

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA DE SAÚDE E BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**VINÍCIO HIDEMITSU GOTO HIRAI**

**AVALIAÇÃO DA OBTURAÇÃO DE CANAIS RADICULARES ACHATADOS,  
SEGUNDO DIFERENTES TÉCNICAS OBTURADORAS E CONES DE GUTA-  
PERCHA**

CURITIBA

2013

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
ESCOLA DE SAÚDE E BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**VINÍCIO HIDEMITSU GOTO HIRAI**

**AVALIAÇÃO DA OBTURAÇÃO DE CANAIS RADICULARES ACHATADOS,  
SEGUNDO DIFERENTES TÉCNICAS OBTURADORAS E CONES DE GUTA-  
PERCHA**

Tese apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Odontologia da Pontifícia  
Universidade Católica do Paraná, como  
requisito parcial para obtenção do título  
de Doutor em Odontologia.  
Área de Concentração: Endodontia

Orientador: **Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto**

CURITIBA

2013

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR

Hirai, Vinício Hidemitsu Goto  
H668a      Avaliação da obturação de canais radiculares achatados, segundo  
2013      diferentes técnicas obturadoras e cones de guta-percha / Vinício Hidemitsu  
Goto Hirai ; orientador, Ulisses Xavier da Silva Neto. – 2013.  
64 f. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba,  
2013  
Inclui bibliografias  
Texto em português e inglês

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Obturações (Odontologia). 4. Canal  
radicular - Tratamento. 5. Gutta-percha. I. Silva Neto, Ulisses Xavier da.  
II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação  
em Odontologia. III. Título.

CDD 20. ed. – 617.6

Biblioteca Central



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Escola de Saúde e Biociências  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

## TERMO DE APROVAÇÃO

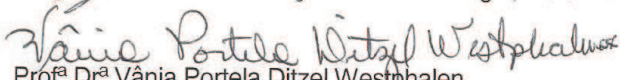
VINICIO HIDEMITSU GOTO HIRAI

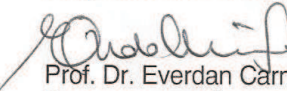
### **AValiação da Obtenção de Canais Radiculares Achatados, Segundo Diferentes Técnicas Obturadoras e Cones de Guta Percha.**

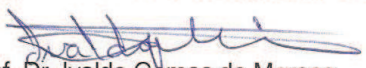
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte dos requisitos parciais para a obtenção do Título de **Doutor em Odontologia**, Área de Concentração em **Endodontia**.

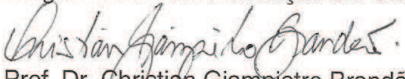
Orientador (a):

  
Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

  
Prof. Dr. Vânia Portela Ditzel Westphalen  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

  
Prof. Dr. Everdan Carneiro  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

  
Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas, USP

  
Prof. Dr. Christian Giampietro Brandão  
Curso de Odontologia, UNIOESTE

Curitiba, 31 de outubro de 2013.

Aos meus pais, **TSUNENARI** e **OLGA**, responsáveis pela minha formação, pelo meu caráter e honestidade. Souberam me amar, mesmo nos momentos de minha ausência, sempre me incentivando e nunca me deixando desistir de buscar meus objetivos.

Aos meus irmãos, **VICTOR** e **MATHEUS**, que mesmo distante me apoiaram, tornando possível a realização deste sonho.

À minha esposa **LUCIANA**, companheira de todas as horas, sempre presente nos momentos mais difíceis, me incentivando, apoiando e me impedindo de desistir. Essa conquista foi também para e por você.

À minha filha **ANA**, sempre compreensiva e espontânea, alegrava os momentos de nervosismo e insegurança.

*Dedico especialmente esse trabalho.*

Ao meu orientador, **Prof. Dr. ULISSES XAVIER DA SILVA NETO**, meu grande mestre e amigo. Auxiliou-me em todas as etapas deste trabalho de forma brilhante. Estimulo-me a interpretar e questionar os resultados. Sinto-me honrado, por você ter sido o meu orientador. Muito do que aprendi, devo a você.

*Agradeço de coração.*

## *Agradecimento Especial*

Ao diretor do Curso de Odontologia da PUCPR, **Prof. Dr. MONIR TACLA**, pelo seu exemplo de competência e pela seriedade com que tem dirigido o curso de Odontologia.

Ao Diretor de Pós-Graduação do Curso de Odontologia da PUCPR, **Prof. Dr. SÉRGIO ROBERTO VIEIRA**, pela sabedoria com que tem dirigido o curso de Odontologia.

À Coordenadora da Área de Endodontia do Curso de Odontologia da PUCPR, **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> VÂNIA PORTELA DITZEL WESTPHALEN**, pelos estímulos, me incentivando a prosseguir, por confiar na minha formação acadêmica e por oferecer-me o seu conhecimento e sua experiência em todos esses anos de convívio. A senhora é um exemplo a ser seguida.

Aos queridos professores da Área de Endodontia do Curso de Odontologia da PUCPR, **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> VÂNIA PORTELA DITZEL WESTPHALEN**, **Prof. Dr. ULISSES XAVIER DA SILVA NETO**, **Prof. Dr. LUIZ FERNANDO FARINIUK**, **Prof. Dr. EVERDAN CARNEIRO**, pela paciência, orientação e dedicação que sempre tiveram por mim.

À mestranda **ALESSANDRA TIMPONI**, pela paciência e orientação na análise das imagens da microscopia confocal.

Aos funcionários da Clínica Odontológica PUCPR, em especial ao **DJAMIR**, pela colaboração, presteza com que realizou a montagem dos equipamentos na fase laboratorial do estudo.

Aos funcionários da Usina Piloto, por nos emprestar gentilmente a câmara de pressão.

Aos responsáveis pelo Laboratório de Estomatologia, por nos emprestar gentilmente equipamentos para a realização deste estudo.

Aos funcionários do laboratório de microscopia, por manusear o equipamento e relatar as etapas a serem seguidas.

Ao **Prof. Dr. SÉRGIO APARECIDO IGNÁCIO**, pela presteza e ajuda na execução da análise estatística.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

|        |                                            |
|--------|--------------------------------------------|
| %      | porcentagem                                |
| μL     | microlitro                                 |
| μL/min | microlitro por minuto                      |
| CEP    | Comitê de Ética em Pesquisa                |
| dp     | desvio padrão                              |
| EDTA   | ácido etileno diamino tetracético          |
| G      | grupo                                      |
| mL     | mililitro                                  |
| mm     | milímetro                                  |
| n      | número                                     |
| NaOCl  | hipoclorito de sódio                       |
| °C     | graus Celsius                              |
| p      | significância estatística                  |
| psi    | pressão por polegada quadrada              |
| PUCPR  | Pontifícia Universidade Católica do Paraná |
| x      | vezes                                      |
| ±      | mais ou menos                              |
| <      | menor                                      |
| >      | maior                                      |

## SUMÁRIO

|                  |    |
|------------------|----|
| INTRODUÇÃO ..... | 01 |
|------------------|----|

### ARTIGO 1

|                     |    |
|---------------------|----|
| PÁGINA TÍTULO ..... | 04 |
|---------------------|----|

|             |    |
|-------------|----|
| RESUMO..... | 05 |
|-------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1      INTRODUÇÃO ..... | 06 |
|-------------------------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 2      MATERIAL E MÉTODOS..... | 08 |
|--------------------------------|----|

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 2.1    Instrumentação e obturação dos canais ..... | 08 |
|----------------------------------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.2    Teste de infiltração ..... | 10 |
|-----------------------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 3      RESULTADOS ..... | 11 |
|-------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 4      DISCUSSÃO ..... | 12 |
|------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 5      CONCLUSÃO..... | 15 |
|-----------------------|----|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 6      REFERÊNCIAS ..... | 16 |
|--------------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| TITLE PAGE ..... | 20 |
|------------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| ABSTRACT ..... | 21 |
|----------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1      INTRODUCTION ..... | 22 |
|---------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2      MATERIAL AND METHODS ..... | 24 |
|-----------------------------------|----|

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.1    Root canal preparation and filling..... | 24 |
|------------------------------------------------|----|

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 2.2    Fluid filtration test ..... | 25 |
|------------------------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 3      RESULTS..... | 26 |
|---------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 4      DISCUSSION ..... | 27 |
|-------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 5      CONCLUSION..... | 29 |
|------------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 6      REFERENCES ..... | 30 |
|-------------------------|----|

### ARTIGO 2

|                     |    |
|---------------------|----|
| PÁGINA TÍTULO ..... | 35 |
|---------------------|----|

|             |    |
|-------------|----|
| RESUMO..... | 36 |
|-------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1      INTRODUÇÃO ..... | 37 |
|-------------------------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 2      MATERIAL E MÉTODOS..... | 39 |
|--------------------------------|----|

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 2.1    Instrumentação e obturação dos canais ..... | 39 |
|----------------------------------------------------|----|

|     |                                                                                          |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2 | Preparo dos espécimes para análise em microscopia confocal de varredura a laser.....     | 41 |
| 2.3 | Porcentagem de área de penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários.. ..... | 41 |
| 2.4 | Porcentagem de paredes do canal radicular onde houveram penetração do cimento. ....      | 42 |
| 3   | RESULTADOS .....                                                                         | 43 |
| 4   | DISCUSSÃO .....                                                                          | 45 |
| 5   | CONCLUSÃO.....                                                                           | 49 |
| 6   | REFERÊNCIAS .....                                                                        | 50 |
|     | TITLE PAGE .....                                                                         | 53 |
|     | ABSTRACT.....                                                                            | 54 |
| 1   | INTRODUCTION .....                                                                       | 55 |
| 2   | MATERIAL AND METHODS .....                                                               | 57 |
| 2.1 | Root canal preparation and filling.....                                                  | 57 |
| 2.2 | Confocal laser scanning microscopy (CLSM).....                                           | 58 |
| 2.3 | Percentage of the area of the sealer's tubular penetration....                           | 59 |
| 2.4 | Percentage of the root canal perimeter with sealer's tubular penetration .....           | 59 |
| 3   | RESULTS.....                                                                             | 60 |
| 4   | DISCUSSION .....                                                                         | 61 |
| 5   | CONCLUSION.....                                                                          | 64 |
| 6   | REFERENCES .....                                                                         | 65 |

### ARTIGO 3

|     |                                                                                      |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
|     | PÁGINA TÍTULO .....                                                                  | 71 |
|     | RESUMO.....                                                                          | 72 |
| 1   | INTRODUÇÃO .....                                                                     | 73 |
| 2   | MATERIAL E MÉTODOS.....                                                              | 74 |
| 2.1 | Instrumentação e obturação dos canais .....                                          | 74 |
| 2.2 | Preparo dos espécimes para análise em microscopia confocal de varredura a laser..... | 76 |

|     |                                                                                                            |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3 | Porcentagem de área de gutta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular ..... | 76 |
| 3   | RESULTADOS .....                                                                                           | 78 |
| 4   | DISCUSSÃO .....                                                                                            | 80 |
| 5   | CONCLUSÃO.....                                                                                             | 83 |
| 6   | REFERÊNCIAS .....                                                                                          | 84 |
|     | TITLE PAGE .....                                                                                           | 87 |
|     | ABSTRACT.....                                                                                              | 88 |
| 1   | INTRODUCTION .....                                                                                         | 89 |
| 2   | MATERIAL AND METHODS .....                                                                                 | 90 |
| 2.1 | Root canal preparation and filling.....                                                                    | 90 |
| 2.2 | Confocal laser scanning microscopy (CLSM).....                                                             | 91 |
| 2.3 | Percentage of the gutta-percha-filled, sealer and voids area .....                                         | 92 |
| 3   | RESULTS.....                                                                                               | 93 |
| 4   | DISCUSSION .....                                                                                           | 94 |
| 5   | CONCLUSION.....                                                                                            | 96 |
| 6   | REFERENCES .....                                                                                           | 97 |

## **APÊNDICES**

|       |                                                                                                            |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1     | Materiais utilizados.....                                                                                  | 102 |
| 2     | Métodos .....                                                                                              | 104 |
| 2.1   | Infiltração .....                                                                                          | 109 |
| 2.1.1 | Sistema de medição da filtração de fluido .....                                                            | 109 |
| 2.1.2 | Cálculo do índice de filtração de fluido .....                                                             | 112 |
| 2.1.3 | Análise estatística dos dados .....                                                                        | 113 |
|       | Microscopia confocal de varredura a laser.....                                                             | 114 |
| 2.2.1 | Porcentagem de área de dentina onde houve penetração do cimento. ....                                      | 117 |
| 2.2.2 | Porcentagem de paredes do canal radicular onde houve penetração do cimento.....                            | 120 |
| 2.3   | Porcentagem de área de gutta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular. .... | 122 |

|            |                                                                                                                         |            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3</b>   | <b>Resultados .....</b>                                                                                                 | <b>125</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Infiltração .....</b>                                                                                                | <b>125</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Porcentagem de área de dentina e extensão de parede<br/>de canal radicular onde houve penetração do cimento.....</b> | <b>131</b> |
| <b>3.3</b> | <b>A porcentagem de área de guta-percha, cimento e<br/>espaços vazios da massa obturadora do canal radicular. ....</b>  | <b>143</b> |
| <b>4</b>   | <b>Referências .....</b>                                                                                                | <b>161</b> |

## **IMAGEM**

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Imagem 1.....</b> | <b>163</b> |
| <b>Imagem 2.....</b> | <b>163</b> |
| <b>Imagem 3.....</b> | <b>164</b> |
| <b>Imagem 4.....</b> | <b>164</b> |
| <b>Imagem 5.....</b> | <b>165</b> |
| <b>Imagem 6.....</b> | <b>165</b> |

## **ANEXOS**

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Parecer consubstanciado de protocolo de pesquisa .....</b> | <b>167</b> |
| <b>Norma da revista científica.....</b>                       | <b>168</b> |

## INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica visa o restabelecimento e a manutenção do dente na cavidade bucal e a saúde dos tecidos periapicais. Para alcançar este objetivo, é necessário várias etapas, como o preparo químico-mecânico e a obturação tridimensional do sistema de canais radiculares, para prevenir que bactérias e seus produtos acessem o canal e tecidos perirradiculares (Chesler *et al.* 2013). Quando o canal radicular já se encontra contaminado, a eliminação de micro-organismos intracanal é o maior desafio do tratamento endodôntico. Entretanto, nenhum instrumento é capaz de sanear todo o sistema de canais radiculares (Bürklein *et al.* 2012). A variação da anatomia radicular contribui para esta dificuldade. Comprimento, diâmetro e número de canais, presença de curvaturas, achatamento no sentido méso-distal são algumas variações anatômicas que podemos citar.

Uma obturação hermética do sistema de canais radiculares previne a chegada de micro-organismos ou de seus produtos à região periapical (Hirai *et al.* 2010, Silva-Neto *et al.* 2009), sepulta as bactérias que não foram eliminadas durante o preparo químico mecânico (Parmar *et al.* 2011, Özcan *et al.* 2011) e impede a entrada de substrato aos micro-organismos remanescentes (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

Em 2010, Hirai *et al.* compararam obturações realizadas com cones de guta-percha e cones de Resilon em associação com os cimento AH Plus e Epiphany e concluíram que obturações realizadas com cones de guta-percha em associação com cimento AH Plus foram superiores na prevenção da infiltração analisada pelo método da filtração de fluido.

O cimento endodôntico une o cone às paredes dos canais radiculares, preenche suas irregularidades (Zhang *et al.* 2009), bem como espaços onde a guta-percha não foi capaz de se adaptar (Flores *et al.* 2011), como ramificações e deltas apicais. Um cimento endodôntico ideal deveria ser biocompatível, antibacteriano, atóxico, radiopaco e deveria também selar hermeticamente o canal radicular, ser dimensionalmente estável, e apresentar boa adesão às paredes do canal radicular (Zhang *et al.* 2009).

Para alcançar o objetivo da adesão entre cones, cimento e dentina, é essencial que haja uma distribuição uniforme de uma fina camada de cimento

(Ordinola-Zapata *et al.* 2009a). O máximo volume de guta-percha e uma fina camada de cimento são preferíveis porque o cimento pode contrair durante o endurecimento e sofrer dissolução ao longo do tempo (Keçeci *et al.* 2005). A capacidade do cimento penetrar nos túbulos dentinários é considerado um aspecto relevante na prevenção de reinfecção dos túbulos dentinários (Patel *et al.* 2007).

Muitas técnicas de obturação têm sido desenvolvidas na busca de uma completa obturação. A técnica da condensação lateral é normalmente utilizada como controle quando comparada com outras técnicas de obturação (De-Deus *et al.* 2006), pois é de fácil execução e é praticada e ensinada mundialmente (Souza *et al.* 2009, Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Kok *et al.* 2012). A técnica de obturação por onda contínua (Buchanan 1996) tem mostrado ser superior na obturação de canais com irregularidades, achatados e em canais laterais (Zhang *et al.* 2011), devido ao aumento da plasticidade do cone de guta-percha.

Os objetivos deste estudo foram:

1. Determinar a infiltração em obturações de canais radiculares achatados, obturados com cones standardizados e ProTaper, pelas técnicas da condensação lateral ou System B, utilizando a filtração de fluido para avaliação;
2. Determinar, em porcentagem, a área de penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários e a extensão do perímetro do canal radicular onde houve penetração de cimento, utilizando a microscopia confocal de varredura a laser para avaliação;
3. Determinar, em porcentagem, a área de guta-percha, cimento e espaços vazios, utilizando a microscopia confocal de varredura a laser.

## **ARTIGO 1**

**DETERMINAÇÃO DO SELAMENTO DOS CANAIS RADICULARES ACHATADOS  
OBTURADOS PELA TÉCNICA DA CONDENSAÇÃO LATERAL OU SYSTEM B,  
COM CONES ESTANDARDIZADOS OU PROTAPER.**

- 1 V. H. G. Hirai
- 2 V. P. D. Westphalen
- 2 E. Carneiro
- 2 L. F. Fariniuk
- 1 A. T. G. Cruz
- 1 L. Piasecki
- 2 U. X. Silva-Neto

1- Aluno de pós-graduação em Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

2- Professor de Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Palavras chaves: Canais radiculares achatados, Cones ProTaper, Filtração de Fluido, System B

Autor correspondente: Professor Ulisses Xavier da Silva Neto

R: Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho

80215-901 Curitiba-PR Brasil

00 55 4132712548 / Fax 00 55 4132711405

ulix@terra.com.br

## RESUMO

**Objetivo:** Determinar a infiltração em obturações de canais radiculares achatados, obturados com cones estandardizados e ProTaper, utilizando as técnicas da condensação lateral e System B.

**Material e Métodos:** Sessenta e quatro incisivos inferiores foram preparados até o instrumento ProTaper F2, divididos aleatoriamente em 4 grupos, de acordo com a técnica de obturação e o tipo de cones de guta-percha (G1: cones estandardizados + condensação lateral; G2: cones estandardizados + System B; G3: cones ProTaper + condensação lateral; G4: cones ProTaper + System B). O método de filtração de fluido ( $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ ) foi utilizado para a avaliação quantitativa da infiltração apical após 2 semanas de armazenamento à 37 ° C e 100% de umidade. Os valores obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância e comparações múltiplas (Games-Howell).

**Resultados:** A combinação entre cones de guta-percha ProTaper com a técnica System B apresentou os menores valores de infiltração, diferindo estatisticamente dos outros grupos. O grupo formado pelo cone de guta-percha estandardizado e obturado pela técnica do System B apresentou as maiores médias de infiltração, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

**Conclusão:** As obturações de canais achatados realizadas com cones de guta-percha ProTaper em associação com a técnica System B apresentaram melhor selamento do que os demais grupos.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos objetivos da terapia endodôntica é a eliminação de micro-organismos do sistema de canais radiculares por meio do preparo químico mecânico, seguido da obturação para prevenir a recontaminação (Nawal *et al.* 2011). O selamento completo e tridimensional do sistema de canais radiculares previne o ingresso de microorganismos ou de seus produtos à região periapical (Hirai *et al.* 2010, Silva-Neto *et al.* 2009), sepultam as bactérias remanescentes (Parmar *et al.* 2011, Özcan *et al.* 2011) e impede que chegue a estes micro-organismos substrato para sua sobrevivência (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

Diferentes materiais têm sido propostos para obturação dos canais radiculares, entretanto, a gutta-percha é o material mais comumente utilizado para obturação endodôntica, devido às suas propriedades físico-químicas (Gulsahi *et al.* 2007), ser de fácil manipulação e apresenta boa biocompatibilidade (Chesler, 2013). Embora não seja o material ideal de preenchimento, ela tem sido utilizada em conjunto com cimentos endodônticos como o material de escolha (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b).

Os cimentos endodônticos devem ser capazes de preencher irregularidades anatômicas (Zhang *et al.* 2009) e aumentar a adaptação dos cones de gutta-percha às paredes do canal radicular (Zhang *et al.* 2009, Patel *et al.* 2007). Porém, os produtos atualmente disponíveis não são dimensionalmente estáveis e a dissolução parcial poderá ocorrer ao longo do tempo, resultando em baixa resistência à infiltração (Gulsahi *et al.* 2007). Por isso, uma fina camada distribuída uniformemente ao redor da massa de gutta-percha tem sido requerida (De-Deus *et al.* 2007).

Ao mesmo tempo, diferentes técnicas de obturação têm sido pesquisadas. Marciano *et al.* (2011a), concluíram que a proporção de gutta-percha, cimento e espaços vazios são dependentes da técnica de obturação. Espaços vazios podem estar relacionados com uma maior suscetibilidade a infiltração (De-Deus *et al.* 2007).

Uma grande variedade de modelos experimentais são utilizados para detectar e medir a infiltração ao longo das obturações endodônticas, como a penetração de corante (Ghoddusi *et al.* 2010, Scarparo *et al.* 2011), penetração bacteriana (Rechenberg *et al.* 2011), filtração de fluido (Wu *et al.* 2009, Hirai *et al.* 2010, Silva-

Neto *et al.* 2007, Böttcher *et al.* 2010, ) e a penetração de glicose (Shemesh *et al.* 2007).

O método de filtração de fluido é considerado mais sensível que a penetração de corante para a detecção de espaços vazios ao longo da obturação dos canais radiculares e é altamente reproduzível (Wu & Wesselink 1993, Wu *et al.* 1993). Além disso, é uma técnica que preserva os espécimes permitindo medições repetidas dos mesmos ao longo do tempo (Santos *et al.* 2010, Vasiliadis *et al.* 2009).

O objetivo deste estudo foi determinar a infiltração em obturações de canais radiculares acatados, obturados com diferentes cones de guta-percha e diferentes técnicas de obturação, utilizando o método da filtração de fluido para avaliação. A hipótese nula foi que não há diferença na média de valores de infiltração entre a combinação dos cones e técnica de obturação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Após aprovação junto ao CEP (5690), sessenta e quatro incisivos inferiores humanos obtidos junto ao Banco de Dentes da PUCPR, foram selecionados para esta pesquisa. Os dentes foram imediatamente armazenados em formol tamponado 10% e lavados em soro fisiológico no momento do uso. As raízes com curvatura, fissuras, cáries extensas, ápices abertos ou reabsorções foram excluídas.

