



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE FARMÁCIA, ODONTOLOGIA E ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

**WALTER CAVALCANTE SÁ NETO**

**AVALIAÇÃO DA FORÇA DE ADESÃO DE TRÊS  
CIMENTOS ENDODÔNTICOS PELO MÉTODO DO PUSH-OUT**

**FORTALEZA  
2012**

**WALTER CAVALCANTE SÁ NETO**

**AVALIAÇÃO DA FORÇA DE ADESÃO DE TRÊS  
CIMENTOS ENDODÔNTICOS PELO MÉTODO DO PUSH-OUT**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia.**

**Área de Concentração: Clínica Odontológica**

**Orientador(a): Profa. Dra. Mônica Sampaio do Vale**

**FORTALEZA  
2012**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências da Saúde

---

S113a Sá Neto, Walter Cavalcante.

Avaliação da força de adesão de três cimentos endodônticos pelo método do push out /  
Walter Cavalcante Sá Neto. – 2012.  
41f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências da Saúde,  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Fortaleza, 2012.

Orientação: Profa. Dra. Mônica Sampaio do Vale

1. Odontologia. 2. Obtenção do Canal Radicular. 3. Adesão Celular. I. Título.

---

CDD 617.63

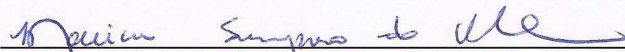
WALTER CAVALCANTE SÁ NETO

AVALIAÇÃO DA FORÇA DE ADESÃO DE TRÊS  
CIMENTOS ENDODÔNTICOS PELO MÉTODO DO PUSH-OUT

Dissertação submetida ao Programa de Pós-  
Graduação em Odontologia da Universidade  
Federal do Ceará como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em Odontologia.  
Área de Concentração: Clínica Odontológica

Aprovada em: 31/07/2012

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Mônica Sampaio do Vale (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Roberto Pinheiro Borges

Universidade Federal do Ceará – UFC



Profa. Dra. Flaviana Bombarda de Andrade

Universidade de São Paulo – FO Bauru

*Dedico este trabalho a  
toda minha Família*

## AGRADECIMENTOS

*À Deus, por iluminar todos os passos e conquistas da minha vida.*

*À minha Esposa, Danielle, pela valorização, incentivo, dedicação, amor e companheirismo durante toda esta jornada.*

*A toda a minha família que me proporcionou uma formação pessoal e profissional pautada na honestidade, dignidade e dedicação ao trabalho.*

*À professora e orientadora Mônica Sampaio do Vale, pelo apoio e incentivo para a concretização desta importante fase da minha vida, sendo um exemplo profissional, de competência e dedicação a ser seguido para sempre.*

*Aos colegas de turma Carlos Eduardo, Carol, Juliana, Patrícia, Gustavo, Malena, Iracema, Karla, Fernanda, Raquel, Socorro e Ernest pela amizade construída neste período e que permanecerá por toda a vida.*

*A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFC, pela dedicação em construir uma Pós-Graduação de excelência.*

*Aos professores Sérgio Araújo Holanda Pinto e Roberto Pinheiro Borges, que contribuíram significativamente, cada um à sua maneira, para minha formação profissional durante este curso.*

*À professora Dra. Flaviana Bombarda de Andrade que gentilmente aceitou fazer parte da minha banca examinadora.*

*Aos professores Gustavo De-Deus e Erick Miranda Souza pela valorosa ajuda no delineamento da metodologia empregada.*

*Às amigas Beatriz Bezerra e Lia Barroso Brandão Aragão pela valorosa ajuda na análise estatística e tradução do artigo para o inglês.*

*À funcionária Cotinha, pelo zelo com que cuida da Clínica de Endodontia e que cuidou de mim.*

*Aos colegas endodontistas da Especialização em Endodontia da UFC, que se tornaram verdadeiros amigos.*

*Às funcionárias da secretaria de Pós-Graduação da UFC, Lúcia e Janaína, pela disponibilidade e carinho em ajudar.*

*A todos que direta ou indiretamente contribuíram para mais esta realização.*

## RESUMO

Os principais objetivos do tratamento endodôntico são a limpeza, a modelagem do canal radicular e a completa obturação de todo o sistema de canais radiculares. Uma das propriedades exigidas do material obturador é a adesão, que é definida como a atração molecular ou atômica entre duas superfícies que se tocam, causada pela força de atração interfacial existente entre as moléculas ou átomos de dois materiais. A adesão pode ser química, mecânica ou a combinação de ambas. A perfeita adesão da obturação às paredes do canal é uma busca constante através do aprimoramento e lançamento de novos materiais utilizados nessa fase do tratamento, com ênfase no cimento endodôntico, responsável pela união da parte sólida da obturação, a guta percha, às paredes do canal radicular. Este estudo teve como objetivo avaliar a força de adesão de três cimentos endodônticos através do teste de *push-out*, que é um teste bastante confiável, tendo em vista a precisão dos resultados e sua reprodutibilidade. Trinta caninos superiores humanos extraídos foram selecionados e seccionados na junção cimento-esmalte, descartando-se a coroa e removendo-se 2mm do ápice radicular. Em seguida, os canais radiculares foram preparados com brocas de Gates-Glidden #1 a 5 e finalizados com a broca de Peeso #6, gerando um preparo do canal radicular de forma cilíndrica e com 1,5 mm de diâmetro. Logo após, as raízes foram seccionadas transversalmente em fatias de 1mm de altura, sendo logo após divididas em 3 grupos de acordo com o cimento utilizado e 3 sub grupos, de acordo com o terço radicular (n=25). Os espécimes foram então preenchidos com o cimento da seguinte forma: Grupo 1, cimento AH Plus, Grupo 2, cimento MTA Fillapex e Grupo 3, cimento Pulp Canal Sealer. Os resultados mostraram superioridade com diferença estatisticamente significativa do cimento AH Plus em relação aos outros dois cimentos e do Pulp Canal Sealer em relação ao MTA Fillapex. Em relação aos terços radiculares, somente no grupo do Pulp Canal Sealer foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, com superioridade do terço apical em relação aos terços cervical e médio. Conclui-se que o cimento AH Plus apresentou os melhores valores de força de adesão, independente do terço radicular.

