manual condensation were similar between the 3 cements.

**Keywords:** Apexification. Endodontics. Calcium silicate. Ultrasonics.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| $\mu\text{m}$     | micrometro                          |
| $\text{Ca(OH)}_2$ | Hidróxido de cálcio                 |
| EDTA              | Ácido etileno-diamino-tetracético   |
| MEV               | Microscópio eletrônico de varredura |
| mm                | milímetro                           |
| MTA               | Trióxido mineral agregado           |
| NaOCl             | Hipoclorito de sódio                |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Pré-molar inferior. A) Vista frontal; B) Vista distal .....                                                              | 23 |
| Figura 2: Radiografias mesiorradiais dos pré-molares inferiores .....                                                              | 24 |
| Figura 3: Corte da coroa no limite amelo-cementário com disco de carborundum ...                                                   | 25 |
| Figura 4: Corte dos 3 mm apicais com disco de carborundum .....                                                                    | 25 |
| Figura 5: Aspecto do espécime após os cortes, apresentando 10 mm de comprimento .....                                              | 26 |
| Figura 6: Brocas Gates Glidden #6-1 .....                                                                                          | 27 |
| Figura 7: Broca Gates Glidden #1 ultrapassando o forame apical .....                                                               | 27 |
| Figura 8: Lima reciprocante 40.06 inserida para criar a divergência no ápice .....                                                 | 28 |
| Figura 9: Aspecto final da amostra.....                                                                                            | 28 |
| Figura 10: Espécime fixado em torno sob espuma pré-umedecida .....                                                                 | 29 |
| Figura 11: MTA BRANCO. A) Conteúdo de um sachê de MTA BRANCO e 1 gota de água destilada; B) Aspecto arenoso após espatulação ..... | 30 |
| Figura 12: Material sendo posicionado no porta amálgama cirúrgico .....                                                            | 30 |
| Figura 13: MTA REPAIR HP. A) MTA REPAIR HP sendo despejado em placa de vidro; B) Duas gotas do líquido sendo despejadas.....       | 31 |
| Figura 14: BIO C REPAIR. A) Apresentação comercial do cimento BIO C REPAIR; B) Consistência do cimento .....                       | 32 |
| Figura 15: Ponta ultrassônica sendo posicionada no condensador endodôntico.....                                                    | 33 |
| Figura 16: Aspecto radiográfico dos <i>plugs</i> apicais após condensação.....                                                     | 34 |
| Figura 17: Ápice fotografado no aumento de 60x e os 4 pontos pré-determinados ..                                                   | 35 |

## SUMÁRIO

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                       | <b>19</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                        | <b>21</b> |
| 2.1 Objetivo geral .....                                        | 21        |
| 2.2 Objetivos específicos .....                                 | 21        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                               | <b>23</b> |
| 3.1 Comissão de Ética .....                                     | 23        |
| 3.2 Seleção das amostras.....                                   | 23        |
| 3.3 Critérios de inclusão e exclusão da amostra.....            | 23        |
| 3.4 Preparo da amostra .....                                    | 24        |
| 3.5 Fixação das amostras.....                                   | 29        |
| 3.6 Grupos experimentais .....                                  | 29        |
| 3.7 Métodos de avaliação .....                                  | 34        |
| 3.8 Análise estatística.....                                    | 35        |
| <b>4 ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>                                | <b>37</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                             | <b>59</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                        | <b>61</b> |
| <b>ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP PUC Minas .....</b> | <b>63</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Em pacientes jovens, dentes anteriores permanentes possuem uma maior predisposição para traumatismos (RON *et al.*, 2017). Além do trauma, o envolvimento pulpar também pode ser causado por extensa lesão cáriosa, levando a um processo de necrose. Diante desse quadro, a formação de dentina é cessada, sendo a rizogênese interrompida. Como consequência, a cavidade pulpar permanece ampla, com ápice incompletamente formado, além de paredes finas e raízes curtas, levando a um grande risco de fratura (ERAN *et al.*, 2020; GUERRERO *et al.*, 2018).

A instrumentação e descontaminação da cavidade pulpar em dentes com rizogênese incompleta são dificultadas pela amplitude do forame, além da grande probabilidade de extrusão do material obturador. Diante disso, o método de apicificação é empregado, de forma a induzir a formação de material mineralizado ao redor do ápice incompletamente formado, possibilitando o fechamento do mesmo e consequente obturação e selamento ideais (ARAÚJO *et al.*, 2013; MORSE; O'LARNIC; YESILSOY, 1990; WHITERSPOON *et al.*, 2008).

O material tradicionalmente utilizado na apicificação é a pasta de  $\text{Ca(OH)}_2$ , que requer sucessivas trocas até a formação da barreira mineralizada, técnica inicialmente relatada na literatura por Frank (1966) e Heithersay (1975). Apesar da grande taxa de sucesso clínico, seu uso apresenta uma série de desvantagens, principalmente pela demora do tratamento, o que aumenta a susceptibilidade a fraturas e a microinfiltrações (DE SÁ *et al.*, 2019; GUERRERO *et al.*, 2018).

O MTA, introduzido em 1993, é composto basicamente por silicatos de cálcio associados a outros componentes químicos e a um radiopacificador (DUARTE *et al.*, 2018; TOMÁS-CATALÁ *et al.*, 2017). Essa composição é responsável pelas propriedades de biocompatibilidade, bioatividade, capacidade superior de selamento, ação antibacteriana, estabilidade dimensional, insolubilidade, resistência a compressão, além de ser hidrofílico (TORABINEJAD; PARIROKH, 2010). Devido a esses fatores, possui grande aplicabilidade clínica: apicificação, apicigênese, pulpotomia, capeamento pulpar, perfurações radiculares, regeneração pulpar e reabsorções radiculares (DUARTE *et al.*, 2018; TORABINEJAD; PARIROKH; DUMMER, 2018).

Além disso, na apicificação, a formação da barreira mineralizada utilizando o plug de MTA é mais rápida, reduzindo o tempo de tratamento e aumentando o sucesso clínico e a adesão do paciente ao mesmo (DEMIRCI *et al.*, 2020; LIN *et al.*, 2016; SILVA; SILVEIRA; NUNES, 2014).

Diversas alterações na composição do MTA foram feitas desde sua inserção no mercado a fim de melhorar as propriedades químicas e físicas do material. O MTA BRANCO, que faz parte da primeira geração dos biocerâmicos, resulta em uma pasta arenosa após manipulação, dificultando o manejo do produto (SISLI; OZBAS, 2017). Além disso, possui em sua composição o óxido de bismuto, radiopacificador responsável pelo manchamento dos dentes (TOMÁS-CATALÁ *et al.*, 2017). O MTA REPAIR HP foi fabricado, trocando-se o óxido de bismuto pelo tungstato de cálcio. Em seu líquido, foi inserido um plastificador, de forma que sua manipulação e inserção fossem facilitadas (CINTRA *et al.*, 2017).

O último biocerâmico lançado pela Angelus, BIO C REPAIR, apresenta-se pronto para uso, facilitando sua inserção. Em sua composição foram adicionados o polietilenoglicol, para conferir a consistência do material, e o radiopacificador óxido de zircônia. Além disso, as partículas do cimento foram reduzidas a tamanhos iguais ou menores que dois micrometros (ANGELUS, 2020).

Durante a inserção e compactação manual do MTA na região apical, mesmo com o auxílio do microscópio operatório, podem ocorrer espaços vazios entre as paredes radiculares e o material, comprometendo o resultado. Para melhorar a adaptação marginal e aumentar a densidade e homogeneidade do cimento, a vibração ultrassônica durante a condensação pode ser usada (ARAÚJO *et al.* 2013; GHASEMI *et al.*, 2017; KIM *et al.*, 2009; PARAHOS; PHOON; SATHORN, 2014).

O MEV é muito útil na avaliação da adaptação marginal dos *plugs* apicais formados nos casos de apicificação e das características morfológicas microestruturais (ARAÚJO *et al.*, 2013; SAGHIRI *et al.*, 2009). Além do mais, promove uma análise eficaz na avaliação da topografia de superfície, porosidade e vedamento marginal (GUNDAM *et al.*, 2014).

O objetivo do estudo, utilizando o MEV, foi avaliar comparativamente, diferentes tipos de cimentos biocerâmicos: MTA BRANCO, MTA REPAIR HP e o recém-lançado, BIO C REPAIR, em relação a adaptação marginal, com e sem a utilização da vibração ultrassônica indireta na compactação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar em MEV a adaptação marginal, utilizando MTA BRANCO, MTA REPAIR HP e um novo cimento endodôntico biocerâmico, BIO C REPAIR, quando empregados como barreira apical, utilizando dentes com incompleta formação de raiz (ápice aberto).

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) avaliar a adaptação marginal do MTA BRANCO quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação manual com e sem a utilização de vibração ultrassônica;
- b) avaliar a adaptação marginal do MTA REPAIR HP quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação manual com e sem a utilização de vibração ultrassônica;
- c) avaliar a adaptação marginal do BIO C REPAIR quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação manual com e sem a utilização de vibração ultrassônica.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Comissão de Ética

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, sob o número do parecer 3.359.833 e CAAE 13118819.3.0000.5137 (ANEXO A).