Para serem incluídos nas amostras, radiografias no sentido vestibulo-lingual e méso-distal foram realizadas para confirmar a presença de um único canal e para selecionar os dentes que apresentavam a proporção igual ou maior que 2,5:1 entre as dimensões vestibulo lingual e méso-distal a 5 mm do ápice radicular (De-Deus *et al.* 2011, 2012, Alves *et al.* 2012).

### 2.1 Instrumentação e obturação dos canais

As coroas dentárias de todos os dentes foram removidas com disco diamantado, de modo que cada espécime foi padronizado com 14 mm de comprimento radicular.

Foi utilizado instrumento 15 K-Flexofile (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) para remover o tecido pulpar e determinar o comprimento real do canal, introduzindo-o até que a ponta fosse visível no forame apical. A patência apical foi confirmada com a inserção de um instrumento 20 K-Flexofile através do forame apical antes e depois do preparo do canal radicular. O canal radicular foi instrumentado com instrumentos ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Todos espécimes foram modelados até o instrumento F2 a 1 mm aquém do comprimento real do canal. A cada troca de instrumento os canais radiculares foram irrigados com 3 mL de hipoclorito de sódio 2,5% (Asfer Industria Química, São Caetano do Sul, SP, Brasil).

Após a instrumentação, todos os canais radiculares foram lavados com 5 mL de NaOCl 2,5% seguido por 3 mL de EDTA 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda., Ibioporã, PR, Brasil), deixando agir por 3 minutos para remoção da smear layer. Para remover a solução de NaOCl e EDTA remanescentes, uma

irrigação final foi realizada com 5 mL de solução salina e foram secos com cones de papel (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil).

As raízes com os canais preparados foram, então, divididas aleatoriamente, conforme trabalho realizado por Marciano *et al.* (2011a,b), em 4 grupos experimentais, de 15 raízes cada de acordo com o cone e a técnica obturadora empregada.

- **G1 (15):** cones standardizados + condensação lateral;
- **G2 (15):** cones standardizados + System B;
- **G3 (15):** cones ProTaper + condensação lateral;
- **G4 (15):** cones ProTaper + System B.

Quatro espécimes formaram o grupo controle, sendo 2 deles usados como controle positivo, nos quais não se procedeu à obturação dos canais. Os outros 2, foram utilizados como controle negativo, onde foram totalmente impermeabilizados aplicando-se duas camadas de esmalte para unhas (Colorama Ceil Coml. Exp Ind.Ltda, São Paulo, Brasil), inclusive no forame apical.

Após a seleção do cone principal, de acordo com o diâmetro cirúrgico determinado na instrumentação, efetuaram-se as manobras de obturação.

O cimento endodôntico utilizado para todos os grupos foi o cimento AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany), que foi manipulado em placa de vidro de acordo com as orientações do fabricante.

Os grupos 1 e 3 foram obturados pela técnica da condensação lateral, na qual se levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) ou cone ProTaper F2 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) no comprimento de trabalho.

A técnica da condensação lateral foi realizada com auxílio de um espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) no qual cones acessórios foram colocados lateralmente e compactados. O processo foi repetido até que os cones acessórios R 7 (Tanariman Industrial Ltda, Manacapuru, AM, Brasil) não pudessem mais ser inseridos no canal radicular.

Os grupos 2 e 4, foram obturados pela técnica da onda contínua de compactação, System B (EIE-Analytic Technology, Orange, CA, USA), na qual se

levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 ou cone ProTaper F2 no comprimento de trabalho.

Previamente, foi selecionado um condutor/compactador (F 06) que não encontrasse resistência das paredes do canal, a um nível de 5 mm aquém do comprimento de trabalho. Ajustou-se o cursor do condutor/compactador nesta medida e o aparelho à temperatura de 200°C na potência máxima. Com o acionamento, o condutor/compactador pré-aquecido foi direcionado no centro do cone de guta-percha, exercendo-se compressão em direção apical.

Posteriormente, os espécimes foram armazenados em estufa à 100% de umidade e 37° C durante 2 semanas, para garantir o endurecimento do cimento.

## **2.2 Teste de infiltração**

O método de filtração de fluido foi utilizado para determinar a infiltração. O ápice radicular foi conectado a uma agulha metálica tipo Luer por meio de um tubo plástico.

A infiltração permitida pelos grupos testados foi quantificada, seguindo o movimento de uma pequena bolha de ar dentro de uma micropipeta 25 µL (Microcaps, Fisher Scientific, Philadelphia, PA). O interior da pipeta e todo o sistema foram preenchidos com água destilada e, sobre este, aplicada uma pressão de 10 psi. Após a certificação de que não havia vazamento nas conexões, o sistema foi acionado e equilibrado durante 4 minutos.

O volume de fluido foi calculado pela observação do deslocamento da bolha de ar e expresso em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ . As medições foram realizadas em intervalos de 2 minutos num período de 8 minutos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste de Levene) e comparações múltiplas, utilizando o teste de Games-Howell. O nível de confiança utilizado foi de 95% ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS

No teste de filtração de fluido nenhum movimento da bolha de ar foi detectado no grupo controle negativo ao passo que no grupo controle positivo o deslocamento da bolha de ar ocorreu de forma rápida e ininterrupta.

Os valores globais (Média  $\pm$  dp) expressos em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$  da infiltração permitida pelos quatro grupos testados, encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios de infiltração, em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ , da associação dos cones e técnicas de obturação dos canais radiculares

| Grupo                             | n  | Média $\pm$ dp                |
|-----------------------------------|----|-------------------------------|
| Estandarizado/Condensação Lateral | 15 | 22,65 $\pm$ 6,07 <sup>A</sup> |
| Estandarizado/System B            | 15 | 32,51 $\pm$ 5,68 <sup>B</sup> |
| Protaper/Condensação Lateral      | 15 | 22,13 $\pm$ 5,64 <sup>A</sup> |
| Protaper/System B                 | 15 | 12,39 $\pm$ 2,99 <sup>C</sup> |

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

A associação entre o cone de guta-percha ProTaper e a técnica de obturação System B (grupo 4) apresentou os menores valores de infiltração, diferindo estatisticamente dos demais grupos (Tabela 1). Quando se aplicou a técnica da condensação lateral para ambos os cones, não houve diferença significativa entre os dois grupos. O grupo 2 formado pelo cone de guta-percha estandarizado e obturado pela técnica do System B apresentou os maiores valores de infiltração, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

## 4 DISCUSSÃO

A hipótese nula do estudo foi rejeitada porque há diferença na média de valores de infiltração entre a combinação dos cones e técnicas de obturação.

A infiltração do canal radicular tem sido definida como a passagem de bactérias, fluidos e substâncias químicas entre a parede dentinária e o material de preenchimento do canal radicular, e isto é o resultado da presença de espaço na interface do material de preenchimento e a parede do canal radicular. Este espaço pode ser decorrente da adaptação deficiente do material de preenchimento à dentina radicular, à solubilidade de cimento, ou à contração do cimento. Porém, Rechenberg *et al.* (2011) concluíram que a infiltração não ocorre necessariamente na obturação do canal radicular, mas também pode ocorrer na massa dentinária, devido a sua permeabilidade (túbulos dentinários, canal lateral, acessórios, istmos). Contrariando esta afirmação, está o trabalho de Shemesh *et al.* (2007) que não observou infiltração no grupo que analisou a permeabilidade da estrutura radicular. Já os grupos entre Resilon e Epiphany ou guta-percha e AH 26 apresentaram infiltração, tanto para avaliação de penetração de glicose, quanto filtração de fluidos.

Neste estudo, um modelo de filtração de fluido foi utilizado para avaliar a capacidade de selamento dos materiais obturadores. O método de filtração de fluido apresenta diversas vantagens sobre outros métodos utilizados para avaliação da infiltração, sendo que as amostras não são destruídas, permitindo medições ao longo do tempo (Santos *et al.* 2010, Vasiliadis *et al.* 2010), nenhum marcador é necessário evitando problemas relacionados com o tamanho molecular, afinidade com a dentina, ou pH (Wu & Wesselink 1993, Wu *et al.* 1993). Não são necessários materiais específicos, como nos modelos de penetração bacteriana (Rechenberg *et al.* 2011), penetração de glicose (Shemesh *et al.* 2007) ou com marcadores radioativos. Entretanto, Wu *et al.* (1993) indicaram a necessidade de padronizar o comprimento e a anatomia das amostras, bem como a patência e o diâmetro do forame após a instrumentação para reduzir as variáveis desta metodologia.

No presente estudo, um método *in vitro* foi utilizado porque fatores experimentais podem ser melhor controlados, devido à simplicidade, à reprodutibilidade e à relação custo-benefício (Hirai *et al.* 2010). Testes *in vivo* de materiais dentários podem ser influenciados pela habilidade do operador, as

propriedades técnicas do material, e fatores incontrolláveis pertinentes ao paciente (Hirai *et al.* 2010).

Incisivos inferiores foram selecionados devido a sua variação anatômica, por apresentarem achatamento no sentido mésio-distal, deixando, muitas vezes, áreas sem instrumentação (Imagem 4, pág. 164 e Imagem 6, pág. 165), principalmente nas faces vestibulares e linguais (Ribeiro *et al.* 2013). A presença de tecidos duros e/ou moles nesses espaços dificultam uma adequada obturação (De-Deus *et al.* 2012). A instrumentação rotatória acentua esta característica, pois tende a criar um preparo circular no centro do canal radicular (Fornari *et al.* 2010, De-Deus *et al.* 2011, Ozawa *et al.* 2009). Para minimizar este efeito, optou-se por utilizar instrumentos rotatórios ProTaper, que em virtude de seu desenho, sem guia radial, possibilita o movimento de pincelamento em todas as paredes do canal radicular, proporcionando uma melhor limpeza e modelagem. Utilizaram-se os instrumentos Sx, S1 e S2 para esta finalidade e os instrumentos F1 e F2 para confeccionar o batente apical, de acordo com o trabalho realizado por De-Deus *et al.* (2011). Porém, Bürklein *et al.* (2012) estudaram a capacidade de limpeza e modelagem de vários sistemas rotatórios, inclusive o ProTaper, encontraram áreas intocadas pelos instrumentos em todos os terços do canal. Afirmaram que a efetividade diminuiu do terço coronário para o apical.

Os resultados demonstraram que nenhum material ou técnica utilizada neste estudo selou completamente o canal radicular. Quando se aplicou a técnica da condensação lateral, tanto para os cones standardizados como para os cones ProTaper, não houve diferença significativa entre os dois grupos. Estes resultados estão concordantes com os trabalhos de Özcan *et al.* (2011), que não encontraram diferença entre estas duas técnicas de obturação. Todavia, Ozawa *et al.* (2009) afirmaram que a condensação lateral pode ser menos efetiva quando usada em associação com cones de maior conicidade, os quais deixam menos espaço para inserção de cones acessórios.

A associação entre o cone de guta-percha ProTaper e a técnica de obturação System B (grupo 4) apresentou os menores valores de infiltração. Entretanto, quando o cone standardizado foi utilizado para a mesma técnica de obturação, resultou nos maiores valores de infiltração, diferindo estatisticamente dos outros grupos. Isto significa que existe interação e diferença entre cone e técnica de obturação ( $p < 0,05$ ). A técnica de onda contínua pode ser ineficaz na

termoplastificação da gutapercha apical quando não é conseguido um ajuste prévio entre cone de gutapercha e parede do canal. O uso de cones de gutapercha com conicidade semelhante ao preparo pode ser essencial para uma boa adaptação apical da gutapercha à parede do canal (Weis *et al.* 2004). Esta afirmação está em concordância com Gulsahi *et al.* (2007), que disseram que o uso de cones de gutapercha com a mesma conicidade do preparo do canal pode ser considerado um processo adequado para alcançar o mínimo de cimento e espaços vazios. Weis *et al.* (2004) afirmaram ainda que, adequada profundidade da aplicação de calor e uma quantidade suficiente de gutapercha na região apical são essenciais na compactação vertical aquecida. Para Nascimento *et al.* (2010) os cones de gutapercha ProTaper apresentam boa termoplasticidade, sugerindo seu uso em técnicas de obturação termoplastificadoras.

Ozawa *et al.* (2009) afirmaram que obturações de canais achatados dependem em grande parte do cimento. Isto pode ser uma possível justificativa do grupo cone standardizado e técnica System B apresentar os maiores valores de infiltração, pois uma camada fina de cimento é preferida porque o cimento pode contrair durante a presa e dissolver ao longo do tempo, provocando infiltração. (Zhang *et al.* 2009). De-Deus *et al.* (2006) acrescentaram que a infiltração pode ocorrer pela dissolução do cimento, na interface entre cimento e dentina ou cimento e gutapercha. Tay *et al.* (2005) afirmaram que a falha ocorre entre gutapercha e cimento devido a pouca adesão química entre eles. Em concorde com Flores *et al.* (2011) que afirmaram que, embora o AH Plus tenha estabilidade dimensional adequada a longo prazo, a sua capacidade de selamento permanece controversa em parte porque o cimento AH Plus não se liga à gutapercha. Neelakantan *et al.* (2012) corroboram com esses achados, dizendo que fraturas ocorrem dentro do AH Plus (falha coesiva) ao invés da interface com a parede do canal (falha adesiva).

Entretanto, Paqué & Sirtes (2007) não encontraram diferença significativa entre as técnicas da condensação lateral e System B nos grupos obturados com gutapercha e AH Plus na avaliação da infiltração imediata e após 16 meses. O mesmo ocorreu no trabalho de Wu *et al.* (2002). Em concorde está o trabalho de Pitout *et al.* (2006), que não encontraram diferença estatística entre condensação lateral e System B para cones de gutapercha e cones de resilon avaliados pela infiltração bacteriana e de corantes.

## **5 CONCLUSÃO**

Considerando as condições experimentais e os resultados obtidos, pode-se concluir que as obturações realizadas com o cimento AH Plus e a combinação da técnica System B e cones de guta-percha ProTaper permitiram um melhor selamento.

## 6 REFERÊNCIAS:

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

Böttcher DE, Hirai VHG, Silva-Neto UX, Grecca FS (2010) Effect of calcium hydroxide dressing on the long-term sealing ability of two different endodontic sealers: An in vitro study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **110**, 386–389.

Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E (2012) Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal* **45**, 449–461.

Chesler MB, Tordik PA, Imamura GM, Goodell GG (2013) Intramanufacturer diameter and taper variability of rotary instruments and their corresponding gutta-percha cones. *Journal of Endodontics* **39**, 538–541.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846–849.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* **39**, 378–83.

De-Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado AC, Coutinho-Filho T (2007) Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Australian Endodontic Journal* **33**, 55–61.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Flores DSH, Rached-Junior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011) Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal* **44**, 126–135.

Fornari VJ, Silva-Sousa YTC, Vanni JR, Pécora JD, Versiani MA, Sousa-Neto MD (2010) Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *International Endodontic Journal* **43**, 988–994.

Ghoddusi J, Dibaji F, Marandi S (2010) Correlation between sealer penetration and microleakage following the use of MTAD as a final irrigant. *Australian Endodontic Journal* **36**, 109-113.

Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M (2007) Comparison of the Area of Resin-based Sealer and Voids in Roots Obturated with Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics* **33**, 1338–1341.

Hirai VHG, Silva-Neto UX, Westphalen VPD, Perin CP, Carneiro E, Fariniuk LF (2010) Comparative analysis of leakage in root canal fillings performed with gutta-percha and Resilon cones with AH Plus and Epiphany sealers. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **109**, e131-e135.

Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Nascimento CA, Tanomaru-Filho M, Bosso R, Kuga MC, Guerreiro-Tanomaru JM (2010) Thermoplasticity capacity of gutta-percha with different tapers. *Revista de Odontologia da UNESP* **39**, 351-354.

Nawal RR, Parande M, Sehgal R, Naik A, Rao NR (2011) A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow properties for Epiphany, Guttaflow and AH-Plus sealer. *International Endodontic Journal* **44**, 307–313.

Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G (2012) Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International Endodontic Journal* **45**, 1097-1102.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, Moraes IG, Debelian G (2009a) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 961-968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, Perochena AdC, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, Moraes IG (2009b) Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 450-457.

Ozawa T, Taha N, Messer HH (2009) A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental Materials Journal* **28**, 290–294.

Özcan E, Eldeniz AU, Arı H (2011) Bacterial killing by several root filling materials and methods in an ex vivo infected root canal model. *International Endodontic Journal* **44**, 1102–1109.

Paqué F, Sirtes G (2007) Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *International Endodontic Journal* **40**, 722–729.

Parmar D, Hauman CHJ, Leichter JW, McNaughton A, Tompkins GR (2011) Bacterial localization and viability assessment in human ex vivo dentinal tubules by fluorescence confocal laser scanning microscopy. *International Endodontic Journal* **44**, 644–651.

Patel DV, Sherrieff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal* **40**, 67–71.

Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J (2006) Coronal Leakage of Teeth Root-Filled With Gutta-Percha or Resilon Root Canal Filling Material. *Journal of Endodontics* **32**, 879–881.

Rechenberg D-K, Thurnheer T, Zehnder M (2011) Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: an experimental study. *International Endodontic Journal* **44**, 827–835.

Ribeiro MVM, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pecora JD, Sousa-Neto MD (2013) Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *Journal of Endodontics* **39**, 398–401.

Santos J, Tjäderhane L, Ferraz C, Zaia A, Alves M, De Goes M, Carrilho M (2010) Long-term sealing ability of resin-based root canal fillings. *International Endodontic Journal* **43**, 455–460.

Scarpato RK, Canali F, Hirai VHG, Silva-Neto UX, Hoppe CB, Grecca FS (2011) Influence of gutta-percha cone disinfection on leakage: comparison of two sealability assessment methodologies. *Brazilian Journal of Oral Sciences* **10**, 250–253.

Shemesh H, Van den Bos M, Wu M-K, Wesselink PR (2007) Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *International Endodontic Journal* **40**, 866–872.

Silva-Neto UX, Moraes IG, Westphalen VPD, Menezes R, Carneiro E, Fariniuk LF (2007) Leakage of 4 resin-based root-canal sealers used with a single-cone technique. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **104**, e53–e57.

Tay FR, Loushine RJ, Weller N, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, Lai CNS, Raina R, Williams MC (2005) Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *Journal of Endodontics* **31**, 514-519.

Vasiliadis L, Kodonas K, Economides N, Gogos C, Stavrianos C (2010) Short- and long-term sealing ability of Guttaflow and AH-Plus using an ex vivo fluid transport model. *International Endodontic Journal* **43**, 377–381.

Weis MV, Parashos P, Messer HH (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal* **37**, 653–63.

Wu M-K, Bud MG, Wesselink PR (2009) The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 946-951.

Wu M-K, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR (1993) Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal* **26**, 203–8.

Wu MK, Tigos E, Wesselink PR (2002) An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: A leakage study in vitro. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **94**, 499-502.

Wu M-K, Wesselink PR (1993) Endodontic leakage studies reconsidered. Part 1. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal* **26**, 37-43.

Zhang W, Li Z, Peng B (2009) Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **107**, e79-e82.

## **THE SEALING ABILITY OF DIFFERENT CONES AND OBTURATION TECHNIQUES IN OVAL-SHAPED CANALS**

V. H. G. Hirai \*

A.T.G. Cruz \*

L. Piasecki \*

V.P.D. Westphalen \*

E. Carneiro \*

L.F. Fariniuk \*

U.X. Silva Neto \*

\* Department of Endodontics, PUCPR, Curitiba, Brazil

Keywords: Fluid filtration, Oval-shaped root canals, ProTaper, System B

Ulisses Xavier da Silva Neto

Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho

80215-901 Curitiba-PR Brazil

00 55 4132712548 / Fax 00 55 4132711405

ulix@terra.com.br

## ABSTRACT

**Aim** To assess the apical leakage of oval-shaped canals obturated with lateral condensation (LC) and System B, using standardized or ProTaper gutta-percha cones.

**Methodology** Sixty-four mandibular incisors with a single root canal were prepared with rotary ProTaper instruments up to F2 and divided into four groups: G1 (LC with a standardized master cone), G2 (System B and standardized master cone), G3 (LC with a ProTaper F2 cone) and G4 (System B and ProTaper F2 cone). AH Plus sealer was used in all obturations and teeth were stored at 37°C in 100% relative humidity for a period of 14 days. A fluid filtration model was used to measure the apical leakage. The data was statistically analysed with the significance level set at  $p=0.05$  (one-way ANOVA, Games-Howell test).

**Results** It was observed significant difference among the tested groups, except between the LC/PT and LC/SC. The SB/PT obturations presented the less apical leakage average ( $12,39 \pm 2,99$ ) whilst the SB/SC presented the higher mean ( $32,51 \pm 5,68$ ).

**Conclusion** The combination of ProTaper gutta-percha cones and System B presented less apical leakage for the obturations of oval-shaped canals.

## 1 INTRODUCTION

The endodontic therapy aims to eliminate microorganisms from the root canal system by means of chemo-mechanical preparation, followed by the obturation to prevent recontamination (Nawal *et al.* 2011). The entire three-dimensional sealing of the root canal system prevents the entry of microorganisms or their products into the dentinal tubules (Hirai *et al.* 2010, Silva-Neto *et al.* 2009), entombs the remaining bacteria (Parmar *et al.* 2011, Özcan *et al.* 2011) preventing them to reach substrate for their survival (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

Different materials have been proposed for the root canal filling, but the gutta-percha is the most commonly material used for endodontic obturation: although it presents favorable physicochemical and biological properties (Gulsahi *et al.* 2007, Chesler 2013), it is necessary to be used in association to endodontic sealers (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b). Ideally, the sealer should be capable to fill in all the anatomical irregularities (Zhang *et al.* 2009) and increase gutta-percha adaptation to the root canal walls (Zhang *et al.* 2009, Patel *et al.* 2007). However, the currently available products are not dimensionally stable and partial dissolution may occur over time, resulting in lower resistance to infiltration (Gulsahi *et al.* 2007). Therefore, has been suggested the use of only a thin layer of sealer, evenly distributed around the mass of gutta-percha (De-Deus *et al.* 2007).

In the mean time, different obturation techniques have been proposed: according to Marciano *et al.* (2011a), the proportion of gutta-percha, sealer and voids, are related to the obturation technique. Furthermore, the presence of voids and gaps within the obturation is correlated to an increased susceptibility to leakage (De-Deus *et al.* 2007).

Several experimental models are used to detect and measure the leakage along the root canal filling, such as dye penetration (Ghoddusi *et al.* 2010, Scarparo *et al.* 2011), bacterial penetration (Rechenberg *et al.* 2011), fluid filtration (Wu *et al.* 2009, Hirai *et al.* 2010, Silva-Neto *et al.* 2007, Böttcher *et al.* 2010, ) and glucose penetration (Shemesh *et al.* 2007).