**Palavras-Chave:** cimento endodôntico, obturação do canal radicular, adesão, push-out.



## ABSTRACT

The main aim of endodontic therapy is the cleaning and shaping of the root canal and the complete filling of the entire root canal system. Adhesion is defined as the atomic or molecular attraction between two surfaces that touch, caused by the interfacial force of attraction between the molecules or atoms of both materials. The adhesion can be chemical, mechanical or a combination of both. The perfect adhesion of the filling to the canal walls is a constant search through the improvement and introduction of new materials used in this phase of treatment, with emphasis on the sealer that promotes the union of the solid part of the filling, gutta-percha, to the walls of the root canal. This study aimed to evaluate the bond strength of three root canal sealers by the push-out test, that is quite reliable in view of the accuracy and reproducibility of results. Thirty human upper canines teeth were selected and sectioned at the cemento-enamel junction to remove the crown and 2 mm from the apex. All canals were enlarged with Gates-Glidden drills #1-5 and finished the preparation with Pecho drill #6. Between every drill exchange, 1 ml of 2.5% sodium hypochlorite was used as irrigating solution. The roots were sectioned in 1 mm slices and filled according to the root canal sealer, subdividing each group according to the root third (n=25). They were then filled with the sealer as follow: Group 1, AH Plus, Group 2, MTA Fillapex and Group 3 Pulp Canal Sealer. The results showed statistically significant superiority of the AH Plus compared to the other two sealers and Pulp Canal Sealer in relation to the MTA Fillapex. Regarding the root thirds, only the Pulp Canal Sealer's group showed statistically significant differences, with superiority of the apical third compared to cervical and middle thirds. It is concluded that AH Plus showed the best values of bond strength, regardless of the root third.

**Key-words:** sealer, root canal filling, bond strength, push-out.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>09</b>
<b>2. PROPOSIÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Objetivos Gerais</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
<b>3. CAPÍTULO</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Capítulo 1</b>	<b>16</b>
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>34</b>

## ***1. Introdução Geral***

---

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo das últimas décadas, um grande número de materiais obturadores e técnicas de obturação foram criados em busca de um melhor selamento do espaço do canal radicular, com o intuito de evitar ou prevenir a sua contaminação (1).

Uma das propriedades mais desejadas dos cimentos endodônticos é a sua adesão tanto à guta-percha quanto às paredes dentinárias (2)

Em busca desse bloco único, que seria formado pela união química entre cimento, material obturador e paredes dentinárias, foram criados sistemas resinosos de obturação de canais, mas que acabaram não mostrando valores de adesão superiores aos apresentados pelos cimentos já existentes (3-5).

Da mesma forma, em busca de um cimento que tivesse um bom equilíbrio entre as propriedades físicas e biológicas, criou-se um novo cimento à base de Mineral Trióxido Agregado (MTA) (6).

O MTA é um biomaterial que inicialmente foi proposto para uso em retro-cavidades, mas passou a ser usado em muitas outras indicações clínicas, tais como capeamento pulpar, pulpotomia, apicigênese, barreira apical em dentes com ápice aberto, reparo de perfurações radiculares e, mais recentemente, como material obturador do canal radicular (7).

Esse aumento das indicações se deu devido às suas excelentes qualidades nas propriedades físicas e biológicas, como a capacidade de selamento mesmo em presença de umidade e sua excelente capacidade de indução de formação de tecido duro ao longo de sua superfície (6).

Por todas essas excelentes propriedades, esperava-se transportá-las para seu uso como cimento endodôntico, sendo criado assim, o cimento MTA-Fillapex, fabricado pela Angelus (Londrina, Paraná, Brasil). Este cimento, tem apresentação

comercial no formato pasta-pasta, com dispositivo de auto-mistura, fato que facilita seu manuseio. Pouco se conhece sobre as características deste cimento, visto seu recente lançamento. O MTA Fillapex é um cimento à base de silicato que apresenta composição após a mistura basicamente de MTA, com resina salicilato, resina diluente, resina natural, óxido de bismuto, sílica nanoparticulada e pigmentos (8). Comercializado no formato pasta-pasta com ponta auto-misturadora, apresenta segundo o fabricante tempo de trabalho de 30 minutos e tempo de presa de 120 minutos. Ainda de acordo com o fabricante, o MTA Fillapex apresenta um selamento marginal de longa duração, alta radiopacidade, baixa expansão de presa, baixa solubilidade, excelente viscosidade para a obturação dos canais radiculares, não mancha a estrutura dental e não contém eugenol (9).

Um cimento endodôntico ideal deve proporcionar uma obturação do canal radicular com grande resistência à penetração de fluidos e bactérias, ser radiopaco, de maneira que possibilite sua visualização na radiografia, não ser irritante aos tecidos periapicais, ser estável, apresentar bom tempo de presa e de trabalho, não permitir crescimento bacteriano em sua superfície, dentre outras características (2).

Para se avaliar a qualidade das obturações endodônticas ou materiais utilizados nas obturações, vários métodos têm sido propostos ao longo dos anos, tais como infiltração de corantes, infiltração bacteriana, método de transporte de fluidos e método de filtração de glicose. Além dos métodos de análise de infiltração, existem os métodos de avaliação da força de adesão entre os componentes da obturação, como os ensaios de micro-tensão e, mais recentemente, o push-out.

O método do push-out substituiu o método da micro-tensão que apresentava como principais limitações o alto número de fraturas prematuras dos espécimes durante a preparação e a alta variação entre os valores obtidos. Já o push-out apresenta como principais características a sua reprodutibilidade e confiabilidade. Este método consiste em se aplicar uma carga de força monitorada por computador, onde se mensura a força máxima necessária para romper a adesão de duas superfícies. A melhor estimativa dos valores de adesão proporcionado pelo push-out se deve ao

carregamento aplicado ser paralelo à linha de adesão, resultando em tensões predominantemente de cisalhamento (4).

O teste de push-out associado ao uso de finas fatias do espécime permitiu uma avaliação ainda mais precisa da força de adesão, sendo frequentemente utilizado (4, 5, 10, 11).

O cimento à base de resina epóxica AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) é o padrão ouro para os cimentos endodônticos, usado em comparação com novos produtos testados em virtude das suas excelentes propriedades físicas e biológicas. O cimento AH Plus é comercializado no formato pasta-pasta, sendo a pasta A composta por resina epóxica Bisfenol-A, resina epóxica Bisfenol-F, tungstenato de cálcio, sílica, óxido de zircônio e pigmentos de óxido de ferro. A pasta B é composta por dibenzil-diamina, aminoadamantano, triciclododecanodiamina, tungstenato de cálcio, óxido de zircônio, sílica e óleo de silicone. De acordo com as recomendações do fabricante, o cimento deve ser utilizado na proporção de 1:1 e espatulado até atingir uma consistência homogênea. Apresenta tempo de trabalho de até 4 horas a uma temperatura de 23° C e o tempo de presa é de 8 horas a 37° C.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a força de adesão do cimento à base de MTA, MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil), comparando-a com a adesão dos cimentos Pulp Canal Sealer (à base de Óxido de Zinco e Eugenol –Kerr Corporation, Orange, CA) e AH Plus (à base de Resina Epóxica – Dentsply DeTray, Konstanz, Alemanha).

## ***2. Proposição***

---

## **2. PROPOSIÇÃO**

### **2.1. Geral**

- Avaliar a força de adesão de três cimentos endodônticos através do teste de *push-out*.