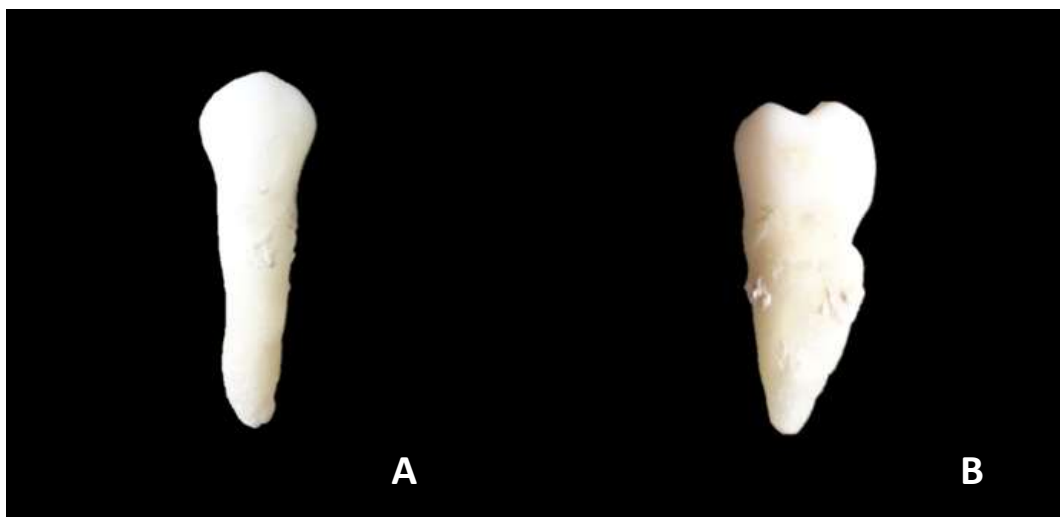
#### 3.2 Seleção das amostras

Foram utilizados dentes extraídos de humanos (pré-molares inferiores) adquiridos a partir do Banco de Dentes Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Com base no estudo piloto e no estudo estatístico previamente realizados, a amostra foi definida em 12 dentes, distribuídos aleatoriamente entre 6 grupos com 2 dentes cada.

#### 3.3 Critérios de inclusão e exclusão da amostra

Foram selecionados dentes que se apresentavam intactos, com formação radicular totalmente completa, ausência de cáries, ausência de linhas de fraturas e com comprimento entre 22 a 25 mm (Figs. 1A e 1B).

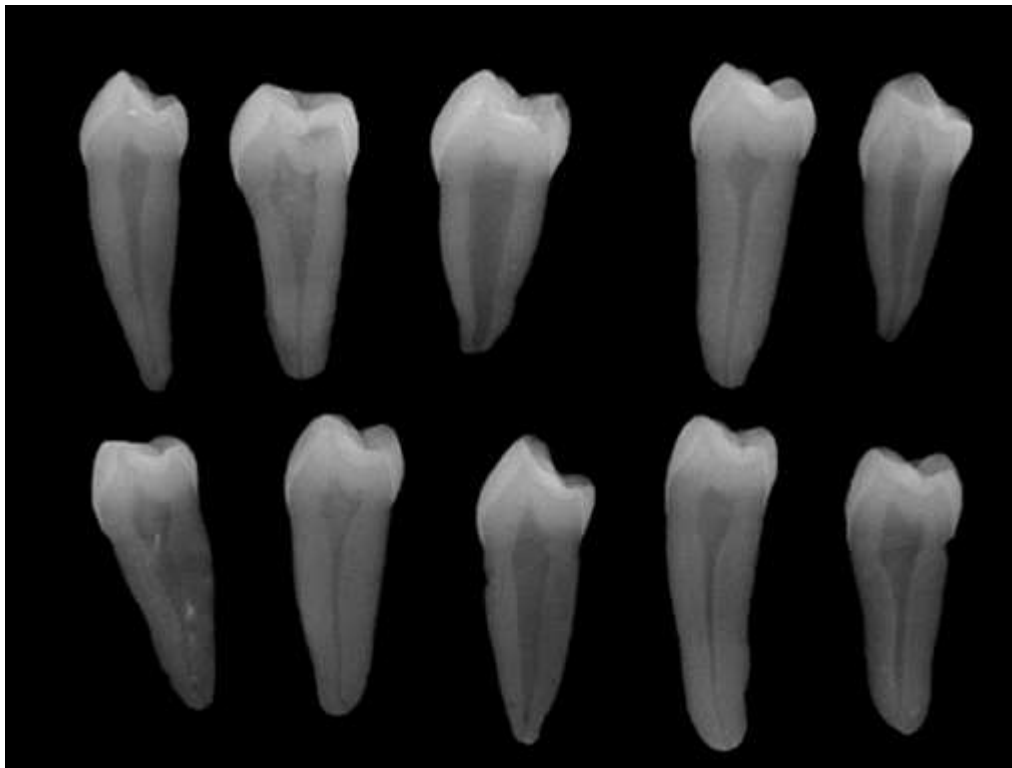
**Figura 1: Pré-molar inferior. A) Vista frontal; B) Vista distal**



Fonte: Elaborado pela autora

Todos os espécimes foram submetidos à radiografia digital (DÜRR DENTAL SE, Bietigheim-Bissingen, Alemanha) mesiorradial para exclusão de dentes com mais de um canal radicular, tratamento endodôntico prévio, dilacerações radiculares, reabsorções internas ou calcificações (Fig. 2).

**Figura 2: Radiografias mesiorradiais dos pré-molares inferiores**



Fonte: Elaborado pela autora

### **3.4 Preparo da amostra**

Após a seleção dos dentes, os mesmos foram armazenados em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% (Lenza Farmacêutica, Divisão Odontológica, Belo Horizonte, Brasil).

Um acesso coronário padronizado foi realizado em todos os dentes de forma que o canal principal fosse localizado e a sua patência confirmada com uma lima K #10 (Maillefer, Ballaigues, Suíça). Posteriormente, as coroas foram seccionadas na região do limite amelo-cementário com um disco de carborundum (SS White Artigos Dentários, Rio de Janeiro, Brasil), permitindo que todas as raízes fossem padronizadas em 13 mm de comprimento (Fig. 3). Em seguida, 3 mm do terço apical

radicular foram removidos (Fig. 4), padronizando o comprimento das raízes em 10 mm (Fig. 5).

**Figura 3: Corte da coroa no limite amelo-cementário com disco de carborundum**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 4: Corte dos 3 mm apicais com disco de carborundum**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 5: Aspecto do espécime após os cortes, apresentando 10 mm de comprimento**



**Fonte: Elaborado pela autora**

De forma artificial, a condição de formação radicular incompleta (ápice aberto) foi criada em todos os dentes, de modo similar ao descrito por De Deus (2008) e Araújo (2012). Para isso, brocas Gates Glidden #6-1 (Maillefer, Ballaigues, Suíça) foram utilizadas para instrumentar os canais na técnica crown-down (Fig. 6), até que a broca #1 ultrapassasse o forame apical (Fig. 7). A irrigação com solução de NaOCl a 2,5% (Lenza Farmacêutica, Divisão Odontológica, Belo Horizonte, Brasil) foi constante, a cada troca de instrumento. Ao final do preparo, os espécimes foram irrigados com EDTA a 17% (Maquira Indústria de Produtos Odontológicos S.A, Maringá, Paraná, Brasil) e, novamente, NaOCl a 2,5% (Lenza Farmacêutica Divisão Odontológica).

**Figura 6: Brocas Gates Glidden #6-1**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 7: Broca Gates Glidden #1 ultrapassando o forame apical**



Fonte: Elaborado pela autora

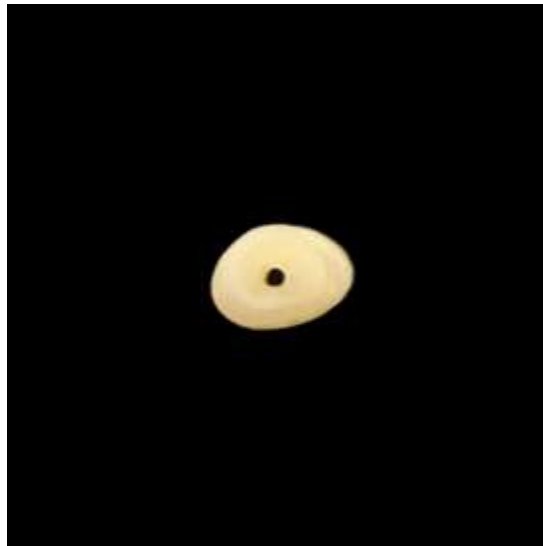
Feito isso, um ápice aberto divergente de 1,36 mm foi criado no forame através de um transporte apical retrógrado, usando uma lima reciprocante #40 com *taper* de 0,6 (VDW, Munique, Alemanha), inserida no comprimento da lâmina de corte (Fig. 8), conferindo o aspecto final das amostras (Fig. 9).