The fluid filtration is a non-destructive reproducible method, considered more sensitive than the dye penetration for the detection of voids throughout the root canal filling that allows repeated measurements over time (Santos *et al.* 2010, Vasiliadis *et al.* 2009, Wu & Wesselink 1993, Wu *et al.* 1993).

The aim of this study was to use the fluid filtration to detect the leakage of the obturations of oval-shaped root canals, performed with different gutta-percha cones and obturation techniques. The null hypothesis was that there is no difference in the mean values of infiltration among the different combination of cones and obturation techniques.

## 2 MATERIAL AND METHODS

Sixty-four extracted human mandibular incisors with a single and oval-shaped root canal were selected for this study after local ethical committee approval (# 5690/11, PUCPR, Curitiba, Brazil). The teeth were stored in 0,1% thymol solution and washed in saline solution at the time of use. Roots with curvatures, cracks, caries, immature apices, resorptive defects or previous endodontic treatment were excluded. To be included in this study, the teeth were radiographed in both mesio-distal (MD) and bucco-lingual (BL) directions, to verify the presence of a single straight canal, with at least a 2,5:1 proportion between BL and MD dimensions in the canal, 5mm short to the apex (De-Deus *et al.* 2011, 2012, Alves *et al.* 2012).

### 2.1 Root canal preparation and filling

The dental crowns were removed with a diamond disk to obtain all the roots with standardized length (14 mm). A size 15 stainless steel K-file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) was inserted into the root canal until the tip of the instrument was first visible at the apical foramen and deducted 1mm to obtain the working length (WL). Apical patency was confirmed by inserting a 20 K-Flexofile instrument into the apical foramen before and after root canal preparation. The root canals were instrumented with the crown-down technique, using rotary ProTaper instruments (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), up to a size F2 at the WL.

During the shaping procedures, root canals were irrigated with 2,5% NaOCl. After the preparation, 3mL of 17% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) was used for irrigation and left inside the canal for 3 minutes; then, 5mL of saline was used for final irrigation and root canals were dried with paper points (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, Brazil).

The prepared roots were then randomly divided into 4 experimental groups of 15 roots each, according to the master gutta-percha cone and the obturation technique:

- G1 - standardized master cone (size 30, .02 taper) and lateral condensation
- G2 - standardized master cone (size 30, .02 taper) and System B
- G3 - ProTaper F2 cone and lateral condensation
- G4 - ProTaper F2 cone and System B

Four specimens formed the control group: 2 positive controls, in which the root canals were filled with gutta-percha cones without filling sealer, and the other 2 as negative control (completely sealed by applying 2 coats of nail varnish on all surfaces of the specimen, including the apical foramen and the cervical cut top).

The AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany) sealer was prepared according to the manufacturer's instructions and it was placed into the root canals with a Lentulo Spiral #1. The selected master cone was introduced up to the WL, either the standardized #30 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) or the ProTaper F2 cone (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil), and then all the root canals were filled according to the obturation technique. In the groups LC/SC and LC/PT, it was performed a lateral compaction technique with accessory FF gutta-percha cones with the aid of a B finger spreader (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The root canals of groups SB/SC and SB/PT were filled by the System B technique after previous selection of an adequate condenser that fit 5mm short to the WL. After the obturations, all the specimens were stored at 37°C in 100% relative humidity for a period of 14 days.

## **2.2 Fluid filtration test**

The roots were mounted in the fluid filtration device designed to measure leakage, as previously described (Silva Neto et al. 2007). The root apex was connected to a Luer-type metal needle by means of a plastic tube. A pressure of 10 psi was applied to the entire system, which was filled with distilled water. The fluid filtration volume was measured by observing the air bubble movement inside a 25µL micropipette (Microcaps, Fisher Scientific, Philadelphia, PA). Fluid filtration measurements (expressed in µL/min• 10 psi) were made at 2 minute intervals for 8 minutes, and then averaged for each specimen. Data was statistically analyzed using ANOVA and Games-Howell's tests, with the significance level set at  $p=0.05$ .

### 3 RESULTS

In the fluid filtration test, no movement of the air bubble was detected in the negative control group, whereas in the positive control group, air bubble displacements occurred rapidly and uninterruptedly.

Table 1 presents the leakage mean and standard deviation values. The obturations performed with System B and ProTaper master cone presented the lower leakage mean, while the association of System B and standardized gutta-percha master cone presented the higher leakage mean, with statistically significant difference ( $p < 0.05$ ). No significant difference was observed between the two groups obturated by lateral condensation technique, regardless the type of master cone ( $p > 0.05$ ).

**Table 1-** Leakage mean and standard deviation values expressed in  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$

| Master gutta-percha cone | Obturation Technique      | n  | Mean $\pm$ SD                 |
|--------------------------|---------------------------|----|-------------------------------|
| Standardized cone        | Lateral Condensation (G1) | 15 | 22,65 $\pm$ 6,07 <sup>A</sup> |
|                          | System B (G2)             | 15 | 32,51 $\pm$ 5,68 <sup>B</sup> |
| ProTaper cone            | Lateral Condensation (G3) | 15 | 22,13 $\pm$ 5,64 <sup>A</sup> |
|                          | System B (G4)             | 15 | 12,39 $\pm$ 2,99 <sup>C</sup> |

Values with the same superscript letter in each column were not statistically different.

## 4 DISCUSSION

The null hypothesis of the study was rejected because there was difference in the mean values of infiltration among the different combination of gutta-percha cones and obturation techniques.

The infiltration of the root canal obturation has been defined as the penetration of bacteria, fluids and chemical products between the dentinal wall and the filling material, due to the presence of voids and gaps in this interface.

These empty spaces might be a result of poor adaptation of the filling material to the root dentin or due to the sealer or shrinkage. However, Rechenberg *et al.* (2011) concluded that infiltration does not necessarily occur in the root canal filling, but may also exist in the dentin mass due to their permeability (dentinal tubules, lateral canal, accessories, isthmuses). On the other hand, Shemesh *et al.* (2007) showed that no infiltration was observed in the group that analyzed the permeability of root structure, while root canals obturations with different materials presented leakage in both glucose penetration and fluid filtration tests.

The present study was performed *in vitro* aiming to have a better control of the experiment, avoiding the factors inherent to the patient, which might not be fully controlled (Hirai *et al.* 2010). The fluid filtration model presents some advantages over other methods, because it is non-destructive and does not require specific materials or markers that could interact or interfere in the leakage measurement (Rechenberg *et al.* 2011, Santos *et al.* 2010, Shemesh *et al.* 2007, Vasiliadis *et al.* 2010, Wu & Wesselink 1993, Wu *et al.* 1993), although it is necessary to standardize all the teeth with the same length, same apical diameter and patency, to minimize the variables (Wu *et al.* 1993).

After endodontic preparation, the oval-shaped canal teeth frequently present non-instrumented walls, mostly in the buccal and lingual areas (Ribeiro *et al.* 2013), and the remaining tissues hinder their adequate filling (De-Deus *et al.* 2012). Such event is emphasized when an oval-shaped canal is prepared by rotary instrumentation, because mechanized instruments tend to create a circular shape in the main diameter of the root canal (Fornari *et al.* 2010, De-Deus *et al.* 2011, Ozawa *et al.* 2009). Intending to overcome this, in the present study, the preparation was performed with instruments that do not present the radial land and can be used to

brush the canal walls (De-Deus *et al.* 2011), although, according to Bürklein *et al.* (2012), the ProTaper instruments might also leave untouched areas inside the canals.

The present results demonstrated that all the groups presented some leakage, and between the groups obturated with the lateral condensation technique, there was no difference regarding the type of master gutta-percha cone. These results are in accordance with the findings of Özcan *et al.* (2011), even if Ozawa *et al.* (2009) suggested that using tapered master gutta-cones could reduce the efficacy of the lateral condensation.

The group obturated with ProTaper cones and System B technique presented the lower leakage values, while the standardized cones with System B presented the higher, with statistically significant difference ( $p < 0,05$ ). These results suggest that the type of master cone affects the apical seal of System B obturations: this warm condensation technique proved to be less efficient when the master cone does not fit the root canal preparation. Likewise, previous authors suggested that using a gutta-percha cone with the same taper of the canal preparation is required to obtain an apical adaptation and minimize voids of the obturation (Gulsahi *et al.* 2007, Weis *et al.* 2004).

Ozawa *et al.* (2009) affirmed that in oval-shaped canals, the quality of the obturation is also dependent of the properties of the sealer. This may explain the better results of group SB/PT, because a thin layer of sealer is obtained when the cone is well fitted to the canal, resulting in less shrinkage and dissolution over time, which could lead to more leakage (Zhang *et al.* 2009). De-Deus *et al.* (2006) also stated that the sealer dissolution may lead to infiltration in both interfaces: between sealer/dentin and sealer/gutta-percha. It has been previously demonstrated that although AH Plus presents good dimensional stability over time, it do not bond to gutta-percha and presents more cohesive than adhesive failures (Flores *et al.* 2011, Neelakantan *et al.* 2012, Tay *et al.* 2005). However, it has been reported that the apical sealing ability of AH Plus obturations remains the same over time (Wu *et al.* 2002); also Paqué & Sirtes (2007) did not find difference between the immediate and after 16 months apical leakage of teeth obturated with AH Plus, associated with either lateral condensation or System B technique.

## 5 CONCLUSION

Within the limitations of this *in vitro* study, it was observed that the oval-shaped canals obturated with the association of ProTaper master cone and System B technique presented less apical leakage than the other tested groups.

## 6 REFERENCES

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

Böttcher DE, Hirai VHG, Silva-Neto UX, Grecca FS (2010) Effect of calcium hydroxide dressing on the long-term sealing ability of two different endodontic sealers: An in vitro study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **110**, 386–389.

Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E (2012) Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal* **45**, 449–461.

Chesler MB, Tordik PA, Imamura GM, Goodell GG (2013) Intramanufacturer diameter and taper variability of rotary instruments and their corresponding gutta-percha cones. *Journal of Endodontics* **39**, 538–541.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846–849.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* **39**, 378–83.

De-Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado AC, Coutinho-Filho T (2007) Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Australian Endodontic Journal* **33**, 55–61.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Flores DSH, Rached-Junior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011) Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal* **44**, 126–135.

Fornari VJ, Silva-Sousa YTC, Vanni JR, Pécora JD, Versiani MA, Sousa-Neto MD (2010) Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *International Endodontic Journal* **43**, 988–994.

Ghoddusi J, Dibaji F, Marandi S (2010) Correlation between sealer penetration and microleakage following the use of MTAD as a final irrigant. *Australian Endodontic Journal* **36**, 109-113.

Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M (2007) Comparison of the Area of Resin-based Sealer and Voids in Roots Obturated with Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics* **33**, 1338–1341.

Hirai VHG, Silva-Neto UX, Westphalen VPD, Perin CP, Carneiro E, Fariniuk LF (2010) Comparative analysis of leakage in root canal fillings performed with gutta-percha and Resilon cones with AH Plus and Epiphany sealers. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **109**, e131-e135.

Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Nascimento CA, Tanomaru-Filho M, Bosso R, Kuga MC, Guerreiro-Tanomaru JM (2010) Thermoplasticity capacity of gutta-percha with different tapers. *Revista de Odontologia da UNESP* **39**, 351-354.

Nawal RR, Parande M, Sehgal R, Naik A, Rao NR (2011) A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow properties for Epiphany, Guttaflow and AH-Plus sealer. *International Endodontic Journal* **44**, 307–313.

Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G (2012) Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International Endodontic Journal* **45**, 1097-1102.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, Moraes IG, Debelian G (2009a) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 961-968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, Perochena AdC, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, Moraes IG (2009b) Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 450-457.

Ozawa T, Taha N, Messer HH (2009) A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental Materials Journal* **28**, 290–294.

Özcan E, Eldeniz AU, Arı H (2011) Bacterial killing by several root filling materials and methods in an ex vivo infected root canal model. *International Endodontic Journal* **44**, 1102–1109.

Paqué F, Sirtes G (2007) Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *International Endodontic Journal* **40**, 722–729.

Parmar D, Hauman CHJ, Leichter JW, McNaughton A, Tompkins GR (2011) Bacterial localization and viability assessment in human ex vivo dentinal tubules by fluorescence confocal laser scanning microscopy. *International Endodontic Journal* **44**, 644–651.

Patel DV, Sherrieff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal* **40**, 67–71.

Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J (2006) Coronal Leakage of Teeth Root-Filled With Gutta-Percha or Resilon Root Canal Filling Material. *Journal of Endodontics* **32**, 879–881.

Rechenberg D-K, Thurnheer T, Zehnder M (2011) Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: an experimental study. *International Endodontic Journal* **44**, 827–835.

Ribeiro MVM, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pecora JD, Sousa-Neto MD (2013) Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *Journal of Endodontics* **39**, 398–401.

Santos J, Tjäderhane L, Ferraz C, Zaia A, Alves M, De Goes M, Carrilho M (2010) Long-term sealing ability of resin-based root canal fillings. *International Endodontic Journal* **43**, 455–460.

Scarpato RK, Canali F, Hirai VHG, Silva-Neto UX, Hoppe CB, Grecca FS (2011) Influence of gutta-percha cone disinfection on leakage: comparison of two sealability assessment methodologies. *Brazilian Journal of Oral Sciences* **10**, 250–253.

Shemesh H, Van den Bos M, Wu M-K, Wesselink PR (2007) Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *International Endodontic Journal* **40**, 866–872.

Silva-Neto UX, Moraes IG, Westphalen VPD, Menezes R, Carneiro E, Fariniuk LF (2007) Leakage of 4 resin-based root-canal sealers used with a single-cone technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* **104**, e53–e57.

Tay FR, Loushine RJ, Weller N, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, Lai CNS, Raina R, Williams MC (2005) Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *Journal of Endodontics* **31**, 514-519.

Vasiliadis L, Kodonas K, Economides N, Gogos C, Stavrianos C (2010) Short- and long-term sealing ability of Guttaflow and AH-Plus using an ex vivo fluid transport model. *International Endodontic Journal* **43**, 377–381.

Weis MV, Parashos P, Messer HH (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal* **37**, 653–63.

Wu M-K, Bud MG, Wesselink PR (2009) The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 946-951.

Wu M-K, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR (1993) Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal* **26**, 203–8.

Wu MK, Tigos E, Wesselink PR (2002) An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: A leakage study in vitro. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **94**, 499-502.

Wu M-K, Wesselink PR (1993) Endodontic leakage studies reconsidered. Part 1. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal* **26**, 37-43.

Zhang W, Li Z, Peng B (2009) Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **107**, e79-e82.

## **ARTIGO 2**

**AVALIAÇÃO DA PENETRAÇÃO DE CIMENTO NOS TÚBULOS DENTINÁRIOS  
EM CANAIS ACHATADOS OBTURADOS PELA TÉCNICA DA CONDENSAÇÃO  
LATERAL OU SYSTEM B COM CONES ESTANDARDIZADOS OU PROTAPER.**

- 1 V. H. G. Hirai
- 2 V. P. D. Westphalen
- 2 E. Carneiro
- 2 L. F. Fariniuk
- 1 L. Piasecki
- 3 F. S. Grecca
- 2 U. X. Silva-Neto

1- Aluno de pós-graduação em Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

2- Professor de Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

3- Professor de Endodontia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Brasil.

Palavras chaves: Canais radiculares achatados, Cimento, Cones ProTaper, System B, Túbulos dentinários

Autor correspondente: Professor Ulisses Xavier da Silva Neto

R: Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho

80215-901 Curitiba-PR Brasil

00 55 4132712548 / Fax 00 55 4132711405

ulix@terra.com.br

## RESUMO

**Objetivo:** Determinar a área de penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários e a extensão do perímetro do canal radicular onde houve penetração de cimento em canais achatados, obturados por cones estandardizados ou ProTaper, utilizando as técnicas da condensação lateral ou System B.

**Material e Métodos:** Sessenta incisivos inferiores foram preparados até o instrumento ProTaper F2, divididos aleatoriamente em 4 grupos, de acordo com a técnica de obturação e o tipo de cones de guta-percha (G1: cones estandardizados + condensação lateral; G2: cones estandardizados + System B; G3: cones ProTaper + condensação lateral; G4: cones ProTaper + System B). O método de microscopia confocal foi utilizado para a avaliação da área de penetração e da extensão da parede do canal radicular que houve penetração de cimento endodôntico aos níveis de 3 e 6 mm apicais. Os valores obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância e comparações múltiplas.

**Resultados:** Aos 6 mm apicais, o grupo obturado com cones ProTaper em associação com técnica System B apresentou a maior área de penetração de cimento nos túbulos dentinários, diferindo estatisticamente do grupo cone ProTaper obturado com a técnica da condensação lateral. Todos os grupos comportaram-se estatisticamente iguais entre si na análise da extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento, comparando-se com os seus respectivos terços.

**Conclusão:** As obturações realizadas com cones de guta-percha ProTaper em associação com a técnica System B promoveram maior preenchimento dos túbulos dentinários.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante a obturação, o cimento endodôntico executa várias funções, incluindo o preenchimento das irregularidades da parede do canal radicular (Zhang *et al.* 2009), como istmos, bem como espaços onde a guta-percha não foi capaz de se adaptar (Flores *et al.*, 2011) e unir os cones às paredes dos canais radiculares. Um cimento endodôntico ideal deveria ser biocompatível, antibacteriano, atóxico, radiopaco e deveria também selar hermeticamente os sistema de canais radiculares, ser dimensionalmente estável, e apresentar boa adesão às paredes do canal radicular (Zhang *et al.* 2009). Para alcançar o objetivo da adesão entre cones, cimento e dentina, é essencial que haja uma distribuição uniforme de uma fina camada de cimento (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

Cimentos endodônticos podem penetrar no interior dos túbulos dentinários, aumentando a interface entre parede do canal e material obturador e pode aumentar a retenção mecânica da obturação (Moradi *et al.* 2009, De-Deus *et al.* 2012b). Podem selar bactérias residuais dentro dos túbulos (Özcan *et al.* 2011, Moradi *et al.* 2009) e prevenir a colonização e reinfecção do canal pela ocupação dos túbulos (Moradi *et al.* 2009). A capacidade da obturação de penetrar nos túbulos dentinários é considerado um aspecto relevante na prevenção de reinfecção dos mesmos (Patel *et al.* 2007).

A técnica de obturação por onda contínua (Buchanan 1996) tem mostrado ser superior na obturação de canais com irregularidades, achatados e em canais laterais (Zhang *et al.* 2011), devido ao aumento da plasticidade do cone de guta-percha.

Várias metodologias são utilizadas para visualizar a penetração do material obturador no interior dos túbulos dentinários, como a microscopia óptica, eletrônica de varredura e de transmissão e a microscopia confocal por varredura a laser, sendo esta última favorecida pelo alto contraste que identifica o cimento no interior dos túbulos, sem a necessidade de técnicas de preparos que podem causar artefatos (Gharib *et al.* 2007, Tuncer & Tuncer 2012, Patel *et al.* 2007, Kok *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012b), é um processo não destrutivo (Gharib *et al.* 2007, De-Deus *et al.* 2012b) e não desidrata os dentes (Kok *et al.* 2012).

O objetivo deste estudo foi determinar a área de penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários e a extensão da parede do canal radicular onde

houve penetração de cimento com diferentes cones de guta-percha e técnicas de obturação, utilizando a microscopia confocal de varredura a laser para avaliação. A hipótese nula foi que não há diferença na área de penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários e na extensão da parede do canal radicular onde houve penetração de cimento entre diferentes cones e técnicas de obturação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Após aprovação junto ao CEP (5690), sessenta incisivos inferiores humanos obtidos junto ao Banco de Dentes da PUCPR, foram selecionados para esta pesquisa. Os dentes foram imediatamente armazenados em formol tamponado 10% e lavados em soro fisiológico no momento do uso. As raízes com curvatura, fissuras, cáries extensas, ápices abertos ou reabsorções foram excluídas.

Para serem incluídos nas amostras, radiografias no sentido vestibulo-lingual e méso-distal foram realizadas para confirmar a presença de um único canal e para selecionar os dentes que apresentavam a proporção igual ou maior que 2,5:1 entre as dimensões vestibulo lingual e méso-distal a 5 mm do ápice radicular (De-Deus *et al.* 2011, 2012, Alves *et al.* 2012).

### 2.1 Instrumentação e obturação dos canais

As coroas dentárias de todos os dentes foram removidas com disco diamantado, de modo que cada espécime foi padronizado com 14 mm de comprimento radicular.

Foi utilizado instrumento 15 K-Flexofile (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) para remover o tecido pulpar e determinar o comprimento real do canal introduzindo-o até que a ponta fosse visível no forame apical. A patência apical foi confirmada com a inserção de um instrumento 20 K-Flexofile através do forame apical antes e depois do preparo do canal radicular. O canal radicular foi instrumentado com instrumentos ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Todos espécimes foram modelados até o instrumento F2 a 1 mm aquém do comprimento real do canal. A cada troca de instrumento os canais radiculares foram irrigados com 3 mL de hipoclorito de sódio 2,5% (Asfer Industria Química, São Caetano do Sul, SP, Brasil).

Após a instrumentação, todos os canais radiculares foram lavados com 5 mL de NaOCl 2,5% seguido por 3 mL de EDTA 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda., Ibiporã, PR, Brasil), deixando agir por 3 minutos para remoção da smear layer. Para remover a solução de NaOCl e EDTA remanescentes, uma irrigação final foi realizada com 5 mL de solução salina e foram secos com cones de papel (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil).

As raízes com os canais preparados foram, então, divididas aleatoriamente, conforme trabalho realizado por Marciano *et al.* (2011a,b), em 4 grupos experimentais, de 15 raízes cada de acordo com o cone e a técnica obturadora empregada.

- **G1 (15):** cones standardizados + condensação lateral;
- **G2 (15):** cones standardizados + System B;
- **G3 (15):** cones ProTaper + condensação lateral;
- **G4 (15):** cones ProTaper + System B.

Após a seleção do cone principal, de acordo com o diâmetro cirúrgico determinado na instrumentação, efetuaram-se as manobras de obturação.

O cimento endodôntico utilizado para todos os grupos foi o cimento AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany), que foi manipulado em placa de vidro de acordo com as orientações do fabricante, acrescido com 0,1% de corante de radamina B (Vetec Química, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Os grupos 1 e 3 foram obturados pela técnica da condensação lateral, na qual se levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) ou cone ProTaper F2 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) no comprimento de trabalho.

A técnica da condensação lateral foi realizada com auxílio de um espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) no qual cones acessórios foram colocados lateralmente e compactados. O processo foi repetido até que os cones acessórios R 7 (Tanariman Industrial Ltda, Manacapuru, AM, Brasil) não pudessem mais ser inseridos no canal radicular.

Os grupos 2 e 4, foram obturados pela técnica da onda contínua de compactação, System B (EIE-Analytic Technology, Orange, CA, USA), na qual se levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 ou cone ProTaper F2 no comprimento de trabalho.