### **2.2. Específicos**

- Avaliar *ex vivo*, através do método de *push-out*, a força de adesão dos cimentos AH Plus, MTA Fillapex e Pulp Canal Sealer, nos terços radiculares cervical, médio e apical;

- Comparar os valores obtidos entre os cimentos, averiguando se há diferenças estatísticas entre eles;

- Comparar os valores obtidos entre os terços radiculares, averiguando se há diferenças estatísticas entre eles.



## ***3. Capítulo***

---

### **3. CAPÍTULO:**

Esta dissertação está baseada no Artigo 46 do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Ceará, que regulamenta o formato alternativo para dissertações de Mestrado e teses de Doutorado e permite a inserção de artigos científicos de autoria ou co-autoria do candidato. Por se tratar de pesquisa envolvendo seres humanos ou partes deles, o projeto de pesquisa deste trabalho foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará, tendo sido aprovado (Anexo 1). Assim sendo, esta dissertação é composta de um capítulo contendo um artigo científico que será submetido para publicação na revista científica **Journal of Endodontics**, conforme descrito abaixo:

#### **Capítulo 1:**

##### **“ Evaluation of Push-Out Bond Strengths of Three Root Canal Sealers”**

*Walter Cavalcante Sá-Neto, DDS e Mônica Sampaio do Vale, DDS, MSc, PhD.*

## Evaluation of Push-Out Bond Strengths of Three Root Canal Sealers

*Walter Cavalcante Sá-Neto, DDS,\* and Mônica Sampaio do Vale, DDS, MSc,  
PhD.\**

Faculty of Pharmacy, Dentistry and Nursing, Federal University of Ceará,  
Fortaleza, Ceará.

Address requests for reprints to Prof. Walter Cavalcante Sá Neto, R. Frei  
Mansueto, 777, ap. 601, Meireles, Fortaleza, Ce, Brazil, 60175-070. E-mail  
address: endowalter@hotmail.com.

### ABSTRACT

**Introduction:** The aim of this study was to evaluate the push-out bond strength of a epoxy resin - based sealer (AH Plus), MTA - based sealer (MTA Fillapex) and zinc oxide and eugenol - based sealer (Pulp Canal Sealer) and a in the three thirds of the root canal. **Methodology:** Thirty human upper canines teeth were selected and sectioned at the cemento-enamel junction to remove the crown and 2 mm from the apex. All canals were enlarged with Gates-Glidden drills #1-5 and finished with Pecho drill #6. Between every drill exchange, 1 ml of 2.5% sodium hypochlorite was used as irrigating solution. The roots were sectioned in 1 mm slices and filled according to the root canal sealer, subdividing each group according to the root third (n=25). The specimens were loaded to the push-out test using a universal testing machine at a speed of 0.5 mm/min. The results were analyzed using one-way ANOVA and Kruskal Wallis methods. **Results:** Statistically significant differences were found among the three groups. AH Plus group showed the highest bond strength and the MTA-Fillapex group the lowest ( $P < .05$ ). Only the Pulp Canal Sealer showed statistically significant differences among the three thirds of the root canal **Conclusion:** Under the conditions of this ex vivo study, AH Plus was more efficient than the Pulp Canal Sealer and this more than the MTA Fillapex, in terms of bond strength to the walls of the root canal.

Regarding the root thirds, only the Pulp Canal Sealer's group showed statistically significant differences, with superiority of the apical third compared to cervical and middle thirds. It is concluded that AH Plus showed the best values of bond strength, regardless of the root third.

**Keywords:** endodontic root sealer, root canal filling, push-out bond strength

## INTRODUCTION

The main objectives of endodontic treatment is cleaning, shaping and filling three-dimensionally the root canal system (12), and the adhesion of the filling material to dentin walls is one of the most important properties for maintaining the integrity of the obturation (13).

Adhesion can be defined as the atomic or molecular attraction between two surfaces in contact, caused by the interfacial force of attraction between the molecules of both materials. The adhesion can be chemical, mechanical (structural interlocking) or a combination of both. In case of root canal sealers, the adhesion process would be best defined as a mechanical connection, because the adhesion is not caused by molecular attraction, but by a mechanical interlacing (11).

One of the newer cements marketed is the MTA - based sealer, the MTA Fillapex (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, Brazil). It contains salicylate resin, solvent resin, natural resin, nanoparticle silica, bismuth oxide, pigments and MTA (14). According to the manufacturer, it still has high radiopacity, low solubility (8), a small expansion during setting and promotes the deposition of mineralized tissue on its surface (9).

The aim of this study was to evaluate the bond strength of the new root canal sealer MTA Fillapex comparing it with epoxy resin-based sealer, AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) as well as zinc oxide and eugenol-based sealer, Kerr Pulp Canal Sealer EWT (Kerr Corporation, Orange, CA) in the

different thirds of the root canal. The null hypothesis is that there is no difference in the bond strength between the sealers tested, nor a difference between the different thirds of the root canal, using the push-out test.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Sample Selection and Specimen Preparation**

Thirty human upper canines with straight roots and  $20 \pm 1$  mm in length were selected. This study was approved by the Ethics Committee in Research of Universidade Federal do Ceará (N<sup>o</sup>. 22/12). The teeth were disinfected in 2.5% sodium hypochlorite for 1 minute and stored in 0.1% thymol solution at 4°C immediately after extraction.

All teeth had their crowns sectioned at the cement-enamel junction, and the 2mm of the root third were also removed. The patency of each canal was performed with a K Flexofile file #15 (Dentsply - Maillefer Instruments, Baillaigues, Switzerland) and then the root canal preparation was performed with Gates Glidden drills (Dentsply - Maillefer Instruments, Baillaigues, Switzerland) with progressive size #1-5, followed by Peeso drill size #6 (Dentsply - Maillefer Instruments, Baillaigues, Switzerland), in the whole length of the root canal. The root canals were irrigated between each change of drill using 1 ml of 2.5% sodium hypochlorite (Iodontosul, Porto Alegre, Brazil). Followed by the insertion of 2ml of ethylene diaminetetracetic acid (17% EDTA) (Biodinâmica Quim. Farm. Ltda., Ibioporã, PR, Brazil) for 5 minutes and soon after, were aspirated. As final irrigation, the root canals were irrigated with 10 ml of distilled water, followed by aspiration. Thereby, the root canal were standardized with diameter of 1.5 mm along the entire length of root canals.

After preparation, the teeth were cut with discs of 1 mm thick transversally to the long axis by using low-speed saw (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) with a diamond disk (125 x 0.20 x 12.7 mm) under constant water irrigation. Each

tooth generated 8-10 slices. The specimens which the preparation did not get a completely circular shape were eliminated. Thus, 225 slices were divided according to the root third. The use of different sealers resulted in three experimental groups, whose slices were randomly distributed according to the root third, resulting in three subgroups for each group (n = 25).