**Figura 8: Lima recíprocante 40.06 inserida para criar a divergência no ápice**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 9: Aspecto final da amostra**



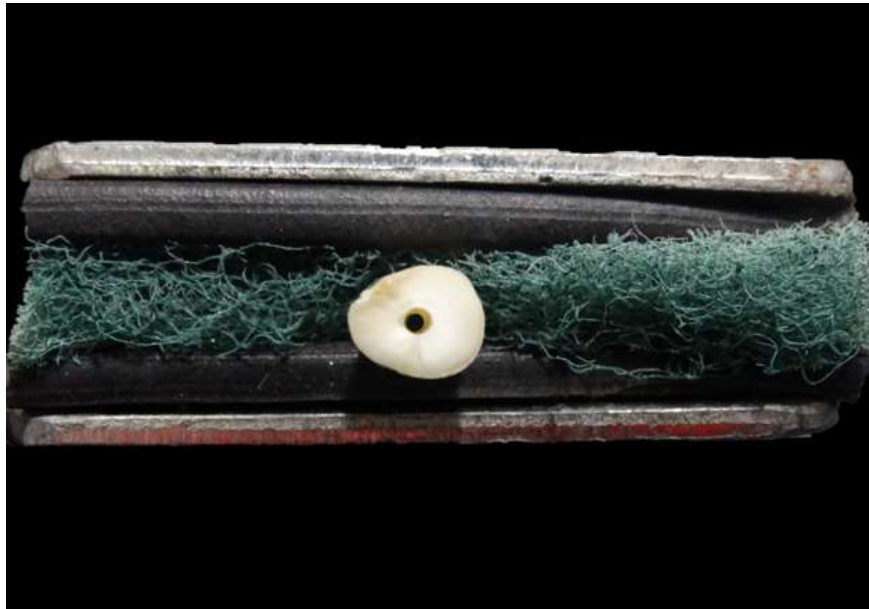
Fonte: Elaborado pela autora

Os canais foram secos com pontas de papel absorvente #80 (Tanari-Tanariman Indústria Ltda., Manacapuru, Amazonas, Brasil), e a integridade e forma do forame apical verificadas microscopicamente com aumento de 13x (Microscópio cirúrgico M-900, DF Vasconcelos, São Paulo, Brasil).

### 3.5 Fixação das amostras

Após preparadas, as amostras foram fixadas em um torno de bancada com espuma pré-umedecida, simulando assim as características dos tecidos periapicais e fornecendo uma ligeira resistência à extrusão do material durante sua compactação (Fig. 10).

**Figura 10: Espécime fixado em torno sob espuma pré-umedecida**



Fonte: Elaborado pela autora

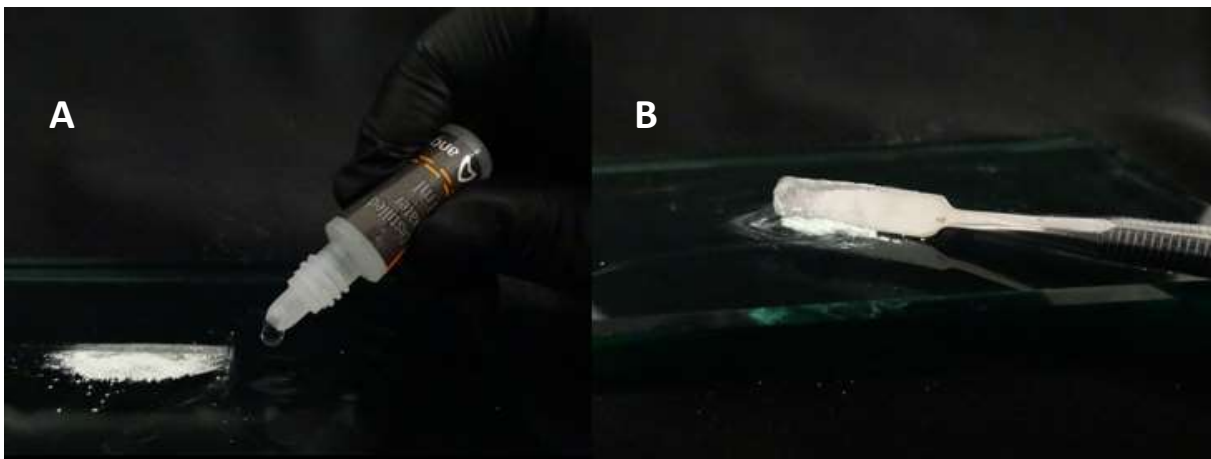
### 3.6 Grupos experimentais

De acordo com o resultado do cálculo amostral, os dentes preparados foram divididos em 6 grupos de estudo (n=2) com o objetivo de avaliar a adaptação marginal:

- a) Grupo 1 - MTA BRANCO manual: conforme as instruções do fabricante, a espatulação foi realizada por 30 segundos, misturando o conteúdo de um sachê de MTA BRANCO (Angelus, Londrina, Brasil) e uma gota de água destilada, obtendo uma consistência arenosa (Figs. 11A e 11B). O material foi inserido com o uso de uma porta amálgama cirúrgico (Fig. 12) e condensado manualmente com instrumental de Schilder (Endoprime,

Belo Horizonte, Brasil), até que 4 mm de espessura fosse alcançado. Essa etapa foi feita sob a visualização microscópica de 13x (M-900 DF Vasconcelos). Posteriormente, pontas absorventes #80 (Tanari-Tanariman Indústria Ltda., Manacapuru, AM, Brasil) foram umedecidas em soro fisiológico e inseridas no canal durante 15 minutos para garantir a presa do cimento, conforme recomendação do fabricante.

**Figura 11: MTA BRANCO. A) Conteúdo de um sachê de MTA BRANCO e 1 gota de água destilada; B) Aspecto arenoso após espatulação**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 12: Material sendo posicionado no porta amálgama cirúrgico**



Fonte: Elaborado pela autora

- b) Grupo 2 – MTA REPAIR HP manual: conforme as instruções do fabricante, a espatulação foi realizada por 40 segundos, misturando o conteúdo de uma embalagem do MTA REPAIR HP (Angelus, Londrina, Brasil) e 2 gotas do líquido (Figs. 13A e 13B), até a homogeneização completa. As etapas seguintes foram realizadas de forma similar ao grupo 1.

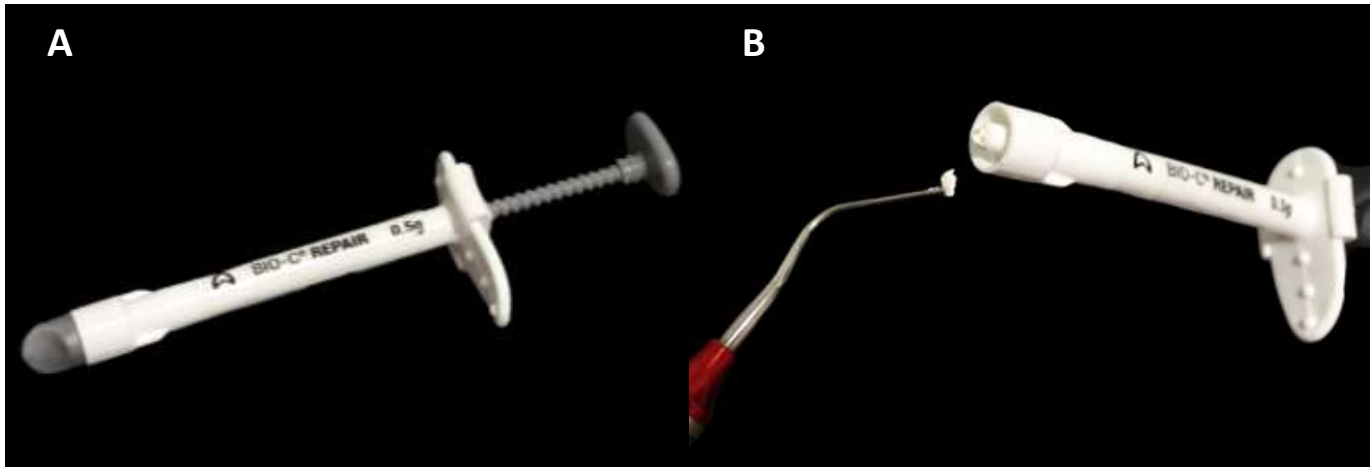
**Figura 13: MTA REPAIR HP. A) MTA REPAIR HP sendo despejado em placa de vidro; B) Duas gotas do líquido sendo despejadas**



Fonte: Elaborado pela autora

- c) Grupo 3 – BIO C REPAIR manual: o cimento BIO C REPAIR (Angelus, Londrina, Brasil), que se apresenta pronto para uso (Figs. 14A e 14B), foi inserido com instrumental de Schilder (Endoprime, Belo Horizonte, Brasil) e foi condensado manualmente de forma similar aos grupos 1 e 2. As pontas absorventes umedecidas foram inseridas no canal durante 120 minutos para garantir a presa do cimento, conforme recomendação do fabricante.