Previamente, foi selecionado um condutor/compactador (F 06) que não encontrasse resistência das paredes do canal, a um nível de 5 mm aquém do comprimento de trabalho. Ajustou-se o cursor do condutor/compactador nesta

medida e o aparelho à temperatura de 200°C na potência máxima. Com o acionamento, o condutor/compactador pré-aquecido foi direcionado no centro do cone de guta-percha, exercendo-se compressão em direção apical.

Posteriormente, os espécimes foram armazenados em estufa à 100% de umidade e 37° C durante 2 semanas, para garantir o endurecimento do cimento.

## **2.2 Preparo dos espécimes para análise em microscopia confocal por varredura a laser.**

Os espécimes foram seccionados transversalmente em uma cortadora de precisão (Minitom, Struers AS, Ballerup, Dinamarca), em velocidade de 200 rpm e refrigeração constante, utilizando-se disco de corte diamantado (102 mm X 0,3 mm X 12,7 mm - Extec, Enfield, EUA). As secções foram realizadas a 3 mm e 6 mm do ápice. A seguir realizou-se o preparo metalográfico para obter uma superfície livre de deformidades e sujidades.

As fatias foram analisadas em sua face cervical, em um microscópio confocal de varredura a laser Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão). Foi empregado como fonte de excitação o corante de rodamina B e laser com comprimento de onda de 559 nm. As imagens foram obtidas empregando-se objetiva com aumento de 10X. Para realizar a análise das imagens, as mesmas foram convertidas em formato digital TIFF e tamanho de 512 X 512 pixels.

## **2.3 Porcentagem da área de penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários.**

Para realizar a medida de porcentagem da área de penetração dos cimentos nos túbulos dentinários utilizou-se o programa Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems, San Jose, Califórnia, Estados Unidos). Obteve-se inicialmente a área total da figura (A), em pixels. Utilizando a ferramenta magnetic lasso tool, foi determinada a área do canal (B) em pixels. Empregando a ferramenta poligonal lasso tool, foi estabelecida a medida da área onde houve penetração do cimento nos túbulos dentinários (C), medida também em pixels.

Para determinar o percentual de área onde houve penetração do cimento utilizado nos túbulos dentinários foi aplicada a seguinte fórmula:

$$\% \text{área} = [(C-B) \times 100] / (A-B)$$

Onde:

A = área total da figura

B = área do canal radicular

C = área onde houve penetração do cimento nos túbulos dentinários

#### **2.4 Porcentagem do perímetro da parede do canal radicular que houve penetração do cimento.**

Para essa segunda análise empregou-se o programa Image Tool for Windows v3 (UTHSCSA, San Antonio, Texas, Estados Unidos). Inicialmente foi determinado o perímetro total do canal (P), em pixels. Em seguida, foi determinada a extensão de parede (E) do canal radicular onde houve penetração de cimento nos túbulos dentinários, independente da profundidade de penetração. Essa medida também foi estabelecida em pixels. Calculou-se, a partir desses valores, a razão entre a extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento nos túbulos e a extensão total da parede do canal e obteve-se a porcentagem de paredes de canal onde houve penetração de cimento.

$$\% \text{perímetro que houve penetração de cimento} = E/P \times 100$$

Onde:

P = perímetro total da parede do canal radicular;

E = extensão da parede do canal radicular onde houve penetração de cimento;

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade, homogeneidade de variância e comparações múltiplas, utilizando o teste de Games-Howell. O nível de confiança utilizado foi de 95% ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS

As médias e o desvio padrão da área de penetração dos cimentos nos túbulos dentinários, de acordo com os grupos avaliados e o nível de seccionamento radicular estão disposto na tabela 1. Enquanto que a tabela 2 apresenta as médias e o desvio padrão da extensão da parede do canal radicular onde houve penetração de cimento.

Tabela 1: Área de penetração do cimento nos túbulos dentinários (%).

| Grupo                             | N  | Média $\pm$ dp (3 mm)          | Média $\pm$ dp (6 mm)            |
|-----------------------------------|----|--------------------------------|----------------------------------|
| Estandarizado/Condensação lateral | 15 | 11,93 $\pm$ 9,36 <sup>A</sup>  | 34,58 $\pm$ 15,65 <sup>a,b</sup> |
| Estandarizado/System B            | 15 | 8,30 $\pm$ 5,54 <sup>A</sup>   | 39,93 $\pm$ 22,33 <sup>a,b</sup> |
| Protaper/Condensação lateral      | 15 | 10,01 $\pm$ 7,25 <sup>A</sup>  | 24,51 $\pm$ 14,01 <sup>a</sup>   |
| Protaper/System B                 | 15 | 19,44 $\pm$ 11,70 <sup>A</sup> | 49,90 $\pm$ 16,01 <sup>b</sup>   |

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

A utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas para análise da área de penetração do cimento nos túbulos dentinários, ao nível de 3 mm do ápice radicular, todos os grupos comportaram-se semelhantes entre si. Entretanto, a 6 mm apicais, o grupo obturado com cones ProTaper em associação com técnica System B apresentou a maior área de penetração de cimento nos túbulos dentinários, diferindo estatisticamente do cone ProTaper obturado com a técnica da condensação lateral.

Pode-se observar também que ao nível de 3 mm, portanto, mais apical, os resultados demonstram uma menor ação do cimento, tanto para a área de penetração quanto para a extensão da parede do canal onde houve penetração de cimento endodôntico.

Tabela 2: Extensão do perímetro do canal onde houve penetração de cimento (%).

| Grupo                             | N  | Média ± dp (3 mm)          | Média ± dp (6 mm)          |
|-----------------------------------|----|----------------------------|----------------------------|
| Estandarizado/Condensação lateral | 15 | 49,51 ± 20,58 <sup>A</sup> | 74,33 ± 13,27 <sup>a</sup> |
| Estandarizado/System B            | 15 | 41,11 ± 19,43 <sup>A</sup> | 62,74 ± 17,14 <sup>a</sup> |
| Protaper/Condensação lateral      | 15 | 49,27 ± 26,00 <sup>A</sup> | 72,49 ± 15,59 <sup>a</sup> |
| Protaper/System B                 | 15 | 50,66 ± 16,44 <sup>A</sup> | 78,82 ± 8,34 <sup>a</sup>  |

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Para a análise da extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento, a utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas mostrou que todos os grupos comportaram estatisticamente iguais entre si, comparando-se com os seus respectivos terços.

## 4 DISCUSSÃO

A hipótese nula do estudo foi parcialmente rejeitada porque há diferença na porcentagem de área de penetração de cimento endodôntico nos túbulos dentinários ao nível de 6 mm apicais. Entretanto, na extensão da parede do canal radicular onde houve penetração de cimento não há diferença entre diferentes cones e técnicas de obturação.

O objetivo do estudo da porcentagem de área e do perímetro da penetração do cimento endodôntico no interior dos túbulos dentinários está no fato do aumento na superfície de contato entre material obturador e parede de canal radicular (De-Deus *et al.* 2012b), podendo aumentar a retenção mecânica (Moradi *et al.* 2009) e no combate a bactérias residuais no interior dos túbulos dentinários (Özcan *et al.* 2011, Moradi *et al.* 2009).

Os cimentos endodônticos podem exercer efeito antibacteriano em túbulos dentinários infectados (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Nawal *et al.* 2011, Özcan *et al.* 2011), podendo apresentar maior efetividade com o contato mais próximo à bactéria quando se preenchem os túbulos dentinários (Nawal *et al.* 2011). Podem impedir que chegue substrato oriundo dos tecidos periradiculares em virtude da presença física no interior dos túbulos dentinários e também impedir a recolonização dos túbulos pelo mesmo motivo (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a, Moradi *et al.* 2009, Özcan *et al.* 2011). Alta porcentagem de penetração de cimento endodôntico pode ser um indicador indireto da potencial resistência à infiltração bacteriana (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

Além da ação antibacteriana, outra importante propriedade dos cimentos é a fluidez, pois permite ao cimento penetrar nas irregularidades, istmos e ramificações (Nawal *et al.* 2011, Chandra *et al.* 2012). Para Özcan *et al.* (2011), a seleção do cimento pode ser mais importante que a técnica obturadora para eliminação de bactérias. Neste estudo, utilizou-se o cimento AH Plus, pois é o cimento atualmente mais amplamente estudado e comparado, em virtude de suas propriedades físico-químicas. Apresenta uma grande atividade antimicrobiana (Nawal *et al.* 2010), boa radiopacidade, fluidez e escoamento, é de fácil manipulação e apresenta bom tempo de trabalho.

O uso de agente quelante para remoção da smear layer foi baseado em Metzger *et al.* (2010) que afirmaram que a smear layer pode estar presente nas paredes dos canais radiculares, mesmo com a morfologia mais simples. Uma espessura de 5  $\mu\text{m}$  de smear layer, representa uma potencial lacuna entre a obturação e parede do canal radicular. Tzanetakis *et al.* (2010) analisaram a quantidade de smear layer com e sem o uso de solução quelante através da microscopia eletrônica de varredura. Os espécimes que receberam irrigação final com EDTA 17% mais hipoclorito de sódio revelaram áreas sem smear layer e entrada dos túbulos abertos, especialmente nos terços coronário e apical. Em concordância está o trabalho de Patel *et al.* (2007) que afirmaram que a remoção da smear layer resulta na abertura dos túbulos dentinários. Sendo assim, a presença da smear layer pode interferir na adesão (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b) e penetração do cimento endodôntico nos túbulos dentinários (Ghoddusi *et al.* 2010). Entretanto, não há um consenso entre os pesquisadores se a remoção da smear layer afeta ou não a capacidade seladora da obturação dos canais radiculares.

Uma das principais vantagens da técnica da microscopia confocal é a capacidade de visualização abaixo da superfície (Bouillaguet *et al.* 2004). Este procedimento é importante para o estudo de interfaces porque artefatos produzidos no processo de secção podem ser diferenciados sem qualquer dificuldade (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a) e eliminados com o preparo metalográfico, no qual obtêm-se uma superfície livre de deformidades e sujidades (De-Deus *et al.* 2006). Além disso, o software confocal permite a reconstrução das seções, fornecendo uma imagem da máxima projeção da distribuição dos cimentos no interior da dentina (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a)

A incorporação de rodamina B no cimento é essencial para observar a extensão de adaptação e penetração do cimento pela técnica da microscopia confocal. D'Alpino *et al.* (2006) afirmaram que adição de uma pequena quantidade de corante não alterou o pH, conversão de monômeros ou valores de resistência a microtensão, comparados com os espécimes onde não foi adicionado o corante e que o corante não alterou as propriedades físico-químicas das resinas, em baixa concentração. Ordinola-Zapata *et al.* (2009a) realizaram um estudo piloto para verificar o comportamento da mistura do cimento com 0,1% de corante Rodamina. Não encontraram alteração, de acordo com as especificações ADA, na fluidez e tempo de presa de todas as amostras avaliadas.

Considerando a área de penetração do cimento nos túbulos dentinários, ao nível de 3 mm do ápice radicular, percebe-se que o grupo do cone padronizado obturado pela técnica System B, o cimento apresentou maior dificuldade na penetração, porém sem diferença estatística do grupo do cone ProTaper obturado com a técnica System B que teve a maior área de penetração de cimento no interior dos túbulos dentinários. A técnica de onda contínua pode ser ineficaz na termoplastificação da guta-percha apical quando não é conseguido um ajuste prévio entre cone de guta-percha e parede do canal. Isto é conseguido quando cones de guta-percha com conicidade semelhante ao preparo é utilizado (Weis *et al.* 2004, Gulsahi *et al.* 2007). Weis *et al.* (2004) afirmaram, ainda, que uma quantidade suficiente de guta-percha na região apical é essencial na compactação vertical aquecida e a profundidade de inserção do condutor/compactador afeta a qualidade e adaptação na técnica vertical aquecida (Zhang *et al.* 2011, Weis *et al.* 2004). Para Nascimento *et al.* (2010) os cones de guta-percha ProTaper apresentaram boa termoplasticidade, sugerindo seu uso em técnicas de obturação termoplastificadora. Na condensação lateral, a força aplicada no espaçador auxilia a boa adaptação do material obturador às paredes do canal radicular.

Para o nível de seccionamento de 6 mm, o grupo com cone ProTaper com técnica de obturação com System B diferiu estatisticamente do grupo com cone ProTaper com técnica de obturação condensação lateral. Esta última apresentando menor área de penetração de cimento nos túbulos dentinários. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que a condensação lateral pode ser menos efetiva quando usada em associação com aumento da conicidade de cones (Ozawa *et al.* 2009), pois, podem possibilitar uma prematura obturação do terço coronário, impossibilitando o acréscimo de cones acessórios (Souza *et al.* 2009).

Com relação à avaliação da capacidade de penetração do cimento nos túbulos dentinários, esta não ocorre uniformemente em todas as paredes do canal radicular (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b). Em dentes com canais achatados há uma maior tendência de penetração nas faces vestibular e lingual (Imagem 1, 2 e 3, pág 163 e 164) que está em concorde com trabalho de Weis *et al.* (2004), devido a região proximal apresentar uma dentina menos tubular.

Neste estudo, os resultados evidenciam que, considerando o perímetro de parede do canal onde houve penetração de cimento, todos os grupos comportaram-

se semelhantes entre si, não havendo diferença entre tipos de cones e técnica obturadora, em concordância com os trabalho de Ozawa *et al.* (2009).

Observou-se que ao nível de seccionamento de 6 mm, a área de penetração e a extensão ocorreram mais intensamente do que ao nível de 3 mm apicais, diferindo estatisticamente. Estes resultados estão em concordância com o trabalho de Tuncer & Tuncer (2012) e podem ser explicados pelo fato da dentina no terço apical apresentar uma menor quantidade e menor diâmetro dos túbulos dentinários do que nos terços médios e cervicais (Neelakantan *et al.* 2012; Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Gharib *et al.* 2007). Além disso, contribui o fato da solução quelante (Tuncer & Tuncer 2012) e técnica obturadora serem empregadas com maior efetividade nos terços cervicais (Chandra *et al.* 2012).

Neste estudo, quando utilizado a técnica obturadora System B, observou-se a importância da adaptação dos cones de guta-percha ao preparo do canal radicular, pois não tendo volume de massa de guta-percha suficiente para forçar o cimento para o interior da massa dentinária, permite o refluxo do mesmo para cervical.

## **5 CONCLUSÃO**

Considerando as condições experimentais e os resultados observados, pode-se concluir que a combinação de cones de guta-percha ProTaper com a técnica de obturação System B promoveu maior penetração do cimento endodôntico AH Plus nos túbulos dentinários dos canais radiculares obturados.

## 6 REFERÊNCIAS:

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

Bouillaguet S, Wataha JC, Lockwood PE, Galgano C, Golay A, Krejci I (2004) Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *European Journal of Oral Sciences* **112**, 182-187.

Buchanan LS (1996) The continuous wave of obturation technique, 'centered' condensation of warm gutta percha in 12 seconds. *Dentistry Today* **15**, 60–62, 64-67.

Chandra SS, Shankar P, Indira R (2012) Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of Endodontics* **38**, 1412-1416.

D'Alpino PHP, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH (2006) Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. *The Journal of Adhesive Dentistry* **8**, 285-292.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012a) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846-849.

De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, Paciornik S, Fidel S (2012b) Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International Endodontic Journal* **45**, 642-651.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* **39**, 378–383.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Flores DSH, Rached-Junior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011) Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal* **44**, 126-135.

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG (2007) A confocal laser scanning microscope investigation of the Epiphany Obturation System. *Journal of Endodontics* **33**: 957-961.

Ghoddusi J, Dibaji F, Marandi S (2010) Correlation between sealer penetration and microleakage following the use of MTAD as a final irrigant. *Australian Endodontic Journal* **36**, 109-113.

Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M (2007) Comparison of the Area of Resin-based Sealer and Voids in Roots Obturated with Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics* **33**, 1338–1341.

Kok D, Duarte MAH, Rosa RA, Wagner MH, Pereira JR, Só MVR (2012). Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microscopy Research and Technique* **75**, 1277-1280.

Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M (2010) The Self-Adjusting File (SAF). Part 3: Removal of debris and smear layer—a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics* **36**, 697–702.

Moradi S, Ghoddusi J, Forghani M (2009) Evaluation of dentinal tubule penetration after the use of dentin bonding agent as a root canal sealer. *Journal of Endodontics* **35**, 1563-1566.

Nascimento CA, Tanomaru-Filho M, Bosso R, Kuga MC, Guerreiro-Tanomaru JM (2010) Thermoplasticity capacity of gutta-percha with different tapers. *Revista de Odontologia da UNESP* **39**, 351-354.

Nawal RR, Parande M, Sehgal R, Naik A, Rao NR (2011) A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow properties for Epiphany, Guttaflow and AH-Plus sealer. *International Endodontic Journal* **44**, 307–313.

Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G (2012) Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International Endodontic Journal* **45**, 1097-1102.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, Moraes IG, Debelian G (2009a) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 961-968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, Perochena AdC, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, Moraes IG (2009b) Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 450-457.

Ozawa T, Taha N, Messer HH (2009) A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental Materials Journal* **28**, 290–294.

Özcan E, Eldeniz AU, Arı H (2011) Bacterial killing by several root filling materials and methods in an ex vivo infected root canal model. *International Endodontic Journal* **44**, 1102–1109.

Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal* **40**, 67–71.

Souza EM, Wu M-K, van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR (2009) Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *International Endodontic Journal* **42**, 719-726.

Tuncer AK, Tuncer S (2012). Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics* **38**, 860–863.

Tzanetakakis GN, Kakavetsos VD, Kontakiotis EG (2010) Impact of smear layer on sealing property of root canal obturation using 3 different techniques and sealers. Part I. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **109**, e145-e153.

Weis MV, Parashos P, Messer HH (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal* **37**, 653–63.

Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B (2011) A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *International Endodontic Journal* **44**, 1041-1046.

Zhang W, Li Z, Peng B (2009) Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **107**, e79-e82.

**THE SEALER TUBULAR PENETRATION IN OVAL-SHAPED CANALS USING  
DIFFERENT CONES AND OBTURATION TECHNIQUES**

V. H. G. Hirai \*

V.P.D. Westphalen \*

E. Carneiro \*

L.F. Fariniuk \*

L. Piasecki \*

F.S. Grecca \*\*

U.X. Silva Neto \*

\* Department of Endodontics, PUCPR, Curitiba, Brazil

\*\* Department of Endodontics, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

Keywords: Confocal laser scanning microscopy, Oval-shaped root canals, ProTaper, System B, Tubular penetration

Ulisses Xavier da Silva Neto

Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho

80215-901 Curitiba-PR Brazil

00 55 4132712548 / Fax 00 55 4132711405

ulix@terra.com.br

## ABSTRACT

**Aim** To assess the tubular penetration of endodontic sealer AH Plus in the oval-shaped canals obturated with lateral condensation (LC) and System B, using standardized or ProTaper gutta-percha cones.

**Methodology** Sixty-four mandibular incisors with a single root canal were prepared with rotary ProTaper instruments up to F2 and divided into four groups: G1 (LC with a standardized master cone), G2 (System B and standardized master cone), G3 (LC with a ProTaper F2 cone) and G4 (System B and ProTaper F2 cone). AH Plus sealer was used in all obturations and teeth were stored at 37°C in 100% relative humidity for a period of 14 days. The percentage of the dentinal tubule penetration in the middle and apical transverse sections was assessed using a confocal laser scanning microscopy (CLSM). Statistical analysis was performed using parametric tests (one-way ANOVA, Tukey and Games-Howell).

**Results** There was no difference among the groups in the area of tubular penetration in the apical third slices ( $p>0.05$ ). In the middle third, G4 presented the higher mean ( $49,90 \pm 16,01$ ) and G3 the lower ( $24,51 \pm 14,01$ ), with significant difference. No significant difference was observed among the groups regarding the perimeter of tubular penetration, according to the thirds ( $p>0.05$ ).

**Conclusion** The combination of ProTaper gutta-percha cones and System B presented the higher tubular penetration of the AH Plus endodontic sealer.

## 1 INTRODUCTION

Different materials have been proposed for the root canal filling, but the gutta-percha (GP) is the most commonly material used for endodontic obturation: although it presents favorable physicochemical and biological properties (Gulsahi *et al.* 2007), it is necessary to be used in association to endodontic sealers (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b).

Ideally, the endodontic sealer should be non-toxic, radiopaque, adhesive to the canal walls, and present biocompatibility, antimicrobial activity and dimensional stability (Zhang *et al.* 2009). The endodontic sealer performs multiple roles, such as: fill in the irregularities in the root canal (Zhang *et al.* 2009) and the spaces in which the GP could not reach (Flores *et al.*, 2011), as well as bond the GP cones to the dentinal walls. However, to obtain the bonding between cones, it is necessary that a thin layer of sealer well distributed around them (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

The ability of the endodontic obturation to penetrate into the dentinal tubules is considered an important aspect in preventing the root canal reinfection (Patel *et al.* 2007), entombing residual bacteria inside the tubules (Özcan *et al.* 2011, Moradi *et al.* 2009) and preventing their new colonization by microorganisms (Moradi *et al.* 2009). Furthermore, the sealer penetration inside the dentinal tubules increases the interface between the canal walls and the filling, consequently increasing the mechanical retention of the obturation (Moradi *et al.* 2009, De-Deus *et al.* 2012b).

Different methods have been proposed to visualize the penetration of the obturation inside the dentinal tubules: optical microscopy, scanning electronic microscopy (SEM) and confocal scanning laser microscopy (CSLM). The CSLM present some advantages: it is a non-destructive method, the sample preparation do not dehydrate or cause artifacts, and the addition of a dye to the root canal sealer results in a high contrast that easily identifies it inside the dentinal tubules (Gharib *et al.* 2007, Tuncer & Tuncer 2012, Patel *et al.* 2007, Kok *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012b),

The continuous wave obturation technique (Buchanan 1996) has been proved superior in the obturation of the oval-shaped and irregular root canals, as well as to fill lateral canals (Zhang *et al.* 2011), due to increased plasticity of the GP cone. However, the different types of master cone could play a role in the quality of the

obturation. Therefore, the aim of this in vitro study is to assess the sealer tubular penetration using CSLM in the oval-shaped root canal obturations performed with different techniques and master GP cones.

## 2 MATERIAL AND METHODS

Sixty-four extracted human mandibular incisors with a single and oval-shaped root canal were selected for this study after local ethical committee approval (# 5690/11, PUCPR, Curitiba, Brazil). The teeth were stored in 0,1% thymol solution and washed in saline solution at the time of use. Roots with curvatures, cracks, caries, immature apices, resorptive defects or previous endodontic treatment were excluded. To be included in this study, the teeth were radiographed in both mesio-distal (MD) and bucco-lingual (BL) directions, to verify the presence of a single straight canal, with at least a 2,5:1 proportion between BL and MD dimensions in the canal, 5mm short to the apex (De-Deus *et al.* 2011, 2012, Alves *et al.* 2012).