### **Specimens Filling**

The proportion and handling of all sealers were performed according to the recommendations from manufacturers. All sealers were inserted into the specimen with the aid of a Centrix® syringe (DFL, Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil) with metallic tip of 0.5mm diameter. The MTA Fillapex sealer, which is commercialized under self-mixing ends, was inserted directly into the tip of the Centrix® syringe. Group 1, were used AH Plus sealer. Group 2, the MTA Fillapex sealer. Group 3, Kerr Pulp Canal Sealer. After filling, the specimens were stored in an environment with 100% humidity at 37°C for 15 days for complete set of the sealers.

### **Push-Out Test**

The thickness of each slice was confirmed with a digital caliper (Avenger Products, North Plains, OR). As the samples were prepared in a cylindrical shape, there was no necessity of load only in the apex-crown direction. The specimens were placed in a universal testing machine (Instron Corporation, Norwood, MA) at a speed of 0.5 mm/min, using a stainless steel tip of 1 mm thick so that only the tip touch the filling material, to avoid interference and reading errors. Measuring the force required to displace the filling material was accompanied by Bluehill® 2 software and recorded the highest value obtained. This value expressed in Newtons (N) was transformed to megapascal (MPa) dividing the load in N by the area of the bonded interface (5). As in all slices the diameter and height were constant, the value of N was divided by 4.71 mm<sup>2</sup>, which was the constant value obtained in the bond area.

## Statistical Analysis

The data were evaluated using the SPSS 15.0 software (SPSS Inc, Chicago, IL) as the normal distribution using the Shapiro-Wilk test and only the data corresponding to the group 1 showed a normal distribution. Thereby, parametric tests were used for comparisons between the different thirds of the root in group 1 (ANOVA) and non-parametric tests for groups 2 and 3 (Kruskal-Wallis). The non-parametric Kruskal-Wallis test was used to evaluate differences among the three groups in each root third. When statistically significant differences were found the Mann-Whitney test was applied to identify differences. The level of significance adopted was  $p < .05$ .

## RESULTS

The group filled with AH Plus sealer showed significantly higher bond strength comparing to the group filled with Pulp Canal Sealer and this values was significantly higher than the group filled with MTA Fillapex sealer ( $p < .0001$ ).

There were no statistically significant differences between the three root thirds of the AH Plus group and MTA Fillapex. For the Pulp Canal Sealer group, statistically significant differences were found only between the apical and middle and apical and coronal thirds.

In table 1 it was observed the mean values and standard deviation. Values are expressed in MPa.

**TABLE 1.** Mean Push-Out Bond Strength Value (MPa)

THIRDS	MATERIAL		
	AH PLUS	MTA FILLAPEX	PULP CANAL SEALER
APICAL	10,6 ± 3,2 <sup>a</sup>	0,4 ± 0,3 <sup>d</sup>	3,4 ± 1,2 <sup>b</sup>
MIDDLE	10,0 ± 3,7 <sup>a</sup>	0,3 ± 0,3 <sup>d</sup>	2,8 ± 1,2 <sup>c</sup>
CORONAL	11,9 ± 3,8 <sup>a</sup>	0,4 ± 0,3 <sup>d</sup>	1,8 ± 1,2 <sup>c</sup>

Values followed by different superscript letters indicate statistically significant differences.

All specimens were evaluated for the type of fracture occurring between the filling material and the dentin walls in operating microscope (Microscope Alliance, São José dos Campos, SP, Brazil) with an increase of 40X. Most specimens of the MTA group Fillapex sealer presented adhesive failure in dentin/sealer interface. The AH Plus group presented a predominance of cohesive failure into the material itself. The Pulp Canal Sealer group presented mixed failures, occurring into the dentin / sealer interface and into the material itself. Table 2 shows the percentages of failures.

**TABLE 2.** Types of Failure After the Push-Out Bond Strength Test

	AH PLUS			MTA FILLAPEX			PULP CANAL SEALER		
	A	C	M	A	C	M	A	C	M
APICAL	0	72	28	52	0	48	20	4	76
MIDDLE	0	52	48	40	0	60	20	12	68
CORONAL	0	64	36	52	4	44	8	32	60

Data are in percentage. A, Adhesive; C, Cohesive; M, Mixed.

## DISCUSSION

The lack of specific guidance by the ADA (American Dental Association) for adhesion testing with endodontic sealers allowed the development of several experimental models without standardization (15, 16). Thereby, several studies that used the push-out method were found (3, 16-18) but with several variables including, such as the use or not of the core filling material (19), the slice thickness of the root obtained (4, 5, 10, 11, 20), the instrumentation method of the root canal (21), irrigation solutions used (22), the diameter of the tip of the push-out device (21).

As a consequence of the obtained results, the null hypothesis that there were no differences among the sealers tested was rejected. It also means that the new MTA Fillapex sealer created to transport the excellent qualities of the MTA for a root canal sealer was not completely effective, given the significantly lower values of bond strength. These results are in agreement with other studies which measured low values of the bond strength of the MTA Fillapex (14, 23). Another study (24), although with no statistically significant differences, also found low values of bond strength of the



MTA Fillapex. The poor performance of the MTA Fillapex can be explained by a weak adhesion of the apatite layer formed between the sealer and dentin (23, 25).

The superior values of AH Plus adhesion in relation to various sealers are in agreement with results as demonstrated in previous studies (3, 20, 26). These greater results of AH Plus can be explained by its excellent ability to penetrate the microirregularities of the root canal because of its high flow and long setting time. The interlacing of the AH Plus with the dentin tubules, beyond the cohesion between the molecules of the sealer increases resistance to removal and displacement, fact that means increase of the bond strength (18, 27).

Pulp Canal Sealer was poorly researched using the thin-slice push-out method. According to previous studies, it was expected low value of bond strength compared to AH Plus (5, 26, 28). The zinc ion of the zinc oxide can react with the mineral component of the dentin, creating an interlocking between the two surfaces, providing the bond strength found (26).

It was observed that as the bond strength increases, the tendency of displacement of the filling material tends to occur into the material, in other words cohesive failure. When the displacement occurred with lower bond strength, the tendency was to occur in the dentin/sealer interface, adhesive failure (24).

In this study, it was chosen to fill the specimens only with the sealer choosed, without the core material, to avoid the adhesive fracture that occurs by breaking the bond between gutta-percha and sealer. Thereby, the bond strength of sealer to dentin wall can be evaluated with more accuracy, since the sealers have an adhesive strength to dentine much stronger than to gutta-percha (19).