**Figura 14: BIO C REPAIR. A) Apresentação comercial do cimento BIO C REPAIR; B) Consistência do cimento**



Fonte: Elaborado pela autora

- d) Grupo 4 - MTA BRANCO ultrassom: a espatulação e inserção do cimento foram realizadas de forma similar ao grupo 1. Após o plug atingir 4 mm de espessura, o MTA foi condensado com auxílio de inserto E12 (HELSE, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil) acoplado ao aparelho de ultrassom (SATELEC BOOSTER, ACTEON, São Paulo, Brasil). A vibração foi feita durante 5s, com baixa potência e sem irrigação, aplicando a ponta perpendicularmente ao condensador endodôntico (#3) que estava em contato com a barreira apical (Fig. 15). Pontas absorventes também foram umedecidas em soro fisiológico e inseridas no canal durante 15 minutos para garantir a presa do cimento;

**Figura 15: Ponta ultrassônica sendo posicionada no condensador endodôntico**

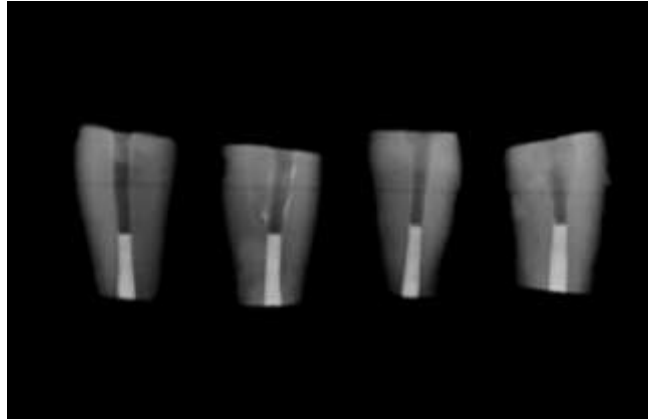


**Fonte: Elaborado pela autora**

- e) Grupo 5 – MTA REPAIR HP ultrassom: a espatulação e inserção do cimento foram realizadas de forma similar ao grupo 2. Após o plug atingir 4 mm de espessura, o MTA foi condensado com auxílio de vibração ultrassônica (SATELEC BOOSTER, ACTEON, São Paulo, Brasil) de forma similar ao grupo 4;
- f) Grupo 6 – BIO C REPAIR ultrassom: a inserção do cimento foi realizada de forma similar ao grupo 3. Após o plug atingir 4 mm de espessura, o BIO C REPAIR foi condensado com auxílio de vibração ultrassônica (SATELEC BOOSTER, ACTEON, São Paulo, Brasil) conforme os grupos 4 e 5. As pontas absorventes umedecidas foram inseridas no canal durante 120 minutos para garantir a presa do cimento, conforme recomendação do fabricante.

Todas as amostras foram radiografadas para conferência da espessura de 4 mm e da adaptação dos *plugs* de MTA (Fig. 16). Os espécimes foram armazenados a temperatura de 37°C com 100% de umidade até a avaliação em MEV.

**Figura 16: Aspecto radiográfico dos *plugs* apicais após condensação**

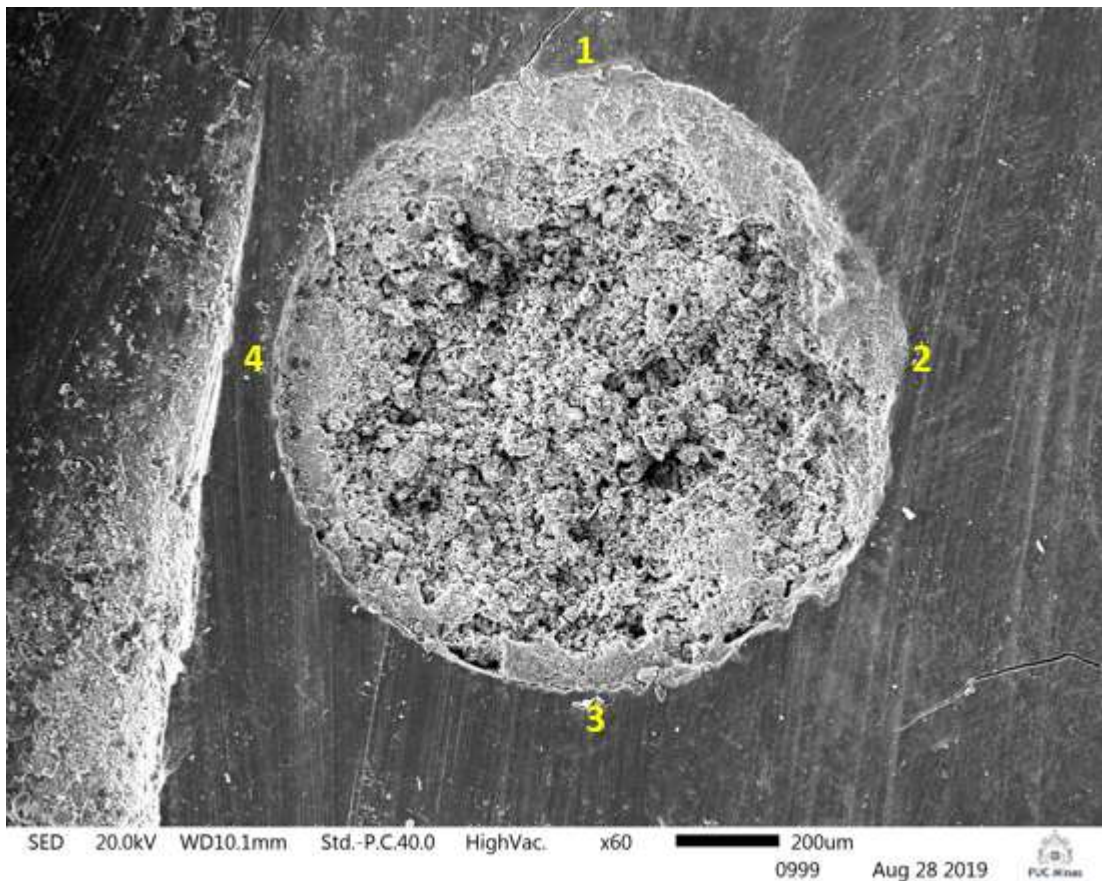


Fonte: Elaborado pela autora

### **3.7 Métodos de avaliação**

Todas as amostras foram secas com jatos de ar e revestidas por aspersão em ouro para avaliação através do MEV (JSM-6510LV; JEOL, Tóquio, Japão). Os ápices dos dentes foram analisados e fotografados em uma ampliação de 60x e 1000x. No aumento de 60x, quatro pontos foram pré-estabelecidos para serem observadas possíveis falhas entre o cimento e as paredes dentinárias (Fig. 17), totalizando oito medições por grupo experimental. Esses gaps foram medidos em micrometros no aumento de 1000x.

**Figura 17: Ápice fotografado no aumento de 60x e os 4 pontos pré-determinados**



Fonte: Elaborado pela autora

### 3.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos aos testes de *Kruskal-Wallis* e *post-hoc Student-Newman-Keuls*. Em seguida, foi feita análise de variância e teste t (ensaios paramétricos) usando o software GraphPad Prism Software (GraphPad Software, EUA).

#### 4 ARTIGO CIENTÍFICO

**SEM evaluation of the marginal adaptation of a new bioceramic endodontic cement**

Artigo preparado dentro das normas do periódico **Journal of Clinical and Experimental Dentistry (A3)**.

Normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico: <http://www.medicinaoral.com/odo/02.pdf>

# **SEM evaluation of the marginal adaptation of a new bioceramic endodontic cement**

*Adaptation of a bioceramic cement*

**Paula Guimarães Dominguete<sup>1</sup>, Alberto Antunes Nogueira da Gama<sup>1</sup>, Frank Ferreira Silveira<sup>1</sup>, Eduardo Nunes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Department of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

## **Correspondence:**

Eduardo Nunes

Av. Dom José Gaspar, 500, Prédio 46/sala 101, Coração Eucarístico

CEP: 30535-901 - Belo Horizonte/MG, Brasil

Telefone: + 55 (31) 99971-2824

E-mail: edununes38@terra.com.br

## Article

### Abstract

Introduction: apexification is a technique that consists in the formation of a mineralized barrier in the apical third of teeth with open apices. Recent research shows more satisfactory results with the use of MTA. The aim of this study was to comparatively evaluate the marginal adaptation of WHITE MTA, MTA REPAIR HP and BIO C REPAIR, using scanning electron microscopy (SEM).

Material and Methods: Plugs with a thickness of 4 mm were made on teeth with open apices created artificially. The samples were distributed in 6 groups (n = 2) and the plugs were condensed manually and with the aid of indirect ultrasonic vibration. Using 1000x magnifications, 4 predetermined points were selected and gaps were measured in micrometers.

Results: The statistical analysis showed that there was no significant difference between the three types of cements when manually condensed. On the other hand, WHITE MTA condensed with ultrasound, presented lower values of gaps when compared with the WHITE MTA condensed manually and with the ultrasonic technique in BIO C REPAIR.

Conclusions: Ultrasonic vibration resulted in better marginal adaptation only in WHITE MTA and the results with manual condensation were similar.

**Keywords:** *Apexification. Endodontics. Calcium silicate. Ultrasonics.*

## Introduction

Pulp necrosis in young anterior teeth results in incomplete rhizogenesis. In view of this situation, the root canal remains broad, with thin walls and short roots, leading to a high risk of fracture (1,2). In addition, instrumentation and decontamination are difficult and the apexification technique is necessary to induce the formation of mineralized tissue around the apex, allowing an adequate filling and sealing (3-5).

The traditionally material used in apexification is calcium hydroxide ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) paste, which despite the high clinical success rate, has a number of disadvantages (2,6). Mineral trioxide aggregate (MTA) is an alternative material to ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) because it has superior chemical and biological properties (7). The MTA plugs used in apexification reduce working time, increasing the long-term prognosis of the tooth and the patient's adherence to treatment (8-10).

Several changes in the composition of the product have been made to improve its properties. The WHITE MTA, which is included in the first generation of bioceramics, results in a sandy paste after manipulation, making the product difficult to handle (11) and it has a radiopacifier responsible for staining teeth (12). The MTA REPAIR HP was manufactured with a plasticizer and another radiopacifier (13). The newest repairing bioceramic by Angelus, BIO C REPAIR, is ready for use, facilitating its insertion mainly in the apical segment (14). The detailed composition of the three cements can be seen in table 1.