### 2.1 Root canal preparation and filling

The dental crowns were removed with a diamond disk to obtain all the roots with standardized length (14 mm). A size 15 stainless steel K-file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) was inserted into the root canal until the tip of the instrument was first visible at the apical foramen and deducted 1mm to obtain the working length (WL). Apical patency was confirmed by inserting a 20 K-Flexofile instrument into the apical foramen before and after root canal preparation. The root canals were instrumented with the crown-down technique, using rotary ProTaper instruments (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), up to a size F2 at the WL.

During the shaping procedures, root canals were irrigated with 2,5% NaOCl. After the preparation, 3mL of 17% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) was used for irrigation and left inside the canal for 3 minutes; then, 5mL of saline was used for final irrigation and root canals were dried with paper points (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, Brazil).

The prepared roots were then randomly divided into 4 experimental groups of 15 roots each, according to the master gutta-percha cone and the obturation technique:

- G1 - standardized master cone (size 30, .02 taper) and lateral condensation
- G2 - standardized master cone (size 30, .02 taper) and System B
- G3 - ProTaper F2 cone and lateral condensation
- G4 - ProTaper F2 cone and System B

The AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany) sealer was prepared according to the manufacturer's instructions and mixed with 0,1% rhodamine B, and then it was placed into the root canals with a Lentulo Spiral #1. The selected master cone was introduced up to the WL, either the standardized #30 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) or the ProTaper F2 cone (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil), and then all the root canals were filled according to the obturation technique. In the groups G1 and G3 it was performed a lateral compaction technique with accessory FF gutta-percha cones with the aid of a B finger spreader (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The root canals of groups G2 and G4 were filled by the Sistem B technique after previous selection of an adequate condenser that fit 5mm short to the WL. After the obturations, all the specimens were stored at 37°C in 100% relative humidity for a period of 14 days.

## **2.2 Confocal laser scanning microscopy (CLSM)**

Each specimen was horizontally sectioned at 3 and 6 mm from the apex using a low-speed saw at 200 rpm (Minitom, Struers AS, Ballerup, Denmark), using a diamond disc (102 mm X 0,3 mm X 12,7 mm - Exttec, Enfield, EUA). The slices were made at 3mm and 6mm short to the apex. It was performed a metallographic preparation to obtain a surface free from irregularities and remnants.

The coronal surface of each slice was examined under CLSM Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Tokio, Japan). The respective absorption and emission wavelengths for rhodamine B were 540 and 590 nm. The samples were analyzed using the X10 lens and recorded in a format of 512 X 512 pixels by using the software FV10 - ASW 3.1 Viewer (Olympus Corporation, Tokio, Japan).

### **2.3 Percentage of the area of the sealer's tubular penetration**

Using the software Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems, San Jose, CA, USA), it was determined the total area (pixels) of the image (A) and the root canal total area (B) using the magnetic lasso tool. Then, with the polygonal lasso tool, it was determined the area of the tubular penetration of the endodontic sealer (C). The percentage of the area of the tubular penetration was determined according to the following:

$$\% \text{ of tubular penetration} = [(C-B) \cdot 100] / (A-B)$$

### **2.4 Percentage of the root canal perimeter with sealer's tubular penetration**

The software Image Tool 3.0 (UTHSCSA, San Antonio, Texas, USA) was used to determine the percentage of the tubular sealer penetration, as described by Gharib et al., 2007. In each sample image, it was first determined the circumference of the canal; then, it was measured only the areas along the canal circumference in which there was the fluorescent ring, indicating the tubular sealer distribution along the walls, regardless the depth of penetration. The percentage of sealer penetration was obtained using the proportion between the outlined measurements of sealer distribution (D) and the total canal circumference (E), for each sample image, as the following:

$$\% \text{ of perimeter tubular penetration} = D/E \cdot 100$$

Data was statistically analyzed using ANOVA and Games-Howell's tests, with the significance level set at  $p=0.05$ .

### 3 RESULTS

The mean and standard deviation values of the percentage of the area and of the perimeter of the sealer's tubular penetration per group are respectively in Table 1 and Table 2.

**Table 1** – The area of tubular sealer penetration per third, mean and standard deviation values (percentage).

| Master gutta-percha cone | Obturation Technique      | n  | Apical Third                   | Middle Third                     |
|--------------------------|---------------------------|----|--------------------------------|----------------------------------|
|                          |                           |    | Mean $\pm$ SD                  | Mean $\pm$ SD                    |
| Standardized cone        | Lateral Condensation (G1) | 15 | 11,93 $\pm$ 9,36 <sup>A</sup>  | 34,58 $\pm$ 15,65 <sup>a,b</sup> |
|                          | System B (G2)             | 15 | 8,30 $\pm$ 5,54 <sup>A</sup>   | 39,93 $\pm$ 22,33 <sup>a,b</sup> |
| ProTaper cone            | Lateral Condensation (G3) | 15 | 10,01 $\pm$ 7,25 <sup>A</sup>  | 24,51 $\pm$ 14,01 <sup>a</sup>   |
|                          | System B (G4)             | 15 | 19,44 $\pm$ 11,70 <sup>A</sup> | 49,90 $\pm$ 16,01 <sup>b</sup>   |

Values with the same superscript letter in each column were not statistically different.

Considering the area of the tubular penetration, all tested techniques and types of master cones presented statistically similar performance in the apical third. In the middle third, the obturations performed with PT cones presented the higher and the lower area of tubular penetration, respectively for the System B and Lateral condensation techniques, while the SC obturations presented similar penetration regardless the technique.

No significant difference was observed among the groups regarding the perimeter of tubular penetration, according to the thirds ( $p > 0.05$ ).

**Table 2** – The perimeter of tubular sealer penetration per third, mean and standard deviation values (percentage).

| Master gutta-percha cone | Obturation Technique      | n  | Apical Third                   | Middle Third                   |
|--------------------------|---------------------------|----|--------------------------------|--------------------------------|
|                          |                           |    | Mean $\pm$ SD                  | Mean $\pm$ SD                  |
| Standardized cone        | Lateral Condensation (G1) | 15 | 49,51 $\pm$ 20,58 <sup>A</sup> | 74,33 $\pm$ 13,27 <sup>a</sup> |
|                          | System B (G2)             | 15 | 41,11 $\pm$ 19,43 <sup>A</sup> | 62,74 $\pm$ 17,14 <sup>a</sup> |
| ProTaper cone            | Lateral Condensation (G3) | 15 | 49,27 $\pm$ 26,00 <sup>A</sup> | 72,49 $\pm$ 15,59 <sup>a</sup> |
|                          | System B (G4)             | 15 | 50,66 $\pm$ 16,44 <sup>A</sup> | 78,82 $\pm$ 8,34 <sup>a</sup>  |

Values with the same superscript letter in each column were not statistically different.

A significant difference was observed between the apical and middle third, in both area and perimeter of sealer penetration ( $p < 0.05$ ).

## 4 DISCUSSION

The sealer penetration into the dentinal tubules might be related to an increased mechanical retention, to a better antimicrobial activity of the root canal obturation and to the resistance to bacterial infiltration (De-Deus *et al.* 2012b, Özcan *et al.* 2011, Moradi *et al.* 2009, Ordinola-Zapata *et al.* 2009a). The depth of penetration is related to an extended antibacterial effect when the sealer is able to reach the logged microorganisms (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Nawal *et al.* 2011, Özcan *et al.* 2011); therewithal, filling in the dentinal tubules with sealer prevents that substrate coming from perriradicular tissues could maintain the remaining bacteria or cause a reinfection (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a, Moradi *et al.* 2009, Özcan *et al.* 2011).

The tubular penetration inside the root canal walls can be determined by two aspects: the total area of penetration of the sealer into the dentin and also by measuring the perimeter of the canal circumference in which there sealer is present regardless the depth of penetration. The present results showed no difference among the groups regarding the percentage of the perimeter in both apical and middle thirds, in accordance with Ozawa *et al.* (2009); however, considering the total area of sealer penetration, it was observed significant differences in the middle third among the tested obturation techniques.

Besides the antibacterial action, another important property is the fluidity of the sealer, which allows it to penetrate inside the irregularities, isthmuses and ramifications (Nawal *et al.*, 2011, Chandra *et al.* 2012). According to Özcan *et al.* (2011), the type of the sealer may be more important than the obturation technique for removing bacteria. In this study, it was used the endodontic sealer AH Plus, since it is currently the most widely studied and compared due to its physicochemical properties: a wide antimicrobial activity (Nawal *et al.* 2010), adequate radiopacity, fluidity and flowability, is easy to handle and have a good working and setting time.

The presence of smear layer might interfere in the sealer adhesion to the canal walls (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b), and also in the sealer penetration into the tubules (Ghoddusi *et al.* 2010). In previous microscopy studies, the use of 17% EDTA followed by sodium hypochlorite has proved to remove the smear layer, leaving the tubule openings free of debris (Patel *et al.* 2007, Tzanetakis *et al.* 2010). Thus, in

the present research the smear layer was removed prior to the obturations, because even a 5 µm thick smear layer could represent a gap between the filling material and the canal wall (Metzger *et al.* 2010). Nevertheless, there is no consensus among researchers if the removal of the smear layer affects or not the sealing ability of the obturation of the root canals.

One major advantage of the CSLM method is the ability to visualize beneath the surface of the specimen and the artifacts produced in the sectioning process section can be easily distinguished (Bouillaguet *et al.* 2004, Ordinola-Zapata *et al.* 2009a). However, in order to obtain a surface free of deformities and remnants, it was also performed in this study a metallographic preparation (From-God *et al.* 2006). Furthermore, the CSLM software allows the reconstruction of sections, providing a maximum projection image of the distribution of cement inside the dentin (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

The incorporation of rhodamine B dye to the endodontic sealer allows it to be visible with the CLSM. Ordinola-Zapata *et al.* (2009a) conducted a pilot study to verify the behavior of the sealer mixed with 0.1% dye Rhodamine B: no alterations were observed regarding to ADA specifications for fluidity and setting time of all samples. In 2006, D'Alpino *et al.* stated that the addition of a small amount of dye did not affect the physicochemical properties of resins, and also did not affect the pH and the conversion of monomers, nor even the strength values of the endodontic sealers.

Regarding the depth of penetration, it was observed that it was not equal along the canal diameter (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b). The sealer penetration in oval-shaped canals usually is greater in the buccal and lingual aspects, because the proximal dentin presents fewer tubules (Weis *et al.* 2004). Likewise, the apical dentin presents fewer and smaller tubules compared to the middle third (Neelakantan *et al.* 2012; Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Gharib *et al.* 2007). Accordingly, the present results showed a significant difference comparing the apical to the middle third: both the area and perimeter of sealer penetration were smaller in the apical third. Furthermore, it has also been demonstrated that not only the chelating solutions (Tuncer & Tuncer 2012), but also the obturation techniques are more effective in the coronal thirds (Chandra *et al.* 2012).

In the middle third slices it was observed that the association of PT cones was significantly more effective in the tubular penetration when associated to System B rather than LC. This may be explained by the PT cones adequate thermoplasticity

(Nascimento *et al.* 2010), but also by the LC procedures: the lateral forces used to compact the GP cones during the LC intend to improve their adaptation to the root canal, however, they are not so effective when the master cone present a greater taper, which leads to the premature fill of the coronal third, hindering the addition of accessory cones (Ozawa *et al.* 2009, Souza *et al.* 2009).

Considering the System B groups, the teeth obturated with standardized cones presented a smaller area of penetration in the apical third, compared to the ones obturated with PT cones. Although these groups were not statistically different, these results suggest that the continuous wave technique might be affected if the GP cone do not fits the apical preparation. The use of a GP cone fitting the taper of the preparation has been suggested as an important factor to obtain a sufficient amount of GP in the apical third during the warm vertical compaction (Weis *et al.* 2004, Gulsahi *et al.* 2007). Accordingly, in this study it was demonstrated that even using a thermoplastic technique, if the cone does not fit the preparation, there is no sufficient volume of GP to push the sealer inside the dentinal tubules.

## 5 CONCLUSION

Within the limitations of this *in vitro* study, it was observed that the oval-shaped canals obturated with the association of ProTaper master cone and System B technique resulted in the higher tubular penetration of the AH Plus endodontic sealer.

## 6 REFERENCES

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

Bouillaguet S, Wataha JC, Lockwood PE, Galgano C, Golay A, Krejci I (2004) Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *European Journal of Oral Sciences* **112**, 182-187.

Buchanan LS (1996) The continuous wave of obturation technique, 'centered' condensation of warm gutta percha in 12 seconds. *Dentistry Today* **15**, 60–62, 64-67.

Chandra SS, Shankar P, Indira R (2012) Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of Endodontics* **38**, 1412-1416.

D'Alpino PHP, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH (2006) Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. *The Journal of Adhesive Dentistry* **8**, 285-292.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012a) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846-849.

De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, Paciornik S, Fidel S (2012b) Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International Endodontic Journal* **45**, 642-651.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* **39**, 378–383.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Flores DSH, Rached-Junior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011) Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal* **44**, 126-135.

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG (2007) A confocal laser scanning microscope investigation of the Epiphany Obturation System. *Journal of Endodontics* **33**: 957-961.

Ghoddusi J, Dibaji F, Marandi S (2010) Correlation between sealer penetration and microleakage following the use of MTAD as a final irrigant. *Australian Endodontic Journal* **36**, 109-113.

Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M (2007) Comparison of the Area of Resin-based Sealer and Voids in Roots Obturated with Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics* **33**, 1338–1341.

Kok D, Duarte MAH, Rosa RA, Wagner MH, Pereira JR, Só MVR (2012). Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microscopy Research and Technique* **75**, 1277-1280.

Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin–based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M (2010) The Self-Adjusting File (SAF). Part 3: Removal of debris and smear layer—a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics* **36**, 697–702.

Moradi S, Ghoddusi J, Forghani M (2009) Evaluation of dentinal tubule penetration after the use of dentin bonding agent as a root canal sealer. *Journal of Endodontics* **35**, 1563-1566.

Nascimento CA, Tanomaru-Filho M, Bosso R, Kuga MC, Guerreiro-Tanomaru JM (2010) Thermoplasticity capacity of gutta-percha with different tapers. *Revista de Odontologia da UNESP* **39**, 351-354.

Nawal RR, Parande M, Sehgal R, Naik A, Rao NR (2011) A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow properties for Epiphany, Guttaflow and AH-Plus sealer. *International Endodontic Journal* **44**, 307–313.

Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G (2012) Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International Endodontic Journal* **45**, 1097-1102.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, Moraes IG, Debelian G (2009a) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 961-968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, Perochena AdC, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, Moraes IG (2009b) Depth and

percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 450-457.

Ozawa T, Taha N, Messer HH (2009) A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental Materials Journal* **28**, 290–294.

Özcan E, Eldeniz AU, Arı H (2011) Bacterial killing by several root filling materials and methods in an ex vivo infected root canal model. *International Endodontic Journal* **44**, 1102–1109.

Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal* **40**, 67–71.

Souza EM, Wu M-K, van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR (2009) Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *International Endodontic Journal* **42**, 719-726.

Tuncer AK, Tuncer S (2012). Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics* **38**, 860–863.

Tzanetakis GN, Kakavetsos VD, Kontakiotis EG (2010) Impact of smear layer on sealing property of root canal obturation using 3 different techniques and sealers. Part I. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **109**, e145-e153.

Weis MV, Parashos P, Messer HH (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal* **37**, 653–63.

Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B (2011) A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *International Endodontic Journal* **44**, 1041-1046.

Zhang W, Li Z, Peng B (2009) Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **107**, e79-e82.

**ARTIGO 3**

**DETERMINAÇÃO, EM PORCENTAGEM, DA QUANTIDADE DE GUTA-PERCHA, CIMENTO E ESPAÇOS VAZIOS EM OBTURAÇÕES DE CANAIS ACHATADOS.**

- 1 V. H. G. Hirai
- 2 V. P. D. Westphalen
- 2 E. Carneiro
- 2 L. F. Fariniuk
- 1 L. Piasecki
- 3 F. S. Grecca
- 2 U. X. Silva-Neto

1- Aluno de pós-graduação em Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

2- Professor de Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

3- Professora de Endodontia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Palavras chaves: Canais radiculares achatados, Cimento, Cones ProTaper, Obturação, System B

Autor correspondente: Professor Ulisses Xavier da Silva Neto

R: Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho

80215-901 Curitiba-PR Brasil

00 55 4132712548 / Fax 00 55 4132711405

ulix@terra.com.br

## RESUMO

**Objetivo:** Determinar, em porcentagem, a área de guta-percha, cimento e espaços vazios em obturações de canais achatados.

**Material e Métodos:** Sessenta incisivos inferiores foram preparados até o instrumento ProTaper F2, divididos aleatoriamente em 4 grupos, de acordo com a técnica de obturação e o tipo de cones de guta-percha (G1: cones standardizados + condensação lateral; G2: cones standardizados + System B; G3: cones ProTaper + condensação lateral; G4: cones ProTaper + System B). A microscopia confocal foi utilizada para a avaliação da área de guta-percha, cimento e espaços vazios aos níveis de 3 e 6 mm apicais. Os valores obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância e comparações múltiplas (Games-Howell)

**Resultados:** Ao nível de 3 mm do ápice radicular, os grupos apresentaram-se semelhantes entre si, para avaliação da área de guta-percha, cimento e espaços vazios. Para o nível de 6 mm, a área de guta-percha do grupo 3 apresentou a maior proporção de guta-percha, diferindo estatisticamente dos demais grupos, porém, apresentando a menor porcentagem de cimento, diferindo estatisticamente dos grupos obturados com a técnica do System B, tanto para cones standardizado, como para cones ProTaper ( $p < 0,05$ ). Quando comparou-se a área de espaços vazios ao nível de 6 mm apicais, o grupo 1 apresentou a maior área, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

**Conclusão:** O grupo cone standardizado/condensação lateral apresentou maior proporção de espaços vazios. A técnica da condensação lateral, para ambos os cones, apresentou a menor porcentagem de cimento e a maior de guta-percha.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do tratamento endodôntico é a obturação hermética e tridimensional do sistema de canais radiculares (Hirai *et al.* 2010). A gutapercha continua sendo o material de escolha, devido suas propriedades físico-químicas (Gulsahi *et al.* 2007). Os cimentos endodônticos são capazes de preencher imperfeições e aumentar a adaptação da gutapercha às paredes do canal radicular (Gulsahi *et al.* 2007). O máximo volume de gutapercha e uma fina camada de cimento são preferíveis porque o cimento pode contrair durante a presa e dissolver ao longo do tempo (Keçeci *et al.* 2005).

Muitas técnicas de obturação têm sido desenvolvidas na busca de uma completa obturação. A técnica da condensação lateral é utilizada como controle quando comparada com outras técnicas de obturação (De-Deus *et al.* 2006), pois é de fácil execução e é praticada e ensinada mundialmente (Souza *et al.* 2009, Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Kok *et al.* 2012).

Schilder, em 1960, introduziu a técnica de obturação da compactação vertical aquecida. Esta técnica foi modificada, em 1996, por Buchanan com a introdução do método da onda contínua. A vantagem desta técnica é que a gutapercha termo plastificada é mais adaptável às paredes do canal, podendo preencher pequenas irregularidades existentes nas paredes dos canais radiculares (Epley *et al.* 2006, Zhang *et al.* 2011).

A microscopia confocal de varredura a laser oferece várias vantagens quando comparadas a outras metodologias de avaliação de penetração e adaptação do material obturador às paredes do canal radicular (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b), tais como ausência de artefatos (Gharib *et al.* 2007, Tuncer & Tuncer 2012, Patel *et al.* 2007, Kok *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012b), é um processo não destrutivo (Gharib *et al.* 2007, De-Deus *et al.* 2012b) e não desidrata os dentes (Kok *et al.* 2012).

O objetivo deste estudo foi determinar, em porcentagem, a área de gutapercha, cimento e espaços vazios em obturações realizadas com dois cones de gutapercha de diferentes conicidades e duas técnicas de obturação, utilizando a microscopia confocal de varredura a laser para avaliação. A hipótese nula foi que não há diferença na porcentagem de área de gutapercha, cimento e espaços vazios entre diferentes cones e técnicas de obturação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Após aprovação junto ao CEP (5690), sessenta incisivos inferiores humanos obtidos junto ao Banco de Dentes da PUCPR, foram selecionados para esta pesquisa. Os dentes foram imediatamente armazenados em formol tamponado 10% e lavados em soro fisiológico no momento do uso. As raízes com curvatura, fissuras, cáries extensas, ápices abertos ou reabsorções foram excluídos.

Para serem incluídos nas amostras, radiografias no sentido vestibulo lingual e méso-distal foram realizadas para confirmar a presença de um único canal e para selecionar os dentes que apresentavam a proporção igual ou maior que 2,5:1 entre as dimensões vestibulo-lingual e méso-distal a 5 mm do ápice radicular (De-Deus *et al.* 2011, 2012, Alves *et al.* 2012).

### 2.1 Instrumentação e obturação dos canais

As coroas dentárias de todos os dentes foram removidas com disco diamantado, de modo que cada espécime foi padronizado com 14 mm de comprimento radicular.

Foi utilizado instrumento 15 K-Flexofile (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) para remover o tecido pulpar e determinar o comprimento real do canal introduzindo-o até que a ponta fosse visível no forame apical. A patência apical foi confirmada com a inserção de um instrumento 20 K-Flexofile através do forame apical antes e depois do preparo do canal radicular. O canal radicular foi instrumentado com instrumentos ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Todos espécimes foram modelados até o instrumento F2 a 1 mm aquém do comprimento real do canal. A cada troca de instrumento os canais radiculares foram irrigados com 3 mL de hipoclorito de sódio 2,5% (Asfer Industria Química, São Caetano do Sul, SP, Brasil).

Após a instrumentação, todos os canais radiculares foram lavados com 5 mL de NaOCl 2,5% seguido por 3 mL de EDTA 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda., Ibiporã, PR, Brasil), deixando agir por 3 minutos para remoção da smear layer. Para remover a solução de NaOCl e EDTA remanescentes, uma irrigação final foi realizada com 5 mL de solução salina e foram secos com cones de papel (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil).

As raízes com os canais preparados foram, então, divididas aleatoriamente, conforme trabalho realizado por Marciano *et al.* (2011a,b), em 4 grupos experimentais, de 15 raízes cada de acordo com o cone e a técnica obturadora empregada.

- **G1 (15):** cones standardizados + condensação lateral;
- **G2 (15):** cones standardizados + System B;
- **G3 (15):** cones ProTaper + condensação lateral;
- **G4 (15):** cones ProTaper + System B.

Após a seleção do cone principal, de acordo com o diâmetro cirúrgico determinado na instrumentação, efetuaram-se as manobras de obturação.

O cimento endodôntico utilizado para todos os grupos foi o cimento AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany), que foi manipulado em placa de vidro de acordo com as orientações do fabricante, acrescido com 0,1% de corante de radamina B (Vetec Química, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Os grupos 1 e 3 foram obturados pela técnica da condensação lateral, na qual se levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) ou cone ProTaper F2 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) no comprimento de trabalho.