Root canals were prepared to obtain a cylindrical shape, with 1.5mm in diameter throughout its length, even though clinically the conical shape be commonly used (21). The fixed diameter of 1.5mm avoided that areas of the root canal did not get prepared by the end of instrumentation and allowed an increase in retention of the sealer because of the irregular anatomy in that region, which would alter the test results. Furthermore, parallel format of the preparation of the specimens minimizes frictional resistance during displacement of the filling material (29).

The fixed diameter of the specimens also allowed the use of one only tip of the same diameter for measuring the three tested root thirds, with no change between the proportion of filling material surface touched by the tip of the push-out device and the area of the root canal of that specimen. The variation of this ratio could lead to variations in the bond strength found. The larger the diameter of the tip of the device relative to the diameter of the root canal, without touching the dentin walls, the lower the risk of the tip to penetrate the material without moving it. In this experiment was utilized a tip of 1 mm (10).

It was expected that due to the decrease in the number and size of dentin tubules in the apical direction resulted in a reduction of adhesion from cervical to apical region, which was not observed in this study. Only the Pulp Canal Sealer group showed statistically significant differences between root canal thirds, with the highest adhesion strength found in the apical third, showing that the tubules have no decisive influence on the adhesion between sealer and dentin wall (3).

Other recent studies have evaluated other characteristics of the MTA Fillapex sealer. Borges et al. (8) evaluated the solubility of MTA Fillapex and obtained lower values than those required by the American Dental Association (ADA), presenting worse values of solubility related to the AH Plus, Sealapex and White MTA. Another study evaluated the antimicrobial activity and pH of the MTA Fillapex and noted that it has a good antimicrobial activity before the complete set, but failed to maintain this activity after 7 days of the set, as well as its alkaline pH was not effective against *E. faecalis* (30).

Within the experimental conditions of this ex vivo study, it can be concluded that AH Plus showed the highest push-out bond strength in all root thirds. The MTA Fillapex, presented the lowest adhesion values.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

*The authors deny any conflicts of interest related to this study.*

## REFERENCES

1. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 Oct;16(10):498-504.
2. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod.* 1976 Jun;2(6):166-75.
3. De-Deus G, Di Giorgi K, Fidel S, Fidel RA, Paciornik S. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany and Resilon/Epiphany self-etch to root dentin. *J Endod.* 2009 Jul;35(7):1048-50.
4. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005 Nov;31(11):809-13.
5. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *J Endod.* 2006 Oct;32(10):963-6.
6. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995 Jul;21(7):349-53.
7. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):16-27.
8. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Junior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J.* 2012 May;45(5):419-28.
9. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD, Antunes FC, Cogo DM, Kopper PM. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1128-33.
10. Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod.* 2005 Aug;31(8):608-12.
11. Ungor M, Onay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006 Aug;39(8):643-7.

12. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* 1967 Nov;723-44.
13. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* 2002 May;28(5):351-4.
14. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):240-4.
15. MTA Fillapex; MSDS [Online]; ANGELUS INDÚSTRIA DE PRODUTOS ODONTOLÓGICOS S/A: Londrina B, Jun 17, 2012. Available at: [http://www.angelus.ind.br/arquivos/anexo\\_produto/43\\_file.pdf](http://www.angelus.ind.br/arquivos/anexo_produto/43_file.pdf). Accessed June, 17, 2012.
16. Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J.* 2008;19(1):46-50.
17. Alfredo E, Silva SR, Ozorio JE, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser. *Int Endod J.* 2008 Sep;41(9):733-40.
18. Costa JA, Rached-Junior FA, Souza-Gabriel AE, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Push-out strength of methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *Int Endod J.* 2010 Aug;43(8):698-706.
19. Haragushiku GA, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT, Alfredo E, Silva SC, Silva RG. Adhesion of endodontic sealers to human root dentine submitted to different surface treatments. *Photomed Laser Surg.* 2010 Jun;28(3):405-10.
20. Jainaen A, Palamara JE, Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J.* 2007 Nov;40(11):882-90.
21. Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod.* 2010 Dec;36(12):2000-2.
22. Nagas E, Uyanik O, Durmaz V, Cehreli ZC. Effect of plunger diameter on the push-out bond values of different root filling materials. *Int Endod J.* 2011 Oct;44(10):950-5.

23. Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *J Endod.* 2009 Apr;35(4):537-40.
24. Sagsen B, Ustun Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1088-91.
25. Assmann E, Scarparo RK, Bottcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):219-21.
26. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2009 May;35(5):731-6.
27. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod.* 2007 Jul;33(7):856-8.
28. Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YT. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J.* 2005 Dec;38(12):866-70.
29. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002 Oct;28(10):684-8.
30. Patierno JM, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Oct;12(5):227-36.

## ***4. Conclusões Gerais***

---

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS:

Da avaliação dos resultados obtidos neste estudo *ex vivo* pode-se concluir que:

- Através do teste de push-out, o cimento AH Plus apresentou os melhores resultados de força de adesão;
- O MTA Fillapex apresentou os piores valores de força de adesão;
- O terço apical do canal radicular não demonstrou força de adesão inferior em relação aos outros terços radiculares.

## *Referências*

---



## REFERÊNCIAS

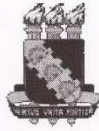
1. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 Oct;16(10):498-504.
2. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod.* 1976 Jun;2(6):166-75.
3. De-Deus G, Di Giorgi K, Fidel S, Fidel RA, Paciornik S. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany and Resilon/Epiphany self-etch to root dentin. *J Endod.* 2009 Jul;35(7):1048-50.
4. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005 Nov;31(11):809-13.
5. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *J Endod.* 2006 Oct;32(10):963-6.
6. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995 Jul;21(7):349-53.
7. Pariookh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-- Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):16-27.
8. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Junior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J.* 2012 May;45(5):419-28.
9. MTA Fillapex; MSDS [Online]; ANGELUS INDÚSTRIA DE PRODUTOS ODONTOLÓGICOS S/A: Londrina B, Jun 17, 2012. Available at: [http://www.angelus.ind.br/arquivos/anexo\\_produto/43\\_file.pdf](http://www.angelus.ind.br/arquivos/anexo_produto/43_file.pdf). Accessed June, 17, 2012.
10. Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod.* 2005 Aug;31(8):608-12.
11. Ungor M, Onay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006 Aug;39(8):643-7.
12. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am.* 1967 Nov;723-44.
13. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod.* 2002 May;28(5):351-4.
14. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):240-4.
15. Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J.* 2008;19(1):46-50.
16. Alfredo E, Silva SR, Ozorio JE, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser. *Int Endod J.* 2008 Sep;41(9):733-40.
17. Costa JA, Rached-Junior FA, Souza-Gabriel AE, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Push-out strength of methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *Int Endod J.* 2010 Aug;43(8):698-706.
18. Haragushiku GA, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT, Alfredo E, Silva SC, Silva RG. Adhesion of endodontic sealers to human root dentine submitted to different surface treatments. *Photomed Laser Surg.* 2010 Jun;28(3):405-10.
19. Jainaen A, Palamara JE, Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J.* 2007 Nov;40(11):882-90.
20. Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod.* 2010 Dec;36(12):2000-2.
21. Nagas E, Uyanik O, Durmaz V, Cehreli ZC. Effect of plunger diameter on the push-out bond values of different root filling materials. *Int Endod J.* 2011 Oct;44(10):950-5.

22. Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *J Endod.* 2009 Apr;35(4):537-40.
23. Sagsen B, Ustun Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1088-91.
24. Assmann E, Scarparo RK, Bottcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):219-21.
25. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2009 May;35(5):731-6.
26. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod.* 2007 Jul;33(7):856-8.
27. Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YT. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J.* 2005 Dec;38(12):866-70.
28. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod.* 2002 Oct;28(10):684-8.
29. Patierno JM, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Oct;12(5):227-36.
30. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD, Antunes FC, Cogo DM, Kopper PM. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1128-33.

*Anexos*

---

## Anexo 1



Universidade Federal do Ceará  
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. Nº 58/12

Fortaleza, 06 de Março de 2012.

**Protocolo COMEPE nº 22/12**

**Pesquisador responsável:** Walter Cavalcante Sá Neto

**Título do Projeto:** "Avaliação da força de adesão de três cimentos endodônticos pelo método do Push-Out"

Levamos ao conhecimento de V.S<sup>a</sup>. que o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará – COMEPE, dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde, Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 e complementares, aprovou o protocolo e o TCLE do projeto supracitado na reunião do dia 16 de Fevereiro de 2012.

Outrossim, informamos, que o pesquisador deverá se comprometer a enviar o relatório final do referido projeto.

Atenciosamente,

Dr. Fernando A. Frota Bezerra  
Coordenador do Comitê  
de Ética em Pesquisa  
COMEPE/UFC

## ANEXO 2

**Quadro com os valores brutos de cada espécime e o tipo de fratura ocorrida (A – Adesiva; C – Coesiva; M – Mista):**

Nº	Grupo 1 – AH Plus		Grupo 2 – MTA Fillapex		Grupo 3 – Pulp Canal Sealer	
	<b>Apical</b>					
<b>1</b>	9,393	m	0,173	m	0,350	c
<b>2</b>	9,527	m	0,189	a	1,033	m
<b>3</b>	7,993	c	0,262	a	0,596	m
<b>4</b>	4,119	c	0,110	m	0,969	m
<b>5</b>	7,928	c	0,320	a	2,535	m
<b>6</b>	8,458	c	0,333	m	0,858	m
<b>7</b>	11,726	c	0,008	a	2,076	m
<b>8</b>	8,507	c	0,341	m	1,649	m
<b>9</b>	10,611	c	0,722	m	2,619	m
<b>10</b>	8,821	c	0,264	a	0,952	a
<b>11</b>	10,911	c	0,370	m	0,742	m
<b>12</b>	10,828	m	0,233	m	0,838	a
<b>13</b>	7,755	c	0,322	m	3,026	m
<b>14</b>	14,456	c	1,465	a	2,001	m
<b>15</b>	11,490	c	0,953	a	3,469	m
<b>16</b>	13,421	c	0,239	a	1,028	m
<b>17</b>	16,074	c	0,374	m	0,584	m
<b>18</b>	8,542	c	0,775	m	3,872	m
<b>19</b>	15,496	c	1,014	a	0,245	m
<b>20</b>	7,508	c	0,340	m	1,690	a
<b>21</b>	12,159	m	0,191	a	2,849	m
<b>22</b>	8,859	m	0,158	m	1,706	a
<b>23</b>	19,729	c	0,416	a	2,370	m

24	10,833	m	0,309	a	2,830	m
25	10,500	m	0,193	a	4,752	A
<b>Nº</b>	<b>Grupo 1 – AH Plus</b>		<b>Grupo 2 – MTA Fillapex</b>		<b>Grupo 3 – Pulp Canal Sealer</b>	
<b>Médio</b>						
1	11,069	c	0,045	a	3,207	a
2	10,095	m	0,184	a	3,301	m
3	12,409	c	0,240	m	2,079	a
4	13,520	c	0,370	m	3,934	m
5	7,550	m	0,008	m	2,295	m
6	9,587	m	0,066	m	0,463	m
7	5,377	m	0,086	a	3,330	m
8	8,059	m	0,527	a	1,304	m
9	16,820	m	0,125	m	4,895	c
10	13,680	c	0,396	a	3,407	m
11	14,455	c	0,061	m	4,001	m
12	17,590	c	0,088	m	2,692	c
13	5,545	m	0,899	a	3,851	m
14	5,789	c	0,372	m	0,936	m
15	7,093	c	0,347	m	2,084	m
16	9,875	m	0,297	a	3,963	a
17	7,838	c	1,270	m	3,396	a
18	11,438	c	0,974	a	1,597	m
19	5,980	m	0,115	m	1,480	m
20	2,453	m	0,450	a	0,672	m
21	10,198	c	0,352	m	2,101	m
22	14,662	c	0,344	m	2,911	m
23	9,829	c	0,210	m	2,813	m
24	10,034	m	0,431	m	4,334	c

25	8,487	m	0,329	a	4,472	A
Nº	Grupo 1 – AH Plus		Grupo 2 – MTA Fillapex		Grupo 3 – Pulp Canal Sealer	
<b>Cervical</b>						
1	13,124	m	1,622	m	3,707	m
2	10,172	m	0,092	a	3,731	m
3	12,928	c	0,192	a	3,168	m
4	14,935	c	0,211	a	0,462	m
5	11,889	m	0,452	m	3,967	m
6	14,455	c	0,242	m	2,307	c
7	7,062	c	1,525	c	3,534	a
8	5,316	m	1,277	m	2,532	m
9	5,594	c	0,321	m	4,147	m
10	11,903	c	0,023	a	3,381	a
11	12,075	c	0,880	a	3,187	m
12	11,057	c	0,206	m	3,991	c
13	15,651	c	0,308	a	4,257	c
14	16,142	m	0,300	m	2,600	m
15	9,179	c	0,086	a	2,899	c
16	5,689	c	0,364	a	3,593	m
17	15,337	m	0,121	a	3,866	m
18	9,864	m	0,331	a	1,354	m
19	18,421	c	0,514	a	4,634	c
20	11,762	c	0,635	a	3,304	c
21	12,123	m	0,524	m	4,544	m
22	14,663	c	0,245	a	3,124	m
23	20,151	c	0,008	m	3,769	c
24	10,890	m	0,230	m	3,815	m
25	6,570	c	0,059	m	4,273	c