During manual compaction of the MTA in the apical region, the appearance of empty spaces between the root walls and the material is not desirable, which would compromise the result of the treatment. To improve the adaptation and increase density and homogeneity of the cement, ultrasonic vibration during condensation can

be used (3, 15-17). In addition, these gaps can be viewed through scanning electron microscopy, a method that promotes an effective analysis of the marginal seal (3,18,19).

The aim of this study was to compare, using SEM, the marginal adaptation of different types of bioceramic cements (WHITE MTA, MTA REPAIR HP and BIO C REPAIR) with and without use of indirect ultrasonic vibration in compaction.

## **Material and Methods**

### Ethics Committee

The study was approved by the Research Ethics Committee of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais, under the number 3,359,833.

### Sample selection

Lower premolars acquired from the Human Teeth Bank of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais were used. The sample was defined in 12 teeth, randomly distributed in 6 groups (n=2 per group).

### Inclusion and exclusion criteria

The selected teeth were intact, with complete root formation, absent of cavities, absent of fracture lines and had between 22 and 25 mm in length.

### Sample preparation

The teeth were stored in 0.5% sodium hypochlorite solution (Lenza Farmacêutica, Odontológica Division, Belo Horizonte, Brazil). A standardized coronary access was performed on all teeth, the main canal was located and its

patency was confirmed with a K# 15 file (Maillefer, Ballaigues, Switzerland). Subsequently, they were sectioned in the amelo-cementary junction with a carborundum disc (SS White Dental Articles, Rio de Janeiro, Brazil), allowing all roots to be standardized in 13 mm in length. Then, 3 mm of the apical third were removed, standardizing the length of the specimens at 10 mm.

Artificially, the condition of incomplete root formation (open apex) was created in all teeth, similarly to that described by De Deus (20) and Araújo et al. (3). For this, Gates Glidden # 6-1 drills (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) were used to instrument the roots in the crown-down technique, until drill # 1 passed the apical foramen. Irrigation with 2.5% NaOCl solution (Lenza Farmacêutica, Odontológica Division, Belo Horizonte, Brazil) was constant. At the end of the preparation, the specimens were irrigated with 17% EDTA (Maquira Indústria de Produtos Odontológicas S.A, Maringá, Paraná, Brazil) and 2.5% NaOCl (Lenza Farmacêutica Odontológica).

A 1.36 mm divergent open apex was created at the foramen by retrograde apical transportation, using a reciprocating file # 40 with 0.6 taper (VDW, Munich, Germany) inserted to the length of the cutting blade. The roots were dried with # 80 absorbent paper points (Tanari-Tanariman Indústria Ltda., Manacapuru, Amazonas, Brazil) and the integrity of the apical foramen was microscopically verified at 13 magnifications (Surgical Microscope M-900, DF Vasconcelos, São Paulo, Brazil).

#### Fixing the samples

After the preparation, they were fixed in a premoistened for am, simulating the characteristics of the periapical tissues and providing a slight resistance to the extrusion of the material during the filling procedure.

## Experimental groups

The teeth were divided into 6 study groups ( $n = 2$ ) in order to assess marginal adaptation:

1. Group 1 – WHITE MTA manually condensed: the cement was mixed according to the manufacturer's instructions until obtaining a sandy consistency. The material was inserted and manually condensed with Schilder's instruments (Endoprime, Belo Horizonte, Brazil). This step was performed under a 13x microscopic view (M-900 DF Vasconcelos). Subsequently, absorbent paper points # 80 (Tanari-Tanariman Indústria Ltda., Manacapuru, AM, Brazil) were moistened with saline and inserted into the canal for 15 minutes to ensure the cement-curing process.
2. Group 2 - MTA REPAIR HP manually condensed: the cement was mixed according to the manufacturer's recommendation and the following steps were performed in the same way as group 1;
3. Group 3 - BIO C REPAIR manually condensed: the cement, which is ready for use, was inserted with Schilder's instruments and manually condensed in a similar way to groups 1 and 2;
4. Group 4 - WHITE MTA condensed with ultrasound: the spatulation and cement insertion were performed similarly to group 1. The process was followed by indirect ultrasonic vibration for 5 s at low potency and without irrigation (SATELEC BOOSTER, ACTEON, São Paulo, Brazil). Moreover, the E12 point (HELSE, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brazil) was applied perpendicularly to and along the axis of the endodontic condenser (# 3) which was in contact with the apical barrier (Fig. 1);

5. Group 5 - MTA REPAIR HP condensed with ultrasound: the spatulation and cement insertion were performed similarly to group 2. The following steps were performed similarly to group 4;
6. Grupo 6 - BIO C REPAIR condensed with ultrasound: cement insertion was performed similarly to group 3. The following steps were performed similarly to groups 4 and 5.

Orthoradial and mesioradial radiographs of the teeth were obtained to assess the thickness and quality of the plug apical. All specimens were stored in the oven at 37<sup>0</sup> and 100% humidity for a week.

#### Assessment methods

The specimens were dried with air jets and were sputter-coated with gold for SEM evaluation (JSM-6510LV; JEOL, Tokyo, Japan). The apices of all teeth were analyzed and photographed at 60x and 1000x. At 60x magnification, 4 points were pre-established to observe gaps between cement and dentine walls (Fig. 2), totaling 8 measurements per experimental group. These gaps were measured in micrometers.

#### Results

Gaps were evaluated in all groups, at pre-determined points in the 60x magnification (Fig. 3). Table 2 shows the values in  $\mu\text{m}$  considering the two variables (condensation technique and material type). In the comparison within the materials, the Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ) was used, while the comparisons between techniques within each material were analyzed by the t test ( $p < 0.05$ ).

It was found that in the manual condensation technique there was no statistically significant difference ( $p = 0.0832$ ) between the materials. In the ultrasonic

condensation technique, a statistically significant difference ( $p = 0.0086$ ) was detected between the materials. WHITE MTA ( $0.90 \mu\text{m}$ ) showed lower gap values than the BIO C REPAIR group ( $2.40 \mu\text{m}$ ),  $p = 0.0021$ .

Comparing the condensation techniques, it was verified by the t test that there was a statistically significant difference in the WHITE MTA group ( $p = 0.0095$ ). Ultrasonic condensation provided lower gap values when WHITE MTA was used. In the comparison within the MTA REPAIR HP ( $p = 0.4074$ ) and within the BIO C REPAIR ( $p = 0.1184$ ), there was no statistically significant difference.

## **Discussion**

Due to the excellent physical and biological properties of bioceramic cements, these materials are currently recommended for the treatment of necrotic teeth with incomplete rhizogenesis (21), providing clinical success in the apexification technique and a better long-term prognosis (7). In addition, a reduction in treatment time is obtained when compared to the traditional technique with  $\text{Ca(OH)}_2$  (10). There is no information in the literature regarding the evaluation of the marginal adaptation of BIO C REPAIR. Thus, this research is justified, especially by the comparative methodology used with other biomaterials.

After a pilot study, all steps of the research followed a standardization in order to avoid bias, since the selection of teeth, crown and apex section, instrumentation, confection of apical plugs and storage, following methodologies previously reproduced (3,20).

In this study, in vitro, incompletely apexes were artificially created in a similar way described by De Deus et al. (20) and Araújo et al. (3). The 3 mm of the root were sectioned to remove ramifications and to centralize the root canal. Other

methodologies also used Gates Glidden or Peeso drills, in addition to retrograde instrumentation made with varied taper files (1,15,22). However, some authors performed only the instrumentation in the crown-down technique, without the apical preparation, as Linsuwanont et al. (23) and Sogukpinar & Arikan (24). In the present study, the divergent apex diameter was standardized at 1.36 mm, being classified as stage 3 of development by Cvek (25), as well as the specimens by Martin et al. (26), Shahi et al. (27) and Araújo et al. (3).

The literature shows different thicknesses of MTA plugs, which according to the manufacturer, must be between 3 and 5 mm for adequate marginal adaptation. The choice of the 4 mm plug was made by the study of Hachmeister's et al. (22), which concluded that thicknesses did not interfere with infiltration, but with resistance to displacement forces, and also by the study of Lawley et al. (28), that showed an adequate sealing with a thickness of 4 mm.

Ultrasonic points have a variety of clinical applications in endodontics and can be used in all steps of endodontic treatment (29). Several studies have investigated the use of ultrasound to reduce empty spaces between the MTA plug and the dentine walls, using different vibration times and techniques. Aminoshariae et al. (30) evaluated the difference between manual compaction and direct ultrasonic vibration of the MTA, without describing the time of use and the power used. In turn, Lawley et al. (28), Yeung et al. (31) and Kim et al. (16) used indirect ultrasonic vibration for one second and at low power. The studies by Parashos et al. (17) and El-Ma'aïta et al. (29) compared an indirect application of ultrasound over different periods of time. Araújo et al. (3) evaluated only the vibration for 5s and at low power, in groups with and without smear layer removal. In the present study, these guidelines were followed: application for 5s, at low power and with removal of smear layer in all

specimens.

The results of this study showed a better marginal adaptation in the ultrasonic condensation of WHITE MTA in relation to manual condensation, as well as in the studies by Araújo et al. (3) and Sisli & Ozbas (11). Parashos et al. (17), also concluded that the use of ultrasound was useful for the flow and compacting of cement in groups which the vibration was applied from 2s to 8s. In addition, Lawley et al. (28) and Kim et al. (16) observed a delay in bacterial infiltration in the specimens which the ultrasound was used.