A técnica da condensação lateral foi realizada com auxílio de um espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) no qual cones acessórios foram colocados lateralmente e compactados. O processo foi repetido até que os cones acessórios R 7 (Tanariman Industrial Ltda, Manacapuru, AM, Brasil) não pudessem mais ser inseridos no canal radicular.

Os grupos 2 e 4, foram obturados pela técnica da onda contínua de compactação, System B (EIE-Analytic Technology, Orange, CA, USA), na qual se levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 ou cone ProTaper F2 no comprimento de trabalho.

Previamente, foi selecionado um condutor/compactador (F 06) que não encontrasse resistência das paredes do canal, a um nível de 5 mm aquém do comprimento de trabalho. Ajustou-se o cursor do condutor/compactador nesta

medida e o aparelho à temperatura de 200°C na potência máxima. Com o acionamento, o condutor/compactador pré-aquecido foi direcionado no centro do cone de guta-percha, exercendo-se compressão em direção apical.

Posteriormente, os espécimes foram armazenados em estufa à 100% de umidade e 37° C durante 2 semanas, para garantir o endurecimento do cimento.

## **2.2 Preparo dos espécimes para análise em microscopia confocal por varredura a laser.**

Os espécimes foram seccionados transversalmente em uma cortadora de precisão (Minitom, Struers AS, Ballerup, Dinamarca), em velocidade de 200 rpm e refrigeração constante, utilizando-se disco de corte diamantado (102 mm X 0,3 mm X 12,7 mm - Extec, Enfield, EUA). As secções foram realizadas a 3 mm e 6 mm do ápice. A seguir realizou-se o preparo metalográfico para obter uma superfície livre de deformidades e sujidades.

As fatias foram analisadas em sua face cervical, em um microscópio confocal de varredura a laser Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão). Foi empregado como fonte de excitação o corante de rodamina B e laser com comprimento de onda de 559 nm. As imagens foram obtidas empregando-se objetiva com aumento de 10X. Para realizar a análise das imagens, as mesmas foram convertidas em formato digital TIFF e tamanho de 512 X 512 pixels.

## **2.3 Porcentagem de área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular.**

Para aferir a área de cada material e de espaços vazios da obturação endodôntica, utilizou-se o programa Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems, San Jose, Califórnia, Estados Unidos). Obteve-se inicialmente a área total do canal radicular (A), em pixels, utilizando a ferramenta magnetic lasso tool. Empregando a ferramenta poligonal lasso tool, foi estabelecida a medida da área de guta-percha (G) e espaços vazios (E), medida também em pixels. Somando-se a área de guta-percha (G) com a área de espaços vazios (E) e subtraindo este valor da área total do canal radicular (A), obteve-se a área de cimento (C).

Para determinar o percentual de área de cada componente, foi aplicada a seguinte fórmula:

$$\% \text{ área de guta-percha} = G/A * 100$$

$$\% \text{ área de cimento} = C/A * 100$$

$$\% \text{ área de espaços vazios} = E/A * 100$$

Onde:

A = área total do canal radicular;

G = área de guta-percha;

C = área de cimento;

E = área de espaços vazios;

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade, homogeneidade de variância e comparações múltiplas, utilizando o teste de Games-Howell. O nível de confiança utilizado foi de 95% ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS

As médias e o desvio padrão da porcentagem da área preenchida com gutapercha, cimento e espaços vazios, aos níveis de 3 e 6 mm, estão dispostos na tabela 1, 2 e 3 respectivamente.

Tabela 1: Área de gutapercha (%).

| Grupo                             | N  | Média ± dp (3 mm)          | Média ± dp (6 mm)          |
|-----------------------------------|----|----------------------------|----------------------------|
| Estandarizado/Condensação lateral | 15 | 67,30 ± 11,76 <sup>A</sup> | 62,85 ± 10,44 <sup>a</sup> |
| Estandarizado/System B            | 15 | 56,60 ± 8,91 <sup>A</sup>  | 54,10 ± 16,82 <sup>a</sup> |
| Protaper/Condensação lateral      | 15 | 65,79 ± 12,20 <sup>A</sup> | 77,15 ± 11,05 <sup>b</sup> |
| Protaper/System B                 | 15 | 62,77 ± 6,54 <sup>A</sup>  | 61,93 ± 11,76 <sup>a</sup> |

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

Os resultados demonstraram que para porcentagem de área de gutapercha, cimento e espaços vazios ao nível de 3 mm do ápice radicular, os grupos apresentaram-se semelhantes entre si, portanto sem diferença estatística.

Para o nível de seccionamento de 6 mm, a porcentagem de área de gutapercha o grupo com cone ProTaper com técnica de obturação condensação lateral apresentaram a maior proporção de cone de gutapercha, diferindo estatisticamente dos demais grupos (Tabela 1).

Pode-se observar também que não apresentou distinção dos resultados com a variação do nível de seccionamento (Tabela 1).

Tabela 2: Área de cimento (%).

| Grupo                             | N  | Média ± dp (3 mm)          | Média ± dp (6 mm)          |
|-----------------------------------|----|----------------------------|----------------------------|
| Estandarizado/Condensação lateral | 15 | 29,84 ± 11,33 <sup>A</sup> | 28,81 ± 7,18 <sup>ab</sup> |
| Estandarizado/System B            | 15 | 42,22 ± 11,22 <sup>A</sup> | 43,88 ± 16,30 <sup>a</sup> |
| Protaper/Condensação lateral      | 15 | 32,50 ± 11,89 <sup>A</sup> | 19,39 ± 10,45 <sup>b</sup> |
| Protaper/System B                 | 15 | 36,59 ± 6,71 <sup>A</sup>  | 36,50 ± 10,86 <sup>a</sup> |

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

Para a análise da porcentagem de cimento (Tabela 2), a utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas mostrou que todos os grupos comportaram estatisticamente iguais entre si, nos 3 mm apicais. Para os 6 mm

apicais, o grupo obturado com cones ProTaper com a técnica condensação lateral apresentou a menor porcentagem de cimento, diferindo estatisticamente dos grupos obturados com a técnica do System B, tanto para cones estandardizado, como para cones ProTaper ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3: Área de espaços vazios (%).

| Grupo                             | N  | Média $\pm$ dp (3 mm)        | Média $\pm$ dp (6 mm)        |
|-----------------------------------|----|------------------------------|------------------------------|
| Estandarizado/Condensação lateral | 15 | 1,62 $\pm$ 1,47 <sup>A</sup> | 4,53 $\pm$ 2,19 <sup>a</sup> |
| Estandarizado/System B            | 15 | 0,76 $\pm$ 0,68 <sup>A</sup> | 1,59 $\pm$ 1,58 <sup>b</sup> |
| Protaper/Condensação lateral      | 15 | 1,05 $\pm$ 0,86 <sup>A</sup> | 2,00 $\pm$ 1,78 <sup>b</sup> |
| Protaper/System B                 | 15 | 0,40 $\pm$ 0,28 <sup>A</sup> | 1,22 $\pm$ 1,22 <sup>b</sup> |

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Quando comparou-se a porcentagem de área de espaços vazios (Tabela 3) ao nível de 6 mm apicais, o grupo cone estandardizado obturado com condensação lateral apresentou a maior área, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

## 4 DISCUSSÃO

A hipótese nula do estudo foi rejeitada parcialmente, porque há diferença na porcentagem de área de guta-percha, cimento e espaços vazios entre diferentes cones e técnicas de obturação ao nível de 6 mm apicais. Entretanto, ao nível de 3 mm apicais, não houve diferença estatística entre os diferentes cones e técnicas de obturação.

O objetivo do estudo de porcentagem de guta-percha, cimento e espaços vazios estão no fato de muitos pesquisadores afirmarem que uma obturação ideal deveria apresentar o máximo volume de guta-percha e uma fina camada de cimento (Imagem 5, pág. 165) porque o cimento pode contrair durante o endurecimento ou sofrer dissolução ao longo do tempo, podendo causar infiltração (Keçeci *et al.* 2005, De-Deus *et al.* 2006, 2007, Gençoğlu *et al.* 2002, Ozawa *et al.* 2009, Epley *et al.* 2006, Gulsahi *et al.* 2007, Weis *et al.* 2004, Souza *et al.* 2009). A alta solubilidade de cimentos endodônticos é indesejável, pois a dissolução pode causar a liberação de materiais que poderiam irritar os tecidos periapicais e permitir a formação de lacunas entre parede dos canais e materiais de obturação aumentando a infiltração bacteriana ao longo do tempo (Flores *et al.*, 2011).

No presente estudo, foram utilizados incisivos inferiores por apresentarem canais achatados no sentido méso-distal, dificultando o saneamento, modelagem e consequentemente a obturação. Áreas podem permanecer intocadas pela ação mecânica dos instrumentos (Imagem 4, pág. 164 e Imagem 6, pág. 165) dificultando desta maneira a obturação (De-Deus *et al.* 2007). A instrumentação rotatória acentua esta característica, pois tende a criar um preparo circular no centro do canal radicular (Fornari *et al.* 2010, De-Deus *et al.* 2011a, Ozawa *et al.* 2009). Para minimizar este efeito, optou-se por utilizar instrumentos rotatórios ProTaper, que em virtude de seu desenho, sem guia radial, possibilita o movimento de pincelamento em todas as paredes do canal radicular, proporcionando uma melhor limpeza e modelagem. Utilizou-se os instrumentos Sx, S1 e S2 para esta finalidade e os instrumentos F1 e F2 para confeccionar o batente apical, de acordo com o trabalho realizado por De-Deus *et al.* (2011). Porém, Bürklein *et al.* (2012) estudando a capacidade de limpeza e modelagem de vários sistemas rotatórios, inclusive o

ProTaper, encontraram áreas intocadas pelos instrumentos em todos os terços do canal. Afirmaram ainda que a efetividade diminui do terço coronário para o apical.

Uma das principais vantagens da técnica da microscopia confocal é o alto contraste que identifica o cimento misturado ao corante. Não é necessário técnicas de preparos específicos, que podem causar artefatos (Gharib *et al.* 2007, Tuncer & Tuncer 2012, Patel *et al.* 2007, Kok *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012b) é um processo não destrutivo (Gharib *et al.* 2007, De-Deus *et al.* 2012b) e não desidrata os dentes (Kok *et al.* 2012), como ocorre na microscopia eletrônica. Além disso, o software confocal permite a reconstrução das seções, ficando uma imagem com a máxima projeção. Também reconstruções tridimensionais podem ser geradas com os dados digitais. (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a)

Na microscopia confocal a incorporação do corante rodamina B ao cimento é essencial para observação da área de cimento na obturação endodôntica. Ordinola-Zapata *et al.* (2009a) realizaram um estudo piloto para verificar o comportamento da mistura do cimento com 0,1% de corante Rodamina B. Não encontraram alteração, de acordo com as especificações ADA, na fluidez e tempo de presa de todas as amostras avaliadas. Em 2006, D'Alpino *et al.* afirmaram que adição de uma pequena quantidade de corante não alterou o pH, conversão de monômeros, ou valores de resistência a microtensão, comparados com os espécimes que não foi adicionado o corante e que o corante não alterou as propriedades físico-químicos das resinas, em baixa concentração.

Neste trabalho, observou-se que os grupos apresentaram-se semelhante entre si ao nível de 3 mm apicais, em concordância com vários trabalhos que analisaram a porcentagem de guta-percha (Keçeci *et al.* 2005, De-Deus *et al.* 2006, Gençoğlu *et al.* 2002, Marciano *et al.* 2011a), porcentagem de cimento (Keçeci *et al.* 2005, Marciano *et al.* 2011a, Weis *et al.* 2004) e porcentagem de espaços vazios (Keçeci *et al.* 2005, Marciano *et al.* 2011a, Weis *et al.* 2004), discordando com Epley *et al.* (2006) que encontraram diferença na área de espaços vazios com cones de guta-percha e cimento Roth sealer entre condensação lateral e System B ao nível de 3 mm. Nos demais níveis 1 e 5mm não apresentaram diferença. Esta diferença pode ser em decorrência do grupo dentário estudado (raízes palatina e distais de primeiro molar) e da metodologia de avaliação empregada (microscópio óptico 75,5x).

Para o nível de seccionamento de 6 mm, a porcentagem de área de guta-percha o grupo com cone ProTaper com técnica de obturação condensação lateral

apresentaram a maior proporção de cone de guta-percha, diferindo estatisticamente dos demais grupos. Em contrário está o trabalho de Marciano *et al.* (2011a) em que a condensação lateral apresentou menor proporção de guta-percha, diferindo estatisticamente do System B. Porém, neste caso a condensação lateral foi realizada com cones estandardizados e a técnica System B com cones ProTaper.

A porcentagem de área de cimento ao nível de 6 mm apicais, o grupo cone estandardizado obturado com System B apresentou a maior área de cimento, diferindo estatisticamente do grupo cone ProTaper / condensação lateral que apresentou a menor área de cimento. Compartilhando com os mesmos resultados de Keçeci *et al.* (2005), mas em desacordo com os trabalhos de Marciano *et al.* (2011a) e De-Deus *et al.* (2007), provavelmente em virtude da metodologia empregada.

Quando se comparou a porcentagem de área de espaços vazios ao nível de 6 mm apicais, o grupo cone estandardizado obturado com condensação lateral apresentou a maior área, diferindo estatisticamente dos demais grupos. Em concorde com o trabalho de De-Deus *et al.* (2007), Marciano *et al.* (2011a).

Neste estudo, observou-se que diferentemente de outros trabalhos (De-Deus *et al.* 2006, Gençoğlu *et al.* 2002) que apontam uma porcentagem de guta-percha maior que 80%, a porcentagem de guta-percha se situou na faixa dos 60% (Tabela 1). Este resultado pode ser atribuído ao grupo dentário estudado, pois obturações de canais achatados dependem em grande parte do cimento (Ozawa *et al.* 2009) (Imagem 3 e 4, pág. 164) e devido aos cortes transversais, pois apenas um ou um pequeno número de secções pode ser observado e avaliado. Este é provavelmente a causa de grandes divergências nos resultados de estudos semelhantes (Moradi *et al.* 2009).

## **5 CONCLUSÃO**

Considerando as condições experimentais e os resultados observados, pode-se concluir que o grupo formado pelo cone estandardizado obturado com a técnica da condensação lateral apresentou maior proporção de espaços vazios na obturação. A técnica de obturação da condensação lateral, para ambos os cones, apresentou a menor porcentagem de cimento e a maior de guta-percha.

## 6 REFERÊNCIAS:

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

Buchanan LS (1996) The continuous wave of obturation technique, 'centered' condensation of warm gutta percha in 12 seconds. *Dentistry Today* **15**, 60–62, 64–67.

Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E (2012) Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal* **45**, 449–461.

D'Alpino PHP, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH (2006) Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. *The Journal of Adhesive Dentistry* **8**, 285–292.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012a) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846–849.

De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, Paciornik S, Fidel S (2012b) Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International Endodontic Journal* **45**, 642–651.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* **39**, 378–83.

De-Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado AC, Coutinho-Filho T (2007) Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Australian Endodontic Journal* **33**, 55–61.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011a) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Epley SR, Fleischman J, Hartwell G, Cicalese C (2006) Completeness of root canal obturations: epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics* **32**, 541–544.

Flores DSH, Rached-Junior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011) Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal* **44**, 126–135.

Fornari VJ, Silva-Sousa YTC, Vanni JR, Pécora JD, Versiani MA, Sousa-Neto MD (2010) Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *International Endodontic Journal* **43**, 988-994.

Gençoğlu N, Garip Y, Baş M, Samani S (2002) Comparison of different gutta-percha root filling techniques: thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **93**, 333–336.

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG (2007) A confocal laser scanning microscope investigation of the Epiphany Obturation System. *Journal of Endodontics* **33**: 957-961.

Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M (2007) Comparison of the Area of Resin-based Sealer and Voids in Roots Obturated with Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics* **33**, 1338–1341.

Hirai VHG, Silva-Neto UX, Westphalen VPD, Perin CP, Carneiro E, Fariniuk LF (2010) Comparative analysis of leakage in root canal fillings performed with gutta-percha and Resilon cones with AH Plus and Epiphany sealers. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **109**, e131-e135.

Keçeci AD, Çelik Ünal G, Şen BH (2005) Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation technique following manual or rotary instrumentation. *International Endodontic Journal* **38**, 381–8.

Kok D, Duarte MAH, Rosa RA, Wagner MH, Pereira JR, Só MVR (2012). Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microscopy Research and Technique* **75**, 1277-1280.

Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, Moraes IG, Debelian G (2009a) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 961-968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, Perochena AdC, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, Moraes IG (2009b) Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal

obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 450-457.

Ozawa T, Taha N, Messer HH (2009) A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental Materials Journal* **28**, 290–294.

Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal* **40**, 67–71.

Souza EM, Wu M-K, Van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR (2009) Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *International Endodontic Journal* **42**, 719-726.

Tuncer AK, Tuncer S (2012). Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics* **38**, 860–863.

Weis MV, Parashos P, Messer HH (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal* **37**, 653–63.

Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B (2011) A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *International Endodontic Journal* **44**, 1041-1046.

## **THE PERCENTAGE OF GUTTA-PERCHA-FILLED AREA IN OVAL-SHAPED CANALS USING DIFFERENT CONES AND OBTURATION TECHNIQUES**

V. H. G. Hirai \*

V.P.D. Westphalen \*

E. Carneiro \*

L.F. Fariniuk \*

L. Piasecki \*

F.S. Grecca \*\*

U.X. Silva Neto \*

\* Department of Endodontics, PUCPR, Curitiba, Brazil

\*\* Department of Endodontics, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

Keywords: Confocal laser scanning microscopy, Obturation, Oval-shaped root canals, ProTaper, System B

Ulisses Xavier da Silva Neto

Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho

80215-901 Curitiba-PR Brazil

00 55 4132712548 / Fax 00 55 4132711405

ulix@terra.com.br

## ABSTRACT

**Aim** To assess the percentage of the gutta-percha filled area, as well as the sealer and voids, in the oval-shaped canals obturations performed with AH Plus and with lateral condensation (LC) and System B, using standardized or ProTaper gutta-percha cones.

**Methodology** Sixty-four mandibular incisors with a single root canal were prepared with rotary ProTaper instruments up to F2 and divided into four groups: G1 (LC with a standardized master cone), G2 (System B and standardized master cone), G3 (LC with a ProTaper F2 cone) and G4 (System B and ProTaper F2 cone). AH Plus sealer was used in all obturations and teeth were stored at 37°C in 100% relative humidity for a period of 14 days. The percentage of the dentinal tubule penetration in the middle and apical transverse sections was assessed using a confocal laser scanning microscopy (CLSM). Statistical analysis was performed using parametric tests (one-way ANOVA, Tukey and Games-Howell).

**Results** There was no difference among the groups in the percentage areas of gutta-percha, sealer and voids, in the apical third slices ( $p > 0.05$ ). In the middle third, G3 presented the higher mean of gutta-percha ( $77,15 \pm 11,05$ ) and the lower mean of sealer ( $19,39 \pm 10,45$ ), being statistically different from the System B groups ( $p < 0.05$ ). The G1 presented the higher percentage of voids, significantly different from the other groups ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion** The combination of standardized cones and lateral condensation showed the higher percentage of voids. The lateral condensation technique presented the higher percentage of gutta-percha and the lower percentage of sealer, regardless the type of master cone.

## 1 INTRODUCTION

One of the goals of the endodontic treatment is the three-dimensional hermetic sealing of the root canal system (Hirai *et al.* 2010). The association of gutta-percha (GP) and sealer remains the preferred choice, due to the GP physicochemical properties and the capacity of the sealer to penetrate to fill in all the anatomical irregularities, improving the adaptation of the GP obturation (Gulsahi *et al.* 2007). Although, the endodontic sealers are not dimensionally stable and partial dissolution may occur over time, resulting in lower resistance to infiltration (Gulsahi *et al.* 2007, Keçeci *et al.* 2005). Therefore, it is recommended that ideally, the obturation should consist mainly of GP, with only a thin layer of sealer, evenly distributed around the GP mass (De-Deus *et al.* 2007).

Various obturation techniques have been proposed aiming the optimal sealing. The Lateral Condensation (LC) is a worldwide taught and used technique, which has been used as the control when other obturation techniques are tested (De-Deus *et al.* 2006, Souza *et al.* 2009, Ordinola-Zapata *et al.* 2009b, Kok *et al.* 2012). Schilder proposed in 1960 the warm vertical compaction technique, which was later modified (Buchanan 1996) with the introduction of the continuous wave. The advantage of this technique is that the plasticized GP more easily adapts to the canal walls, consequently providing a better filling of the root canal system (Epley *et al.* 2006, Zhang *et al.* 2011).

The Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM) is a reliable method to determine the adaptation of the root canal obturation (Ordinola-Zapata *et al.* 2009b), and presents some advantages compared to the other methodologies, such as the absence of artifacts (Gharib *et al.* 2007, Tuncer & Tuncer 2012, Patel *et al.* 2007, Kok *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012b), is a non-destructive process (Gharib *et al.* 2007, De-Deus *et al.* 2012b) and does not dehydrate the teeth (Kok *et al.* 2012).

The aim of this *in vitro* study was to determine, using the CLSM, the percentage of the GP, sealer and voids area in the obturations of oval-shaped root canals obturated with different types of GP master cones associated to either to LC or System B obturation technique.

## 2 MATERIALS AND METHODS

Sixty-four extracted human mandibular incisors with a single and oval-shaped root canal were selected for this study after local ethical committee approval (# 5690/11, PUCPR, Curitiba, Brazil). The teeth were stored in 0,1% thymol solution and washed in saline solution at the time of use. Roots with curvatures, cracks, caries, immature apices, resorptive defects or previous endodontic treatment were excluded. To be included in this study, the teeth were radiographed in both mesio-distal (MD) and bucco-lingual (BL) directions, to verify the presence of a single straight canal, with at least a 2,5:1 proportion between BL and MD dimensions in the canal, 5mm short to the apex (De-Deus *et al.* 2011, 2012, Alves *et al.* 2012).

## **2.1 Root canal preparation and filling**

The dental crowns were removed with a diamond disk to obtain all the roots with standardized length (14 mm). A size 15 stainless steel K-file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) was inserted into the root canal until the tip of the instrument was first visible at the apical foramen and deducted 1mm to obtain the working length (WL). Apical patency was confirmed by inserting a 20 K-Flexofile instrument into the apical foramen before and after root canal preparation. The root canals were instrumented with the crown-down technique, using rotary ProTaper instruments (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), up to a size F2 at the WL.

During the shaping procedures, root canals were irrigated with 2,5% NaOCl. After the preparation, 3mL of 17% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) was used for irrigation and left inside the canal for 3 minutes; then, 5mL of saline was used for final irrigation and root canals were dried with paper points (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, Brazil).