### Anexo 3

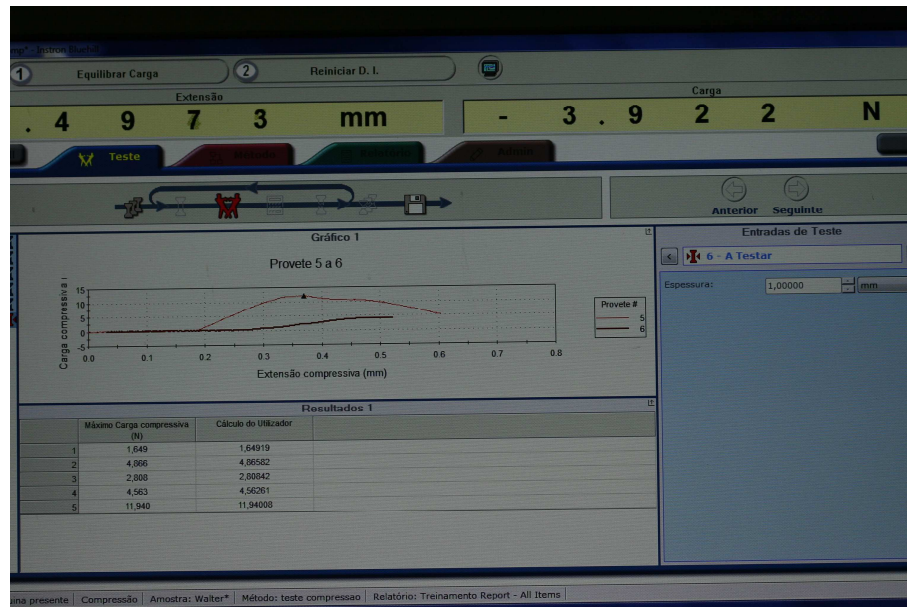


**Figura 1. Máquina Universal de Ensaio – Instron**

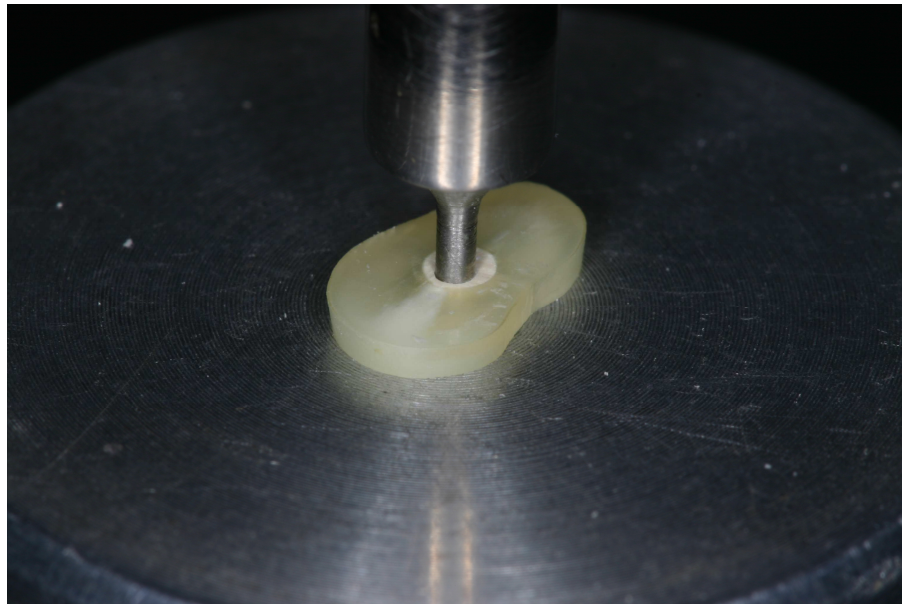


**Figura 2. Espécime posicionado para teste**

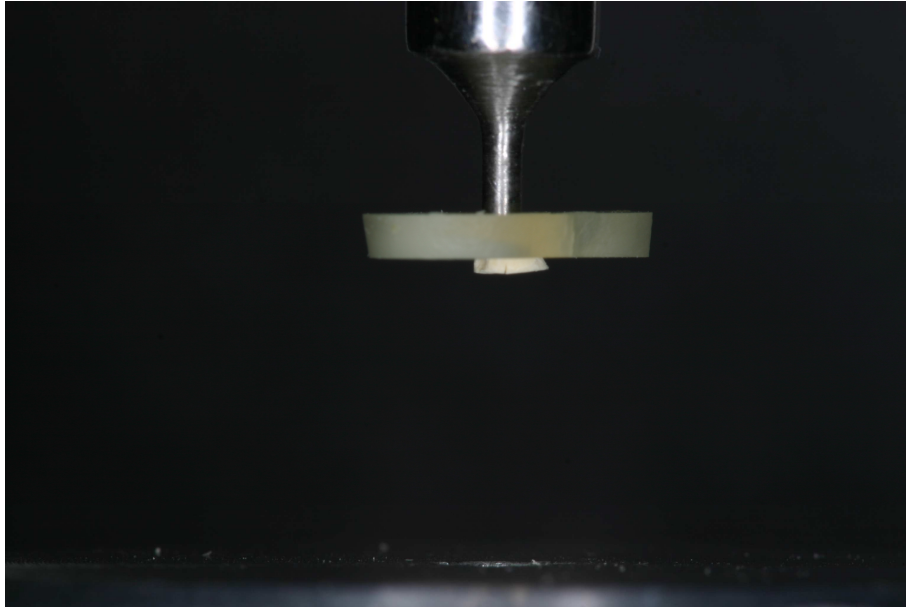




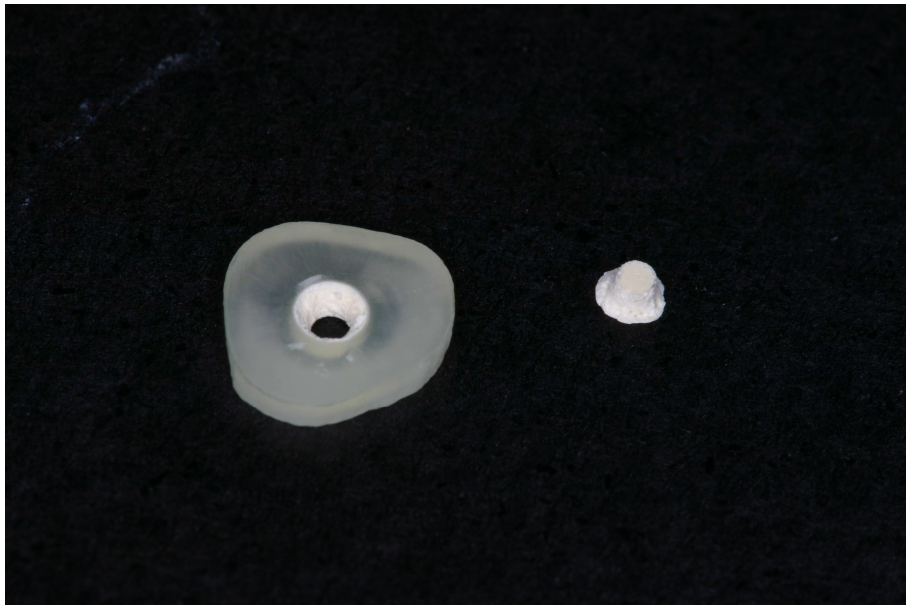
**Figura 3. Software Bluehill® 2**



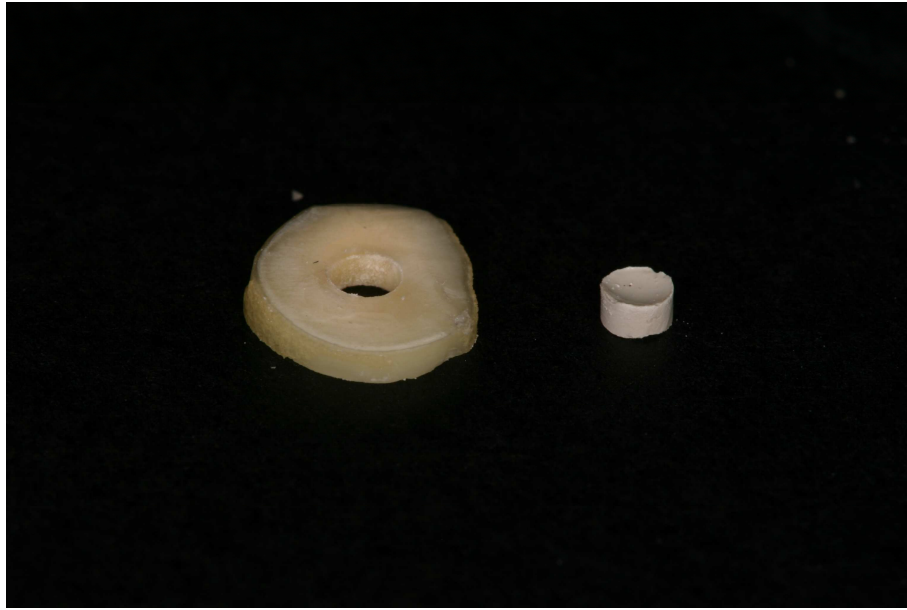
**Figura 4. Espécime em posição**



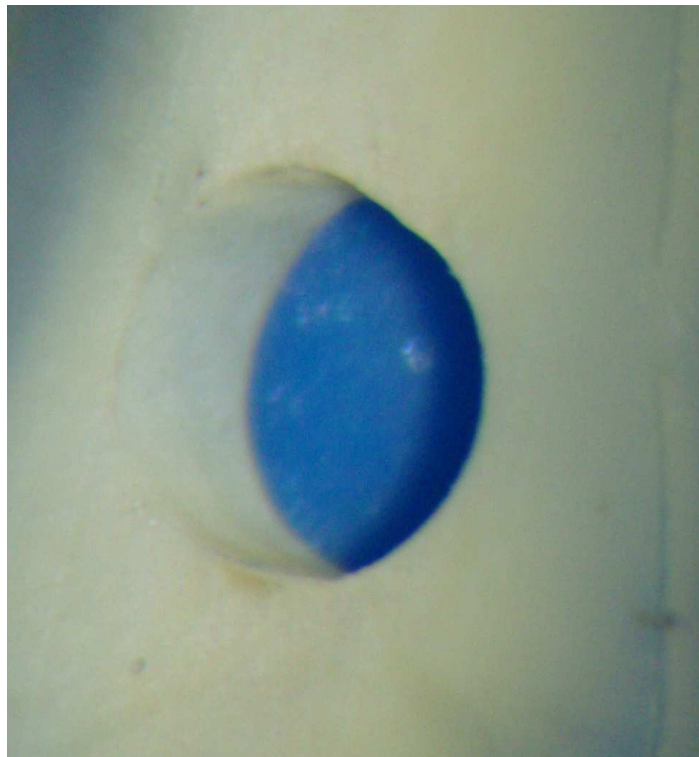