In contrast to these findings, the analyzes by El-Ma'aita et al. (29) showed that despite the ultrasonic energy applied during 5s and 10s being able to reorganize the cement particles and improve the flow, it resulted in more empty spaces and less density. This may have happened due to the use of excess energy, because the entire length of the root was filled with MTA. In addition, Aminoshariae et al. (30) concluded that manual condensation resulted in a better adaptation than direct ultrasonic vibration on the plug.

The information available in the literature about BIO C REPAIR is not sufficient to establish the effect of ultrasonic condensation on it. It is known that WHITE MTA particles are larger and less homogeneous (32) and that is why vibration has the ability to reorganize them (11). On the other hand, ultrasonic energy in excess interferes with the physical properties of cements (17,29). According to the manufacturer, the particles of the new bioceramic are less than 2 micrometers, and it is possible that the ultrasonic energy of 5s has interfered in its marginal adaptation, increasing the gap values.

In the manual technique, the MTA REPAIR HP showed lower values of gaps, even though the difference was not significant when compared with the other

cements. On the other hand, ultrasonic vibration did not interfere with its marginal adaptation, unlike what occurred in WHITE MTA. Such results can be explained by the presence of the plasticizer in the formula of MTA REPAIR HP and by the size of its particles (33,34).

De Deus et al. (20) analyzed that no cement was able to promote an airtight seal and the infiltration may occur due to a failure in the technique of making the apical plug, because it is very sensitive. They also cited the contrasting results in the literature, stating that they may have occurred due to the different diameters of the apices and observation periods, in addition to the number of samples. El-Ma'aita et al. (29) related cement failures to the powder/liquid ratio, operator experience, technique used and direct or indirect application of ultrasound.

Several methods for analyzing the marginal adaptation of dental materials have been recovered in the literature. In the present study, the approach chosen was SEM, which despite being associated with the appearance of artifacts (35), is effective for evaluating microstructural morphological characteristics (18).

The gaps were measured at 1000x magnification in 4 predetermined sites, totaling 8 analyzes per experimental group. The methodology was based on the study by Badr (36) who also measured 4 positions at the apex of the specimen, but using a 350x magnification. Araújo et al. (3) recommended 12 evaluation sites at the apex, also at 1000x magnification. In contrast, Bidar et al. (37) determined only the longest gap in each sample, using a 300x increase. Some authors, in addition to the analysis in the foramen region, also performed longitudinal cuts in the samples, evaluating the gaps in the middle third of the root (36,38).

It is important to highlight the findings of the present study considering the similar results found by other authors regarding WHITE MTA and MTA REPAIR HP.

However, further studies are needed to evaluate the behavior of BIO C REPAIR cement because the literature on it is still scarce. In addition, it is not possible to determine the influence of indirect ultrasonic vibration on it yet.

## **Conclusion**

1. When condensed manually, the apical plugs of the three different cements resulted in a similar marginal adaptation;
2. Ultrasonic condensation provided lower gap values in WHITE MTA, and higher gap values in BIO C REPAIR;
3. The marginal adaptation of MTA REPAIR HP and BIO C REPAIR has not been altered with indirect ultrasonic vibration.

## References

1. Eram A, Zuber M, Keni LG, Kalburgi S, Naik R, Bhandary S, et al. Finite element analysis of immature theeth filled with MTA, Biodentine and Bioaggregate. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020;190:105356.
2. Guerrero F, Mendoza A, Ribas D, Aspiazu K. Apexification: a systematic review. *J Conserv Dent.* 2018;21:462-5.
3. Araújo AC, Nunes E, Fonseca AA, Cortes MI, Horta MC. Influence of smear layer removal and application mode of MTA on the marginal adaptation in immature teeth: a SEM analysis. *Dent Traumatol.* 2013;29:2212-17.
4. Morse DR, O'Larnic J, Yesilsoy C. Apexification: review of the literature. *Quintessence Int.* 1990;21:589-98.
5. Witherspoon DE, Small JC, Regan JD, Nunn M. Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2008;34:1171-6.
6. De Sá MAB, Nunes E, Côrtes MISG, Silveira FF. A short time period in the treatment of an open apice intruded tooth: an-8-year follow-up. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2019;12:160-3.
7. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010;36:190-202.
8. Silva RV, Silveira FF, Nunes E. Apexification in non-vital teeth with immature roots: report of two cases. *Iran Endod J.* 2014;10:79-81.
9. Lin JC, Lu JX, Zeng Q, Zhao W, Li WQ, Ling JQ. Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Formos Med Assoc.* 2016;115:523-30.

10. Demirci GK , Kaval ME , Güneri P, Çalışkan MK. Treatment of immature teeth with nonvital pulps in adults: a prospective comparative clinical study comparing MTA with Ca(OH)<sub>2</sub>. *Int Endod J*. 2020;53:5-18.
11. Sisli SN, Ozbas H. Comparative micro-computed tomographic evaluation of the sealing quality of ProRoot MTA and MTA Angelus apical plugs placed with various techniques. *J Endod*. 2017;43:147-51.
12. Tomás-Catalá CJ, Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Forner L, Llena C, et al. Comparative analysis of the biological effects of the endodontic bioactive cements MTA-Angelus, MTA Repair HP and NeoMTA Plus on human dental pulp stem cells. *Int Endod J*. 2017;50:e63-e72.
13. Cintra LTA, Benetti F, Queiroz IOA, Lopes JMA, Oliveira SHP, Araújo GS, et al. Cytotoxicity, biocompatibility, and biomineralization of the new high-plasticity MTA material. *J Endod*. 2017;43:774-8.
14. Benetti F, Queiroz IOA, Cosme-Silva L, Conti LC, Oliveira SHP, Cintra LTA. Cytotoxicity, biocompatibility and biomineralization of a new ready-for-use bioceramic repair material. *Braz Dent J*. 2019;30:325-32.
15. Ghasemi N, Janani M, Razi T, Atharmoghaddam F. Effect of different mixing and placement methods on the quality of MTA apical plug in simulated apexification model. *J Clin Exp Dent*. 2017;9:351-5.
16. Kim US, Shin SJ, Chang SW, Yoo HM, Oh TS, Park DS. In vitro evaluation of bacterial leakage resistance of as ultrasonically placed mineral trioxide aggregate orthograde apical plug in teeth with wide open apices: a preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107:52-6.
17. Parahos P, Phoon A, Sathorn C. Effect of ultrasonication on physical properties of mineral trioxide aggregate. *BioMed Res Int*. 2014;2014:191984.

18. Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Aeinehchi M, Ranjkesh B. Scanning electron micrograph and surface harness of mineral trioxide aggregate in the presence of alkaline ph. *J Endod*. 2009;35:706-10.
19. Gundam S, Patil J, Venigalla BS, Yadanaparti S, Maddu R, Gurram SR. Comparison of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate, glass ionomer cement and intermediate restorative material as root-end filling materials, using scanning electron microscope: an in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014;17:566-70.
20. De Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel R. Similar expression of through-and-through fluid movement along orthograde apical plugs of MTA Bio and white Portland cement. *Int Endod J*. 2008;41:1047-53.
21. Duarte MAH, Marciano MA, Vivan RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res*. 2018;32:111-18.
22. Hachmeister DR, Schindler WG, Walker 3rd WA, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod*. 2002;28:386-90.
23. Linsuwanont P, Kulvitit S, Santiwong B. Reinforcement of simulated immature permanent teeth after mineral trioxide aggregate apexification. *J Endod*. 2018;44:163-7.
24. Sogukpinar A, Arikan V. Comparative evaluation of four endodontic biomaterials and calcium hydroxide regarding their effect on fracture resistance of simulated immature teeth. *Eur J Paediatr Dent*. 2020;21:23-8.
25. Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. *Endod Dent Traumatol*. 1992;8:45-55.

26. Martin RL, Monticelli F, Brackett WW, Loushine RJ, Rockman RA, Ferrari M, et al. Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *J Endod.* 2007;33:272-5.
27. Shahi S, Rahimi S, Yavari HR, Samiei M, Janani M, Bahari M, et al. Effects of various mixing techniques on push-out bond strengths of white mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2012;38:501-4.
28. Lawley GR, Schindler WG, Walker 3rd WA, Kolodrubetz D. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *J Endod.* 2004;30:167-72.
29. El-Ma'aitha AH, Qualtrough AJE, Watts DC. A micro-computed tomography evaluation of mineral trioxide aggregate root canal fillings. *J Endod.* 2012;38:670-2.
30. Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques. *J Endod.* 2003;29:679-82.
31. Yeung P, Liewehr FR, Moon PC. A quantitative comparison of the fill density of MTA produced by two placement techniques. *J Endod.* 2006;32:456-9.
32. Komabayashi T, Spangberg LSW. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregates and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod.* 2008;31:94-8.
33. Amoroso-Silva PA, Marciano MA, Guimarães BM, Duarte MAH, Sanson AF, de Moraes IG. Apical adaptation, sealing ability and push-out bond strength of five root-end filling materials. *Braz Oral Res.* 2014;28:1-6.
34. Silva EJ, Carvalho NK, Zanon M, Senna PM, De-Deus G, Zuolo ML, et al. Push-out bond strength of MTA HP, a new high-plasticity calcium silicate-based cement. *Braz Oral Res.* 2016;30:1-5.

35. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Ford TRP. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995;21:296-9.
36. Badr AE. Marginal adaptation and cytotoxicity of bone cement compared with amalgam and mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *J Endod.* 2010;36:1056-60.
37. Bidar M, Disfani R, Gharagozloo S, Khoynezhad S, Rouhani A. Medication with calcium hydroxide improved marginal adaptation of mineral trioxide aggregate apical barrier. *J Endod.* 2010;36:1679-82.
38. Nagesh B, Jeevani E, Sujana V, Damaraju B, Sreeha K, Ramesh P. Scanning electron microscopy (SEM) evaluation of sealing ability of MTA and EndoSequence as root-end filling materials with chitosan and carboxymethyl chitosan (CMC) as retrograde smear layer removing agents. *J Conserv Dent.* 2016;19:143-6.

**Table 1:** Composition of bioceramic cements.

| Cement               | Composition                                                                                                                                    |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WHITE MTA</b>     | Powder: tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, calcium oxide, calcium tungstate.<br><br>Liquid: water.                 |
| <b>MTA REPAIR HP</b> | Powder: tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, calcium oxide, calcium tungstate.<br><br>Liquid: water and plasticizer. |
| <b>BIO C REPAIR</b>  | Ready to use. Calcium silicates, calcium aluminate, calcium oxide, zirconia oxide, iron oxide, silicon dioxide and dispersing agent.           |

**Table 2:** Median in  $\mu\text{m}$  of the gaps and standard deviation of the cements and working techniques.

|                      | manually condensed     | condensed with ultrasound |
|----------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>WHITE BRANCO</b>  | 1.60 ( $\pm 1.04$ ) Ab | 0.90 ( $\pm 0.65$ ) Aa    |
| <b>MTA REPAIR HP</b> | 1.00 ( $\pm 0.59$ ) Aa | 1.70 ( $\pm 1.05$ ) ABa   |
| <b>BIO C REPAIR</b>  | 1.60 ( $\pm 0.74$ ) Aa | 2.40 ( $\pm 1.04$ ) Ba    |

<sup>A, B</sup> Different capital letters show statistically significant differences in the comparison within the columns by the Kruskal-Wallis and post-hoc Student-Newman-Keuls test ( $p < 0.05$ ). a, b Different lowercase letters show statistically significant differences when comparing techniques using the t test ( $p < 0.05$ ).

**Figure legend:**

**Fig. 1:** Ultrasonic point being applied in the endodontic condenser.

**Fig. 2:** Apex photographed at 60x magnification and the 4 predetermined points.

**Fig. 3:** Point 3 of a group 4 specimen seen at 1000x magnification (WHITE MTA condensed with ultrasound), showing no gap between the cement and the dentine wall.



Fig. 1

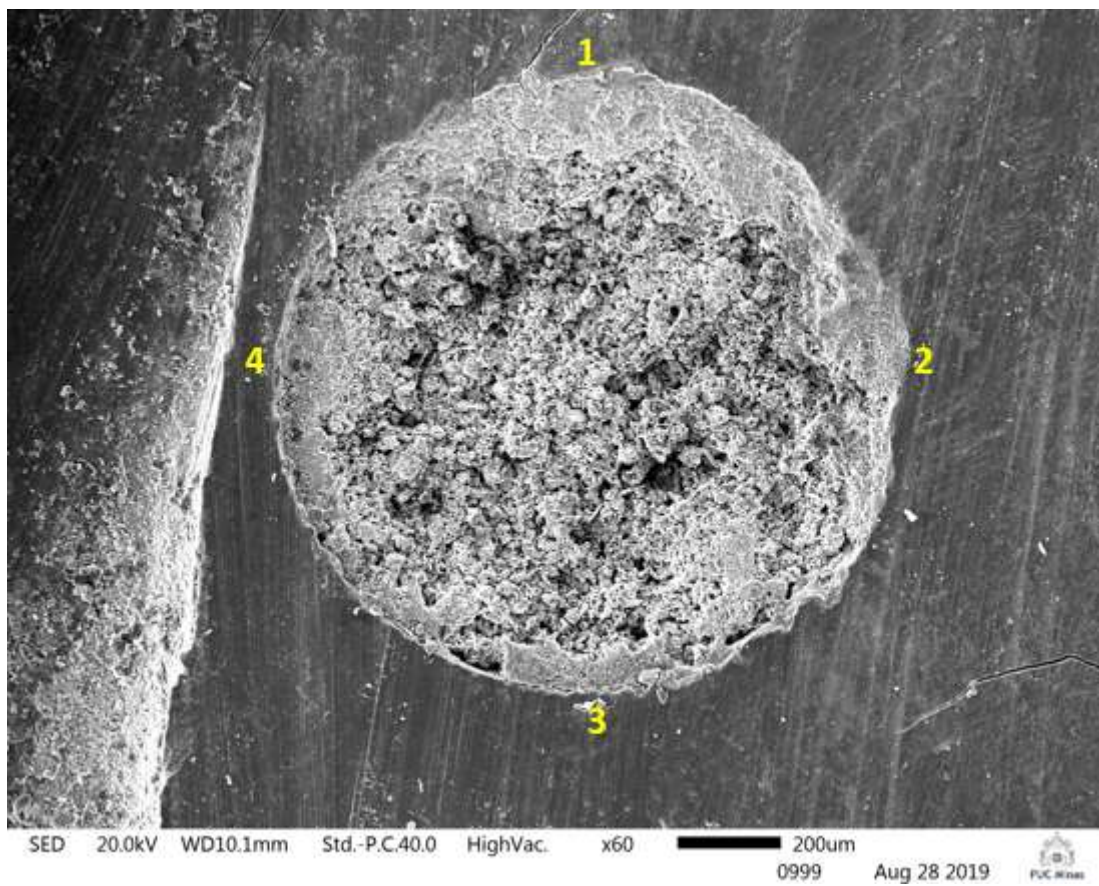


Fig. 2

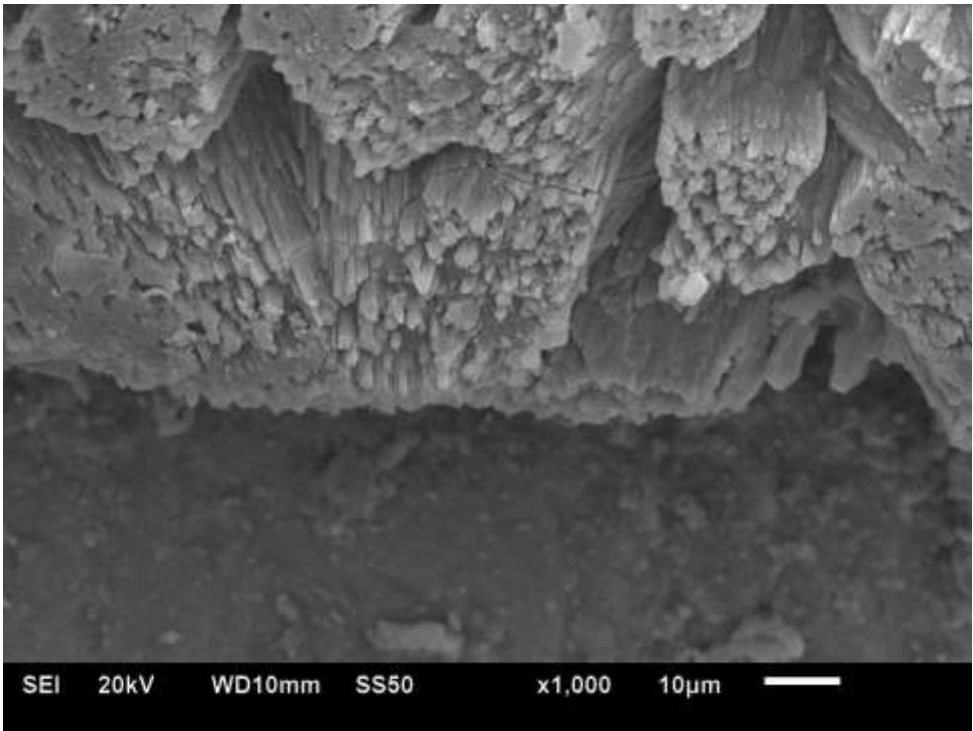


Fig. 3

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados da análise em microscópio eletrônico de varredura, foi possível concluir que não houve diferenças significativas entre a adaptação marginal dos cimentos MTA BRANCO, MTA REPAIR HP e BIO C REPAIR quando condensados de forma manual.

Foi constatado ainda, que a aplicação da vibração ultrassônica indireta no MTA BRANCO, resultou em uma melhor adaptação do cimento às paredes dentinárias ao se comparar com o MTA BRANCO condensado manualmente e com o BIO C REPAIR condensado com ultrassom. Portanto, quando utilizados como plug apical, na técnica manual, os cimentos são comparáveis entre si, mas quando aplicada a energia ultrassônica, o MTA BRANCO obteve adaptação marginal superior.

## REFERÊNCIAS

ANGELUS. **Cimento reparador. Bio-C repair**. 2020. Disponível em: <<http://angelus.ind.br/produto/bio-c-repair-2/>>. Acesso em: 21 de julho de 2020.

ARAÚJO, A.C. *et al.* Influence of smear layer removal and application mode of MTA on the marginal adaptation in immature teeth: a SEM analysis. **Dental Traumatology**, v.29, n.3, p. 2212-2217, June 2013.

CINTRA, L.T.A. *et al.* Cytotoxicity, biocompatibility, and biomineralization of the new high-plasticity MTA material. **Journal of Endodontics**, v.43, n.5, p. 774-778, May 2017.