The prepared roots were then randomly divided into 4 experimental groups of 15 roots each, according to the master gutta-percha cone and the obturation technique:

- G1 - standardized master cone (size 30, .02 taper) and lateral condensation
- G2 - standardized master cone (size 30, .02 taper) and System B
- G3 - ProTaper F2 cone and lateral condensation
- G4 - ProTaper F2 cone and System B

The AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany) sealer was prepared according to the manufacturer's instructions and mixed with 0,1% rhodamine B, and then it was placed into the root canals with a Lentulo Spiral #1. The selected master cone was introduced up to the WL, either the standardized #30 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) or the ProTaper (PT) F2 cone (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil), and then all the root canals were filled according to the obturation technique. In the groups G1 and G3 it was performed a lateral compaction technique with accessory FF gutta-percha cones with the aid of a B finger spreader (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The root canals of groups G2 and G4 were filled by the Sistem B technique after previous selection of an adequate condenser that fit 5mm short to the WL. After the obturations, all the specimens were stored at 37°C in 100% relative humidity for a period of 14 days.

## **2.2 Confocal laser scanning microscopy (CLSM)**

Each specimen was horizontally sectioned at 3 and 6 mm from the apex using a low-speed saw at 200 rpm (Minitom, Struers AS, Ballerup, Denmark), using a diamond disc (102 mm X 0,3 mm X 12,7 mm - Exttec, Enfield, EUA). The slices were made at 3mm and 6mm short to the apex. It was performed a metallographic preparation to obtain a surface free from irregularities and remnants.

The coronal surface of each slice was examined under CLSM Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Tokio, Japan). The respective absorption and emission wavelengths for rhodamine B were 540 and 590 nm. The samples were analyzed using the X10 lens and recorded in a format of 512 X 512 pixels by using the software FV10 - ASW 3.1 Viewer (Olympus Corporation, Tokio, Japan).

### **2.3 Percentage of the gutta-percha-filled, sealer and voids area**

Using the software Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems, San Jose, CA, USA), it was determined the total area (pixels) of the root canal using the magnetic lasso tool (A). Then, with the polygonal lasso tool, it was determined the gutta-percha area (G) and voids area (V). The sealer area (S) was obtained subtracting from the root canal area, the sum of the gutta-percha and voids areas, ie,  $S = A - (G+V)$ . The proportion of each area, in percentage, was obtained considering the root canal total area.

Data was statistically analyzed using ANOVA and Games-Howell's tests, with the significance level set at  $p=0.05$ .

### 3 RESULTS

The Table 1 presents the mean and standard deviation values of the percentage of the gutta-percha, sealer and voids area per third for each tested group. No significant difference was observed among the groups in the apical third ( $p>0.05$ ).

**Table 1** – The percentage (mean and standard deviation values) of the gutta-percha filled, sealer and voids area, per third.

|               |                                          | Apical Third                      |                                |                              | Middle Third                      |                                |                              |
|---------------|------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|               |                                          | Gutta-percha (%)<br>Mean $\pm$ SD | Sealer (%)<br>Mean $\pm$ SD    | Voids (%)<br>Mean $\pm$ SD   | Gutta-percha (%)<br>Mean $\pm$ SD | Sealer (%)<br>Mean $\pm$ SD    | Voids (%)<br>Mean $\pm$ SD   |
| Groups (n=15) |                                          |                                   |                                |                              |                                   |                                |                              |
| G1            | Standardized cone / Lateral Condensation | 67,30 $\pm$ 11,76 <sup>A</sup>    | 29,84 $\pm$ 11,33 <sup>A</sup> | 1,62 $\pm$ 1,47 <sup>A</sup> | 62,85 $\pm$ 10,44 <sup>a</sup>    | 28,81 $\pm$ 7,18 <sup>ab</sup> | 4,53 $\pm$ 2,19 <sup>a</sup> |
| G2            | Standardized cone / System B             | 56,60 $\pm$ 8,91 <sup>A</sup>     | 42,22 $\pm$ 11,22 <sup>A</sup> | 0,76 $\pm$ 0,68 <sup>A</sup> | 54,10 $\pm$ 16,82 <sup>a</sup>    | 43,88 $\pm$ 16,30 <sup>a</sup> | 1,59 $\pm$ 1,58 <sup>b</sup> |
| G3            | ProTaper cone / Lateral Condensation     | 65,79 $\pm$ 12,20 <sup>A</sup>    | 32,50 $\pm$ 11,89 <sup>A</sup> | 1,05 $\pm$ 0,86 <sup>A</sup> | 77,15 $\pm$ 11,05 <sup>b</sup>    | 19,39 $\pm$ 10,45 <sup>b</sup> | 2,00 $\pm$ 1,78 <sup>b</sup> |
| G4            | ProTaper cone / System B                 | 62,77 $\pm$ 6,54 <sup>A</sup>     | 36,59 $\pm$ 6,71 <sup>A</sup>  | 0,40 $\pm$ 0,28 <sup>A</sup> | 61,93 $\pm$ 11,76 <sup>a</sup>    | 36,50 $\pm$ 10,86 <sup>a</sup> | 1,22 $\pm$ 1,22 <sup>b</sup> |

Values with the same superscript letter in each column were not statistically different.

Considering the middle third, it was observed the higher percentage of gutta-percha-filled area for the ProTaper (PT) cone with LC group (G3), with significant difference from the other tested groups ( $p<0.05$ ). The G3 also presented the lower percentage of sealer area, being statistically different from the groups obturated with System B technique (G2 and G4).

The association of standardized cones and LC presented the higher percentage of voids, significantly different from the other groups ( $p<0.05$ ).

## 4 DISCUSSION

Ideally, the endodontic filling should present the greater amount of GP, because the sealer could present shrinkage or dissolution over time, leading to voids and gaps between the canal walls and the obturation, decreasing the apical sealing (Keçeci *et al.* 2005, De-Deus *et al.* 2006, 2007, Gençoğlu *et al.* 2002, Ozawa *et al.* 2009, Epley *et al.* 2006, Gulsahi *et al.* 2007, Weis *et al.* 2004, Souza *et al.* 2009); thus, the study of the proportion areas of GP and sealer intends to assess the amount of each material provided for the different types of obturations techniques.

After endodontic preparation, the oval-shaped canal teeth frequently present non-instrumented walls, mostly in the buccal and lingual areas (Ribeiro *et al.* 2013), and the remaining tissues hinder their adequate filling (De-Deus *et al.* 2012). Such event is emphasized when an oval-shaped canal is prepared by rotary instrumentation, because mechanized instruments tend to create a circular shape in the main diameter of the root canal (Fornari *et al.* 2010, De-Deus *et al.* 2011, Ozawa *et al.* 2009). Intending to overcome this, in the present study, the preparation was performed with instruments that do not present the radial land and can be used to brush the canal walls (De-Deus *et al.* 2011), although, according to Bürklein *et al.* (2012), the ProTaper instruments might also leave untouched areas inside the canals.

The incorporation of rhodamine B dye to the endodontic sealer allows it to be visible with the CLSM. Ordinola-Zapata *et al.* (2009a) conducted a pilot study to verify the behavior of the sealer mixed with 0.1% dye Rhodamine B: no alterations were observed regarding to ADA specifications for fluidity and setting time of all samples. In 2006, D'Alpino *et al.* stated that the addition of a small amount of dye did not affect the physicochemical properties of resins, and also did not affect the pH and the conversion of monomers, nor even the strength values of the endodontic sealers.

The CLSM enables a high contrast between the sealer, mixed with dye, and the other elements; in addition, this methodology is non-destructive, does not cause artifacts and does not dehydrate the specimens (Gharib *et al.* 2007, Tuncer & Tuncer 2012, Patel *et al.* 2007, Kok *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2012b). Furthermore, the software allows the reconstruction of the sections, resulting in an image with maximum projection, and also a three-dimensional reconstruction can be generated from the digital data (Ordinola-Zapata *et al.* 2009a).

The present results showed no difference among the groups in the proportion of GP, sealer and voids, in the apical third (3mm slices) corroborating previous researches (Weis *et al.* 2004, Keçeci *et al.* 2005, De-Deus *et al.* 2006, Gençoğlu *et al.* 2002, Marciano *et al.* 2011a). In the other hand, the study of Epley *et al.* (2006), found difference in the percentage of voids, GP and Roth sealer provided by the LC and System B obturation techniques; however, the authors used a different methodology (optical microscopy) and different teeth (palatal and distal canals of molars).

Marciano *et al.* (2011a) found a higher percentage of GP in the 6mm slices of teeth obturated with the System B and PT cones compared to standardized cones and LC technique. Differently, in the present study, the LC technique performed with PT master cones provided the higher percentage of gutta-percha-filled area in the middle third, with significant difference from the other tested groups ( $p < 0.05$ ).

Considering the area of the sealer, the group obturated with standardized cones and System B presented the higher mean, whilst the combination of PT cones and LC provided the smaller percentage of sealer; these results are in accordance with Keçeci *et al.* (2005) and in disagreement with Marciano *et al.* (2011a) e De-Deus *et al.* (2007), probably related to the methodology. The voids area in the 6mm slices was significant higher for the LC with standardized cone, as previously related by De-Deus *et al.* (2007) and Marciano *et al.* (2011a).

Notwithstanding, in this study, the GP percentage was in the range of 60%, while previous authors reported 80% (De-Deus *et al.* 2006, Gençoğlu *et al.* 2002). This difference might be correlated to the dental group studied: in oval-shaped canals, is expected that the sealer fills in the root canal irregularities (Ozawa *et al.* 2009). Furthermore, due to the transversal sectioning, only a few number of slices can be evaluated, which also explain the divergent results of similar studies (Moradi *et al.* 2009).

## 5 CONCLUSION

Within the limitations of this *in vitro* study, it was observed that the oval-shaped canals obturated with the association of standardized cones and lateral condensation showed the higher percentage of voids. The lateral condensation technique presented the higher percentage of gutta-percha and the lower percentage of sealer, regardless the type of master cone.

## 6 REFERENCES

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

Buchanan LS (1996) The continuous wave of obturation technique, ‘centered’ condensation of warm gutta percha in 12 seconds. *Dentistry Today* **15**, 60–62, 64–67.

Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E (2012) Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal* **45**, 449–461.

D’Alpino PHP, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH (2006) Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. *The Journal of Adhesive Dentistry* **8**, 285–292.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012a) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846–849.

De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, Paciornik S, Fidel S (2012b) Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International Endodontic Journal* **45**, 642–651.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* **39**, 378–83.

De-Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado AC, Coutinho-Filho T (2007) Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Australian Endodontic Journal* **33**, 55–61.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011a) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Epley SR, Fleischman J, Hartwell G, Cicalese C (2006) Completeness of root canal obturations: epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics* **32**, 541–544.

Flores DSH, Rached-Junior FJA, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011) Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal* **44**, 126-135.

Fornari VJ, Silva-Sousa YTC, Vanni JR, Pécora JD, Versiani MA, Sousa-Neto MD (2010) Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *International Endodontic Journal* **43**, 988-994.

Gençoğlu N, Garip Y, Baş M, Samani S (2002) Comparison of different gutta-percha root filling techniques: thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **93**, 333–336.

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG (2007) A confocal laser scanning microscope investigation of the Epiphany Obturation System. *Journal of Endodontics* **33**: 957-961.

Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M (2007) Comparison of the Area of Resin-based Sealer and Voids in Roots Obturated with Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics* **33**, 1338–1341.

Hirai VHG, Silva-Neto UX, Westphalen VPD, Perin CP, Carneiro E, Fariniuk LF (2010) Comparative analysis of leakage in root canal fillings performed with gutta-percha and Resilon cones with AH Plus and Epiphany sealers. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **109**, e131-e135.

Keçeci AD, Çelik Ünal G, Şen BH (2005) Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation technique following manual or rotary instrumentation. *International Endodontic Journal* **38**, 381–8.

Kok D, Duarte MAH, Rosa RA, Wagner MH, Pereira JR, Só MVR (2012). Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microscopy Research and Technique* **75**, 1277-1280.

Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin–based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, Moraes IG, Debelian G (2009a) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 961-968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, Perochena AdC, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, Moraes IG (2009b) Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning

microscopy study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontics* **108**, 450-457.

Ozawa T, Taha N, Messer HH (2009) A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental Materials Journal* **28**, 290–294.

Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal* **40**, 67–71.

Souza EM, Wu M-K, Van der Sluis LW, Leonardo RT, Bonetti-Filho I, Wesselink PR (2009) Effect of filling technique and root canal area on the percentage of gutta-percha in laterally compacted root fillings. *International Endodontic Journal* **42**, 719-726.

Tuncer AK, Tuncer S (2012). Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics* **38**, 860–863.

Weis MV, Parashos P, Messer HH (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal* **37**, 653–63.

Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B (2011) A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *International Endodontic Journal* **44**, 1041-1046.

## APÊNDICES

## 1 Materiais utilizados

**1.1** Cimento AH Plus® - (Dentsply DeTrey, Kontanz, Alemanha). Apresenta embalagem composta por duas bisnagas contendo uma pasta base e uma catalisadora. A sua fórmula apresenta a seguinte composição química:

**1.1.1 Pasta Epóxi:** resinas epóxicas, tungstato de cálcio, óxido de zircônio, sílica, pigmentos de óxido de ferro.

**1.1.2 Pasta Amina:** aminas, tungstato de cálcio, óxido de zircônio, sílica, óleo de silicone.

Foram proporcionadas quantidades iguais de pasta base e catalisadora sobre uma placa de vidro. As pastas foram manipuladas e espatuladas com auxílio de uma espátula nº 24, até se obter uma pasta homogênea.

**1.2** Cones de guta-percha ProTaper F2 (Dentsply – Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil)

**1.3** Cones de guta-percha nº 30 (Dentsply – Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil).

**1.4** Disco diamantado dupla face (KG Sorensen Ind. E Com. Ltda., Barueri, Brasil).

**1.5** Limas tipo K 1º série (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

**1.8** Hipoclorito de sódio 2,5% (Cinco Produtos Químicos e Farmacêuticos Ltda., Colombo Brasil).

**1.9** EDTA 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda., Ibioporã, Brasil).

**1.10** Esmalte para unhas (Colorama Ceil Coml. Exp Ind. Ltda., São Paulo Brasil).

**1.11** Cones de papel absorvente (Dentsply Ind. e com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil).

**1.12** Espiral Lentulo nº 1 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

**1.13** Cilindro de oxigênio (White Martins, São Paulo, Brasil).

**1.14** Câmara de pressão (Millipore Corporation, Bedford, Massachussets, USA).

**1.15** Sistema capilar de polietileno (CPL Medical's Produtos Médicos Ltda., São Paulo, Brasil).

**1.16** Capilar de vidro Drummond Microcaps (Fischer Scientific Company, Pittsburgh, USA).

**1.17** Micro-seringa com êmbolo de pressão (BD Cornwall, New York, USA).

**1.18** Agulha descartável 20 x 40 gauge 18 (BD Indústrias Cirúrgica Ltda., Curitiba, Brasil).

**1.19** Adesivo instantâneo Super Bonder (Loctite Henkel Ltda., Itapevi, Brasil).

**1.20** Corante de Rhodamina B (Vetec Química, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

**1.21** Instrumentos ProTaper (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

**1.22** Microscópio confocal de varredura a laser Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão).

**1.23** System B (EIE-Analytic Technology, Orange, CA, USA).

**1.24** Espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

**1.25** Cortadora de precisão (Minitom, Struers AS, Ballerup, Dinamarca).

**1.26** Disco de corte diamantado (102 mm X 0,3 mm X 12,7 mm - Extec, Enfield, EUA).

**1.27** Programa Adobe Photoshop CS6.

**1.28** Programa Digital Image Tool v3.

**1.29** Computador Accer Aspire 5630.

**1.30** Cones acessórios de guta-percha R 7 (Tanariman Industrial LTDA, Manacapuru, AM, Brasil).

**1.31** Broca espiral Lentulo n. 1 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça).

**1.32** Condensadores de Shilder duplos 1/2 (OdousDeDeus, Belo Horizonte, MG, Brasil)

## 2 Métodos

Visando a padronização dos espécimes, foram utilizados 64 (sessenta e quatro) dentes incisivos inferiores humanos unirradiculados, com canais únicos e retos, obtidos junto ao banco de dentes da PUCPR (critérios de inclusão).

Dentes com canais calcificados, com tratamento endodôntico prévio, com obstruções no interior do canal radicular, com reabsorções, que apresentassem mais de um canal e com presença de curvaturas, não foram utilizados (critérios de exclusão).

Radiografias no sentido vestibulo-lingual e méso-distal foram realizadas para confirmar a presença de um único canal e para selecionar os dentes que apresentavam a proporção igual ou maior que 2,5:1 entre as dimensões vestibulo lingual e méso-distal a 5 mm do ápice radicular (De-Deus *et al.* 2011a, 2012a, Alves *et al.* 2012).

Posteriormente, os dentes foram imersos em um frasco contendo hipoclorito de sódio 2,5% por 24 horas para a desinfecção dos mesmos. Os tecidos moles e cálculos aderidos à superfície radicular foram eliminados com auxílio de curetas periodontais. Os dentes foram lavados em água corrente para remoção da solução de hipoclorito de sódio e mantidos em solução de formol tamponado 10% até o momento da utilização.

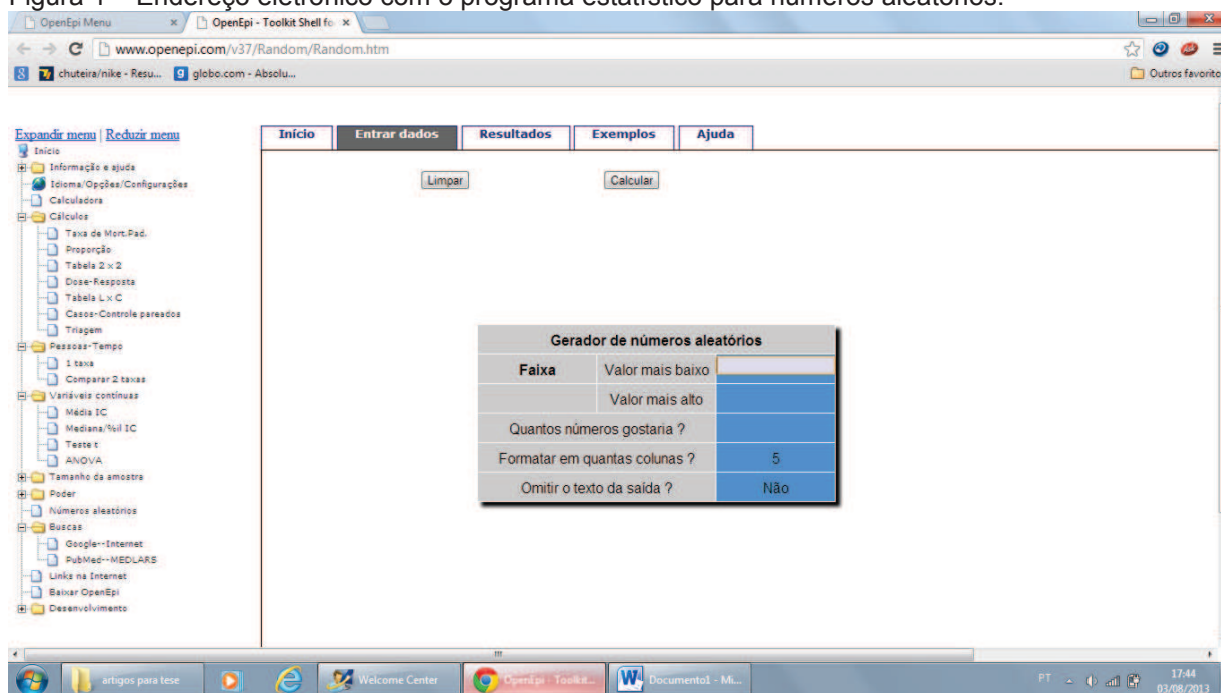
O comprimento dos espécimes foi padronizado em 14 mm, no qual suas coroas foram seccionadas utilizando-se disco diamantado dupla-face em baixa rotação. O canal radicular foi localizado por meio de um instrumento tipo K #15 e, então, o comprimento real da raiz foi determinado. Os forames apicais foram padronizados com instrumentos manuais tipo K #20. Quando o diâmetro do forame apical apresentou-se maior que o instrumento tipo K #20, o dente foi descartado. Foi realizado o preparo do canal radicular utilizando os instrumentos ProTaper. O término apical ou stop apical foi produzido com instrumento ProTaper F2. Cada instrumento foi utilizado por 10 vezes, ou seja em 10 espécimes. Ao final, o instrumento tipo K #20 foi introduzido no comprimento real da raiz para remoção das raspas de dentina oriundas do preparo biomecânico, promovendo assim, a limpeza do forame apical.

A irrigação do canal radicular foi realizada com 3 mL de hipoclorito de sódio 2,5% a cada troca de instrumento e irrigação final com 5 mL de hipoclorito de sódio 2,5%, 3 mL de EDTA 17%, deixando agir por 3 minutos e 5 mL de solução salina para remoção das soluções irrigadoras remanescentes utilizadas anteriormente a esta.

Após a instrumentação e irrigação final, os canais foram secos por meio de pontas de papel absorvente nº30 (Dentsply Ind. e com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil) e, então, a impermeabilização da superfície radicular externa com 2 camadas de esmalte para unhas (Colorama Ceil Coml. Exp Ind. Ltda., São Paulo Brasil) foi executada, exceto a 1 mm da região do forame apical.

A separação aleatória dos dentes foi realizada a seguir, em 04 grupos de 15 dentes, conforme trabalho de Marciano *et al.* (2011a,b), por meio de programa estatístico hospedado em site na internet com o seguinte endereço eletrônico <http://www.openepi.com>. Nesta página clicou-se no ícone “Números aleatórios” o qual abriu uma nova janela <http://www.openepi.com/v37/Random/Random.htm> (Figura 1).

Figura 1 – Endereço eletrônico com o programa estatístico para números aleatórios.



Nesta nova página clicou-se em “Entrar dados” e abriu um quadro “Gerador de números aleatórios”. No item “valor mais baixo”, informou-se o início da amostra,

ou seja, o número 01. No item “valor mais alto”, informou-se o término da amostra, preenchido com o número 60. Em “Quantos números gostaria?”, preencheu-se com o número de amostras, 60 neste caso e em “formatar em quantas colunas?”, informou-se o número de grupos que será estudado, no caso o número 4. Após o preenchimento, clicou-se em “Calcular” (Figura 2).

Figura 2 – Quadro “Gerador de números aleatórios” preenchido.

Figura 3 – Resultado da aleatorização da amostra.

| 60 Números aleatorios a partir de 1 até 60 |    |    |    |
|--------------------------------------------|----|----|----|
| Gerados pelo programa OpenEpi              |    |    |    |
| www.openepi.com                            |    |    |    |
| 55                                         | 6  | 2  | 46 |
| 5                                          | 7  | 43 | 34 |
| 28                                         | 49 | 51 | 2  |
| 12                                         | 4  | 55 | 31 |
| 57                                         | 42 | 37 | 11 |
| 57                                         | 46 | 4  | 20 |
| 44                                         | 1  | 7  | 37 |
| 28                                         | 21 | 14 | 46 |
| 15                                         | 52 | 34 | 3  |
| 52                                         | 44 | 40 | 49 |
| 54                                         | 7  | 53 | 7  |
| 53                                         | 18 | 23 | 6  |
| 16                                         | 15 | 37 | 25 |
| 15                                         | 35 | 58 | 28 |
| 35                                         | 42 | 49 | 45 |

Imprimir os números a partir do menu do navegador ou copiá-los e colá-los a um procesador de texto, Excel e outros programas.