**Figura 5. Deslocamento do cimento obturador**



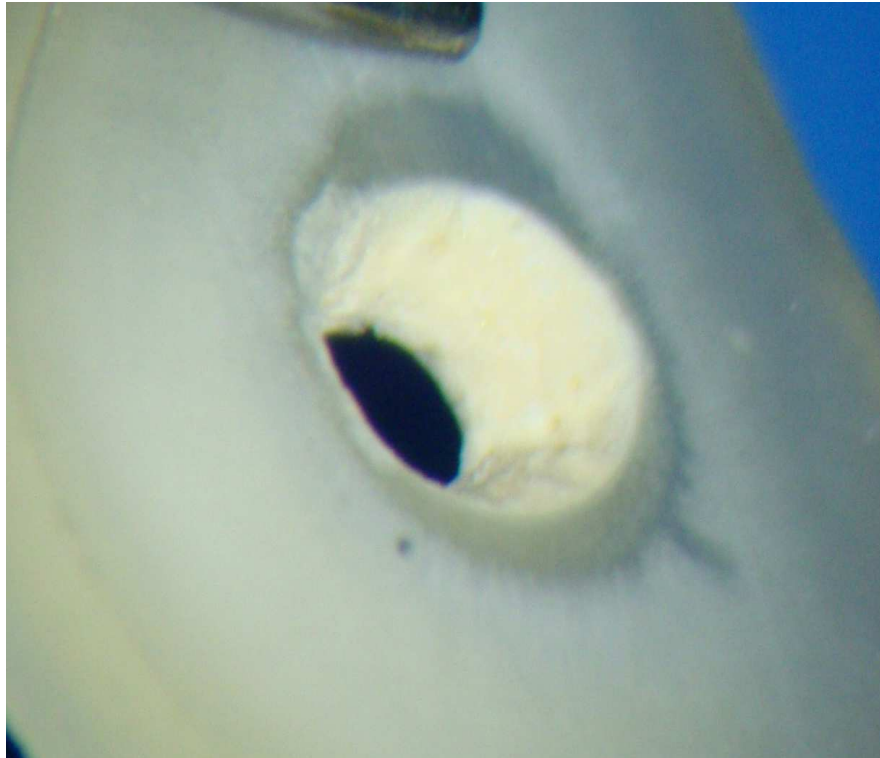
**Figura 6. Fratura Coesiva**



**Figura 7. Fratura Adesiva**



**Figura 8. Análise em Microscópio Operatório com 40 vezes de aumento, evidenciando uma fratura adesiva.**



**Figura 9. Análise em Microscópio Operatório com 40 vezes de aumento, evidenciando uma fratura coesiva.**