DE SÁ, M.A. *et al.* A short time period in the treatment of an open apice intruded tooth: an-8-year follow-up. **International Journal of Clinical Pediatric Dentistry**, v.12, n.2, p. 160-163, Mar./Apr. 2019.

DEMIRCI, G.K. *et al.* Treatment of immature teeth with nonvital pulps in adults: a prospective comparative clinical study comparing MTA with Ca(OH)<sub>2</sub>. **International Endodontic Journal**, v.53, n.1, p. 5-18, Jan. 2020.

DUARTE, M.A.H. *et al.* Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. **Brazilian Oral Research**, v.32, n.1, p. 111-118, Oct. 2018.

ERAM, A. *et al.* Finite element analysis of immature teeth filled with MTA, Biodentine and Bioaggregate. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v.190, p. 105356, July 2020.

FRANK, A.L. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. **The Journal of the American Dental Association**, v.72, n.1, p. 87-93, Jan. 1966.

GHASEMI, N. *et al.* Effect of different mixing and placement methods on the quality of MTA apical plug in simulated apexification model. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v.9, n.3, p. 351-355, Mar. 2017.

GUERRERO, F. *et al.* Apexification: a systematic review. **Journal of Conservative Dentistry**, v.21, n.5, p. 462-465, Sept./Oct. 2018.

GUNDAM, S. *et al.* Comparison of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate, glass ionomer cement and intermediate restorative material as root-end filling materials, using scanning electron microscope: an in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, v.17, n.6, p. 566-570, Nov. 2014.

HEITHERSAY, G.S. Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. **Journal of the British Endodontic Society**, v.8, n.2, p. 74-93, July 1975.

KIM, U.S. *et al.* In vitro evaluation of bacterial leakage resistance of as ultrasonically placed mineral trioxide aggregate orthograde apical plug in teeth with wide open

apexes: a preliminary study. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, v.107, n.4, p. e52-e56, Apr. 2009.

LIN, J. *et al.* Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the Formosan Medical Association**, v.115, n.7, July 2016.

MORSE, D. R.; O'LARNIC, J.; YESILSOY, C. Apexification: review of the literature. **Quintessence International**, v.21, n.7, p. 589-598, July 1990.

PARAHOS, P.; PHOON, A.; SATHORN, C. Effect of ultrasonication on physical properties of mineral trioxide aggregate. **BioMed Research International**, v.2014, n.12, Apr. 2014.

RON, A.C. *et al.* Fracture resistance of simulated immature teeth rehabilitated with different restorative materials: a three-dimensional finite element analysis. **Endodontology**, v.29, n.1, p. 11-19, Jan. 2017.

SAGHIRI, M.A. *et al.* Scanning electron micrograph and surface harness of mineral trioxide aggregate in the presence of alkaline ph. **Journal of Endodontics**, v.35, n.5, p. 706-710, May 2009.

SILVA, R.V.; SILVEIRA, F.F.; NUNES, E. Apexification in non-vital teeth with immature roots: report of two cases. **Iranian Endodontic Journal**, v.10, n.1, p. 79-81, Dec. 2014.

SISLI, S.N.; OZBAS, H. Comparative micro-computed tomographic evaluation of the sealing quality of ProRoot MTA and MTA Angelus apical plugs placed with various techniques. **Journal of Endodontics**, v.43, n.1, p. 147-151, Jan. 2017.

TOMÁS-CATALÁ, C.J. *et al.* Comparative analysis of the biological effects of the endodontic bioactive cements MTA-Angelus, MTA Repair HP and NeoMTA Plus on human dental pulp stem cells. **International Endodontic Journal**, v.50, n.2, p. 63-72, Oct. 2017.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – part II: leakage and biocompatibility investigations. **Journal of endodontics**, v.36, n.2, p. 190-202, Feb. 2010.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M.; DUMMER, P.M.H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: ad updated overview – Part II: other clinical applications and complications. **International Endodontic Journal**, v.51, n.3, p. 384-317, Mar. 2018.

WHITERSPOON, D. E. *et al.* Retrospective analysis of open apex teeth obturated with Mineral Trioxide Aggregate. **Journal of Endodontics**, v.34, n.10, p. 1171-1176, Oct. 2008.

## ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP PUC Minas

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO EM MEV DA ADAPTAÇÃO MARGINAL E FORMAÇÃO DE TAGS DE UM NOVO CIMENTO ENDODÔNTICO.

**Pesquisador:** PAULA GUIMARAES DOMINGUETE

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 13118819.3.0000.5137

**Instituição Proponente:** Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.359.833

#### Apresentação do Projeto:

O projeto pretende avaliar comparativamente, utilizando-se a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a adaptação marginal e formação de TAGs nos túbulos dentinários do MTA (Trióxido Mineral Agregado) BRANCO, MTA REPAIR HP, e um novo cimento endodôntico, BIO C REPAIR. Serão utilizados 96 dentes com ápices abertos (Obtidos no Banco de Dentes da PUC Minas) distribuídos em 6 grupos: (1) Grupos MTA adaptação e MTA tags: barreira mineralizada com uso de MTA BRANCO compactado de forma manual. (2) Grupos MTA adaptação e MTA tags: barreira mineralizada com uso de MTA BRANCO compactado com vibração ultrassônica. (3) Grupos MTA HP adaptação e MTA HP tags: barreira mineralizada com uso de MTA REPAIR HP compactado de forma manual. (4) Grupos MTA HP adaptação e MTA HP tags: barreira mineralizada com uso de MTA REPAIR HP compactado com vibração ultrassônica. (5) Grupos BCR adaptação e BCR tags: barreira mineralizada com uso de BIO C REPAIR compactado de forma manual. (6) Grupos BCR adaptação e BCR tags: barreira mineralizada com uso de BIO C REPAIR compactado com vibração ultrassônica.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Objetivo Primário:**

- Avaliar a adaptação marginal, utilizando MTA branco, MTA HP e um novo cimento endodôntico (Bio C Repair) quando empregados como barreira apical, e avaliar formação de TAGS nos túbulos dentinários pelo método de descalcificação, utilizando dentes com incompleta formação de raiz.

**Endereço:** Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228

**Bairro:** Coração Eucarístico

**CEP:** 30.535-901

**UF:** MG

**Município:** BELO HORIZONTE

**Telefone:** (31)3319-4517

**Fax:** (31)3319-4517

**E-mail:** cep.proppg@pucminas.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG



Continuação do Parecer: 3.359.833

(ápice aberto) e Microscopia Eletrônica de Varredura.

**Objetivos Secundários:**

1. Avaliar a adaptação marginal e formação de TAGS do MTA branco quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação manual, utilizando dentes com incompleta formação de raiz e Microscopia Eletrônica de Varredura.
2. Avaliar a adaptação marginal e formação de TAGS do MTA branco quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação com vibração ultrassônica, utilizando dentes com incompleta formação de raiz e Microscopia Eletrônica de Varredura.
3. Avaliar a adaptação marginal e formação de TAGS do MTA HP quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação manual, utilizando dentes com incompleta formação de raiz e Microscopia Eletrônica de Varredura.
4. Avaliar a adaptação marginal e formação de TAGS do MTA HP quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação com vibração ultrassônica, utilizando dentes com incompleta formação de raiz e Microscopia Eletrônica de Varredura.
5. Avaliar a adaptação marginal e formação de TAGS do BIO C REPAIR quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação manual, utilizando dentes com incompleta formação de raiz e Microscopia Eletrônica de Varredura.
6. Avaliar a adaptação marginal e formação de TAGS do BIO C REPAIR quando empregado como barreira apical, na técnica de compactação com vibração ultrassônica, utilizando dentes com incompleta formação de raiz e Microscopia Eletrônica de Varredura.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: Não há riscos com o estudo proposto, uma vez que os dentes extraídos utilizados serão doados pelo Banco de Dentes Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, previamente esterilizados.

Benefícios: A comparação entre o tipo de cimento e o modo de inserção no canal radicular poderá comprovar a existência de um material com propriedades superiores, levando a tratamentos endodônticos ainda mais satisfatórios.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto é exequível e contém todas as informações necessárias à sua execução. O envolvimento de seres humanos será de forma indireta, por meio do uso de dentes provenientes de Banco de Dentes.

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228  
 Bairro: Coração Eucarístico CEP: 30.535-901  
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE  
 Telefone: (31)3319-4517 Fax: (31)3319-4517 E-mail: cep.propg@pucminas.br

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG**



Continuação do Parecer: 3.359.833

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados e estão de acordo com as normas vigentes.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado sem pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento                                                        | Arquivo                                       | Postagem               | Autor                      | Situação |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|----------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                                        | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1343003.pdf | 03/05/2019<br>23:25:04 |                            | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                             | cepprojeto.doc                                | 03/05/2019<br>23:24:27 | PAULA GUIMARAES DOMINGUETE | Aceito   |
| Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco | bancodedentes.pdf                             | 03/05/2019<br>23:22:45 | PAULA GUIMARAES DOMINGUETE | Aceito   |
| Folha de Rosto                                                        | folhaderosto.pdf                              | 03/05/2019<br>23:21:24 | PAULA GUIMARAES DOMINGUETE | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BELO HORIZONTE, 31 de Maio de 2019

---

**Assinado por:  
CRISTIANA LEITE CARVALHO  
(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228  
**Bairro:** Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901  
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE  
**Telefone:** (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.propg@pucminas.br