O resultado apareceu em uma nova janela (Figura 3). Pode-se observar que formou quatro colunas com 15 números cada. Os espécimes dos respectivos números formaram cada grupo estudado adicionado do grupo controle positivo com 2 dentes e controle negativo com os outros 2 dentes, assim dispostos:

- **G1 (15):** cones standardizados + condensação lateral;
- **G2 (15):** cones standardizados + System B;
- **G3 (15):** cones ProTaper + condensação lateral;
- **G4 (15):** cones ProTaper + System B;

Quatro espécimes formaram o grupo controle, sendo 2 deles usados como controle positivo, nos quais não se procedeu à obturação dos canais radiculares. Os outros 2, foram utilizados como controle negativo, onde foram totalmente impermeabilizados aplicando-se duas camadas de esmalte para unhas, inclusive no forame apical.

Após a seleção do cone principal, de acordo com o diâmetro cirúrgico determinado na instrumentação, efetuaram-se as manobras de obturação. O cimento endodôntico utilizado para todos os grupos foi o cimento AH Plus (Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany), que foi manipulado em placa de vidro de acordo com as orientações do fabricante, com adição de 0,1% de corante de rodamina B (Vetec Química, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Os grupos 1 e 3 foram obturados pela técnica da condensação lateral, na qual se levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 (Dentsply – Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) ou cone ProTaper F2 (Dentsply – Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) no comprimento de trabalho.

A técnica da condensação lateral foi realizada com auxílio de um espaçador digital B (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) no espaço do qual cones acessórios R7 (Tanariman Industrial LTDA, Manacapuru, AM, Brasil) foram colocados lateralmente e compactados. O processo foi repetido até que os cones acessórios não pudessem mais ser inseridos no canal radicular.

Nos grupos 2 e 4, foram obturados pela técnica da onda contínua de compactação, System B (EIE-Analytic Technology, Orange, CA, USA), na qual se

levou o cimento, previamente, ao canal radicular com auxílio de uma espiral Lentulo nº 1 e, então, introduziu-se o cone principal standardizado nº 30 ou cone ProTaper F2 no comprimento de trabalho.

Previamente, havia sido selecionado um condutor/compactador (F 06) que não encontrasse resistência das paredes do canal, a 5 mm aquém do comprimento de trabalho (CT). Ajustou-se o cursor do condutor/compactador nesta medida e o aparelho à temperatura de 200°C na potência máxima. Com o acionamento, o condutor/compactador pré-aquecido, foi direcionado no centro do cone de guta-percha, exercendo-se uma compressão em direção apical. Liberou-se o *holder*, mantendo a compressão. Isto fez com que o condutor/compactador começasse a resfriar, diminuindo seu deslocamento apical e fazendo com que ele parasse na medida pré-estabelecida (5mm do CT). Neste ponto manteve-se uma compressão apical por cerca de 10 segundos, com o objetivo de reduzir o efeito de contração volumétrica da guta-percha, aumentar a adesão do cimento obturador às paredes do canal e maximizar o selamento apical da obturação. Ainda mantendo a pressão apical, acionou-se o *holder* por 1 segundo novamente para aquecer o condutor/compactador e retirá-lo do canal. Este removeu a massa de guta-percha coronária ao instrumento. Utilizou-se os condensadores de Shilder 1 e 2 (OdousDeDeus, Belo Horizonte, MG, Brasil) para compactação vertical da massa obturadora.

Os espécimes foram armazenados em estufa a 37° C com 100% de umidade por 2 semanas, para permitir o endurecimento do cimento e, então, os espécimes foram submetidas a três análises:

1. Medição do índice de filtração de fluidos para avaliação da infiltração permitida pelos espécimes.

Utilizando a microscopia confocal por varredura a laser para avaliação, calculou-se:

2. A porcentagem de área em dentina e porcentagem do perímetro de parede do canal radicular onde houve penetração do cimento,

3. A porcentagem da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular.

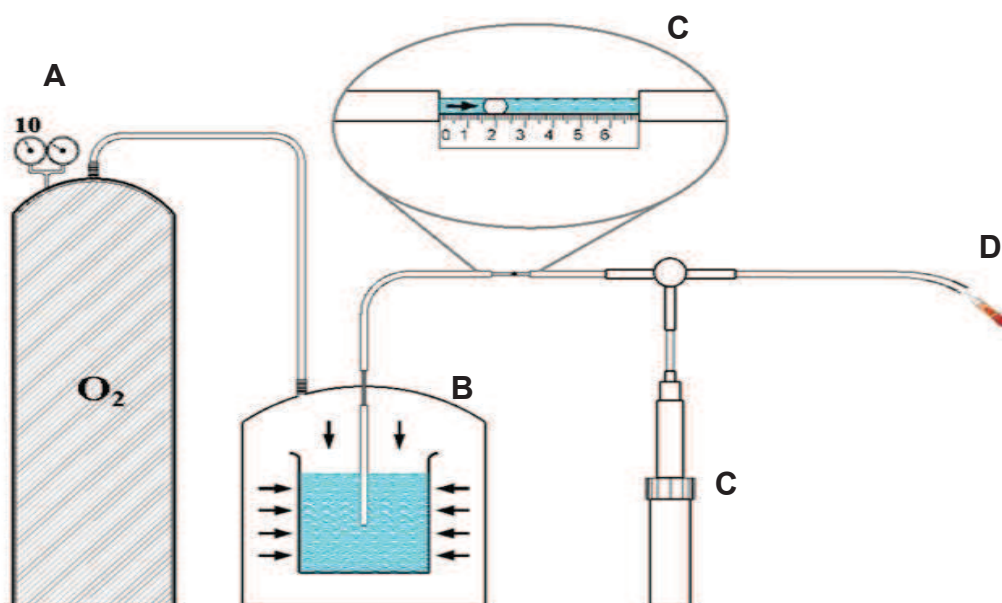
## 2.1 Infiltração

Em 1993, Wu *et al.*, adaptaram a metodologia da filtração de fluido, preconizada por Derkson *et al.* (1986) para utilização em pesquisas endodônticas. Esse método tem ganhado popularidade na avaliação do selamento apical ou coronário de obturações de canais radiculares, pois apresenta inúmeras vantagens em relação a outras metodologias, como registro do volume da infiltração, precisão dos resultados, preservação dos espécimes e a possibilidade de realização de avaliações longitudinais, é facilmente reproduzível, além de ser o método mais aceito na comunidade científica.

### 2.1.1 Sistema de medição da filtração de fluido

O dispositivo que foi utilizado para a realização das medições de filtração de fluidos consiste de um aparato, formado por várias partes que se interligam formando um único sistema (Figura.4).

Figura 4 – Desenho esquemático do sistema para medição da filtração de fluido com seus componentes: **A)** cilindro de oxigênio, **B)** câmara de pressão, **C)** micro-seringa e capilar de vidro com bolha de ar, **D)** dispositivo para adaptação dos espécimes.



**a) Cilindro de Oxigênio**

O oxigênio utilizado para pressurização do sistema é acondicionado em um cilindro de metal, que possui uma válvula para liberação do oxigênio e um manômetro, para determinar a pressão de trabalho, utilizada para forçar o líquido através de todo o circuito.

O sistema começa a funcionar quando a válvula é aberta e libera o oxigênio do cilindro. A partir daí, o manômetro é regulado para determinar a pressão de trabalho em 10 psi ou 703,1 cmH<sub>2</sub>O, ou 68,94 Kpa ou ainda 0,68 atm. Essa pressão se manterá constante durante todo o experimento.

**b) Câmara de Pressão**

A câmara de pressão é ligada ao cilindro por meio de um tubo de polietileno para receber o oxigênio pressurizado. Possui em seu interior um reservatório para armazenar a água destilada. Do interior do reservatório projeta-se um capilar de polietileno, que através de um dispositivo de acoplagem, comunica-se com o sistema capilar externo, destinado a conduzir a água destilada sob a pressão do oxigênio. O volume de água destilada é repostado periodicamente durante o procedimento de filtração. Na parte superior da câmara de pressão, existe uma válvula de segurança que permite a descompressão quando necessária. A câmara de pressão, sendo hermeticamente fechada, possibilita uma pressão constante de 10 psi através de todo o sistema capilar abastecido com água destilada.

**c) Sistema Capilar de Polietileno e Componentes para Leitura**

O sistema de capilares funciona como elo entre a câmara de pressão e o aparato para adaptação dos espécimes, sendo que neste percurso, encontram-se os componentes responsáveis pela leitura da infiltração por filtração de fluido: o capilar de vidro (micropipeta), que possui 65 mm de comprimento e capacidade de 25µl, está justaposto a uma escala de medição em milímetros, a qual serve para medir o deslocamento do líquido numa fração de tempo, conforme a velocidade de filtração do fluido nas obturações dos canais radiculares.

O movimento da água destilada é monitorado pelo deslocamento de uma bolha de ar, produzida pela micro-seringa, sobre uma régua milimetrada. A micro-seringa, acoplada a uma extensão do tubo capilar de polietileno situada entre o

capilar de vidro e a câmara de filtração, é composta por um reservatório com água destilada e um cursor. Tem as funções de formar a bolha de ar e de posicioná-la adequadamente no capilar, ajustando-a na escala milimetrada, injetando ou retirando a quantidade apropriada de água.

O deslocamento linear da bolha de ar representa o deslocamento volumétrico de líquido por minuto ( $\mu\text{l}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ ), através da obturação do canal radicular. Realizou-se medições da movimentação de fluido a cada 2 minutos em um intervalo de 8 minutos.

#### **d) Adaptação dos espécimes**

Para este teste, os espécimes receberam uma adaptação para serem ligados ao sistema de filtração de fluido. Utilizou-se tubos de látex com diâmetro externo de 5 mm e diâmetro interno de 3 mm, cortados em segmentos de 1,5 cm de comprimento. Dentro de cada um desses segmentos de tubos de látex, colocou-se uma raiz, introduzindo sua porção apical sob pressão, deixando cerca de 1 a 2 mm da porção coronária para fora do mesmo. Para fixação, evitando que a expulsividade das raízes possibilitasse o deslocamento do tubo de látex, utilizou-se abraçadeiras de plástico com 10 mm de comprimento por 2,5 mm de largura, as quais travam após serem apertadas sob os tubos de látex, mantendo-os em posição ao redor das raízes. Ainda, para certificarmos do selamento na interface tubo de látex/raiz, utilizou-se adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite®) no colar cervical que permaneceu desnudo, criando uma impermeabilização dessa interface.

Os espécimes foram levados individualmente ao sistema de filtração de fluido, conectando a porção livre dos tubos de látex à extremidade livre da agulha metálica tipo Luer adaptada. Essa conexão foi realizada estirando-se o tubo de látex que, após o ajuste, mantém a conexão totalmente selada pela pressão de sua parede interna contra a superfície metálica da agulha. Esse aparato raiz/tubo de látex/agulha metálica adaptada foi imerso no bequer com água destilada, mantendo a porção coronária sempre imersa em água, evitando-se a ação de capilaridade durante toda a medição.

Após a realização da conexão, uma bolha de ar foi criada e posicionada no tubo capilar de vidro (fixado sobre a régua) com o auxílio da seringa de vidro com êmbolo rosqueável. Essa bolha foi colocada na posição correspondente a 0 mm. O

movimento da bolha foi medido durante 2 minutos, realizando-se 4 medições, totalizando 8 minutos para cada espécime. O movimento da bolha é proporcionado pelo volume da água que é forçada, sob pressão de 10 psi, através dos espécimes que conseguiu penetrar nos espaços da obturação dos canais. Todas as medições foram realizadas em milímetros inteiros ou metade de milímetros, sendo tabuladas, para posterior cálculo do deslocamento total da bolha.

Durante a realização do experimento, os espécimes foram mantidos imersos em um recipiente contendo água destilada, em estufa, para prevenir a evaporação da água através da dentina radicular e a absorção de água causada pelo ressecamento da dentina.

A pressão constante de 10 psi forçou a água destilada a penetrar nas falhas da obturação dos canais radiculares, promovendo a leitura do índice de filtração de fluido.

Entre a troca dos espécimes o sistema de filtração de fluido foi mantido pressurizado ocluindo-se a mangueira logo antes da agulha, com uma pinça hemostática com sua ponta revestida por borracha, evitando o seccionamento da mangueira.

### 2.1.2 Cálculo do índice de filtração de fluido

O deslocamento da bolha de ar é diretamente proporcional à quantidade de filtração de fluido e é medida em milímetros. Com todas as medições concluídas, tendo em mãos a distância percorrida pela bolha e o tempo gasto para tal, é realizado os cálculos da filtração de fluido. Como o capilar utilizado para medir o índice de filtração (Q) tem o diâmetro constante, dividindo o volume do capilar (25µl) pelo seu comprimento (65 mm), obtém-se uma proporcionalidade constante, que relacionada com a distância percorrida pela bolha (x mm) e o tempo gasto para tal (y minutos), converte o deslocamento linear em volume deslocado. O índice de filtração de fluido na obturação é expresso em µl/min<sup>-1</sup>.10 psi.

Isto é,

$$Q = \frac{25\mu\text{l} \cdot (x)\text{mm}}{65\text{mm} \cdot (y)\text{min}}$$

### 2.1.3 Análise estatística dos dados

Visando comparar se existia diferença estatística significativa entre os valores médios de infiltração segundo diferentes cones e técnica de obturação, testou-se inicialmente os pressupostos de normalidade dos dados para cada grupo e homogeneidade de variância entre os grupos. Utilizou-se teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e teste de homogeneidade de variância de Levene.

Todos os grupos apresentaram normalidade à um nível de probabilidade  $p > 0,05$ . Não houve homogeneidade de variância entre os grupos, uma vez que  $p < 0,05$ .

Uma vez que não houve homogeneidade de variância entre grupos, a comparação dos mesmos será feita utilizando o teste de comparações múltiplas de Games-Howell, quando teste Anova a dois critérios, modelo fatorial completo indicar existir diferença entre os grupos.

### Microscopia confocal de varredura a laser

Os espécimes foram embutidos em resina de poliéster (Redelease, São Paulo, SP, Brasil) para permitir o seccionamento dos mesmos. Foram utilizados, como moldes, tubos de PVC (Ibirá, Mairiporã, SP, Brasil) de 35 mm de comprimento, 15 mm de diâmetro externo e 13 mm de diâmetro interno. Esses tubos foram fixados em placas de vidro, por meio de adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite), para evitar o vazamento de resina antes do endurecimento (Figura 5). Foi aplicada vaselina líquida (Laboratório Tayuyna, Nova Odessa, São Paulo, Brasil) nas paredes dos tubos, a fim de facilitar a remoção dos espécimes incluídos.



Figura 5 - Molde de borracha fixado à placa de vidro, contendo espécime para inclusão em resina de poliéster.

Os espécimes foram seccionados transversalmente em uma máquina de corte de precisão (Minitom, Struers AS, Ballerup, Dinamarca) (Figura 6), em velocidade de 200 rpm e refrigeração constante, utilizando-se disco de corte diamantado (102 mm X 0,3 mm X 12,7 mm - Extec, Enfield, EUA). As secções foram realizadas a 3 mm e 6 mm do ápice (Figura 7).



Figura 6 - máquina de corte de precisão

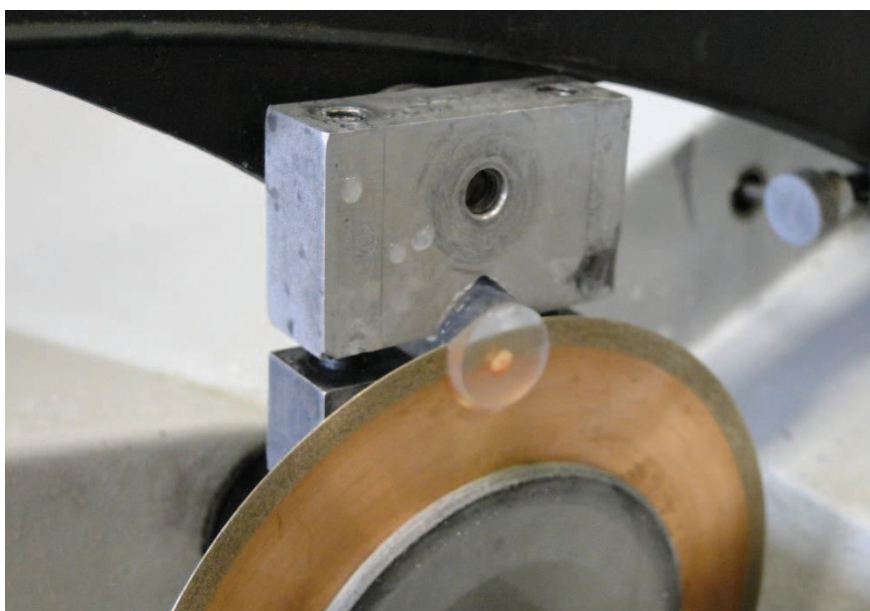


Figura 7 - corte dos espécimes

A seguir, foi realizado o preparo metalográfico na face cervical das fatias obtidas. Empregou-se uma seqüência de lixas d'água, granulações 400, 600 e 1200 acopladas a uma Politriz (Labopol 21 - Struers, Ballerup, Dinamarca) sob refrigeração constante. Para finalizar, as fatias foram polidas com disco de pano e pasta de diamante para metalografia grana 1 Arotec (Arotec S.A. Ind. e Com. Cotia, Brasil) em Politriz (Labopol 5 - Struers, Ballerup, Dinamarca).

As fatias foram analisadas em sua face cervical, em um microscópio confocal de varredura a laser Olympus Fluoview 1000 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão) (Figura 8). O software para aquisição das imagens foi o Olympus Fluoview versão

1.7.Foi empregado como fonte de excitação da rodamina B, laser com comprimento de onda de 559 nm.



Figura 8- microscópio confocal de varredura a laser

As imagens foram obtidas empregando-se objetiva 10X. O programa utilizado para aquisição das imagens foi FV10 - ASW 3.1 Viewer (Olympus Corporation, Tóquio, Japão). Realizou-se a obtenção das imagens há aproximadamente 14 $\mu$ m da superfície, apresentando tamanho de 512 X 512 pixels.

Para realizar a análise das imagens, as mesmas foram convertidas do formato digital OIB para TIFF.

Foram realizadas as análises para calcular a porcentagem de área em dentina e porcentagem de extensão de parede do canal radicular onde houve penetração do cimento e a porcentagem de área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular.

### 2.2.1 Porcentagem de área de dentina onde houve penetração do cimento.

Para realizar a medida de porcentagem de penetração dos cimentos nos túbulos dentinários utilizou-se o programa Adobe Photoshop CS6. Obteve inicialmente a área total da figura (A), em pixels (Figuras 9 e 10):

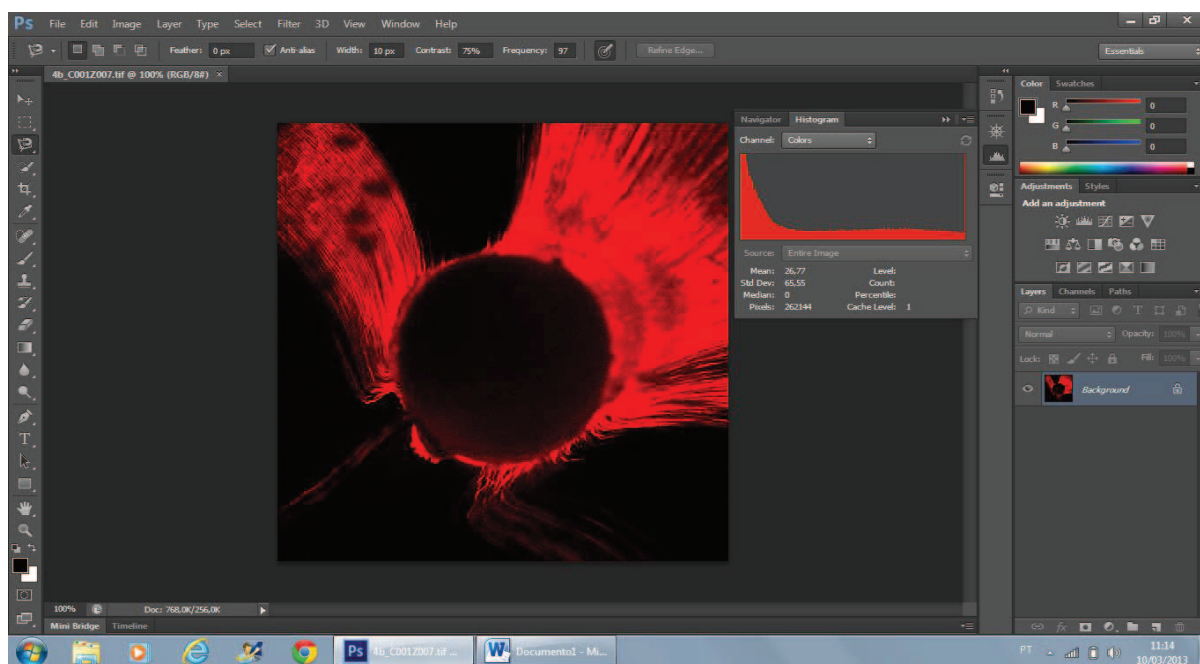


Figura 9 - Seleção da área total da figura

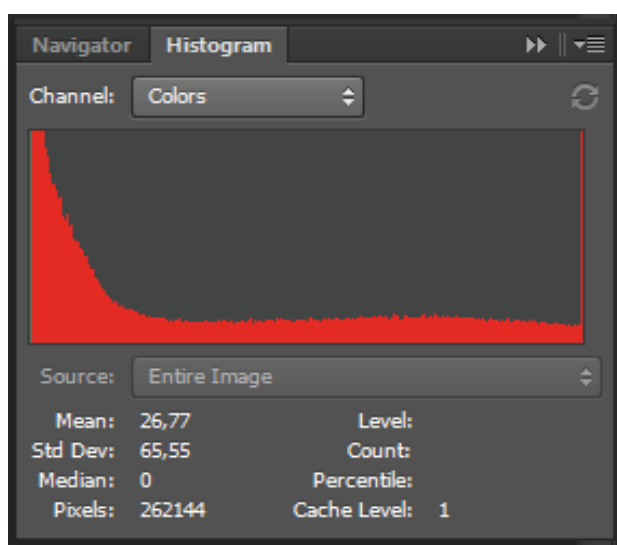


Figura 10 - Medida em pixels da área total da figura

Empregando a ferramenta poligonal lasso tool, foi estabelecida a medida da área onde houve penetração do cimento (C) nos túbulos dentinários (Figura 11), medida também em pixels:

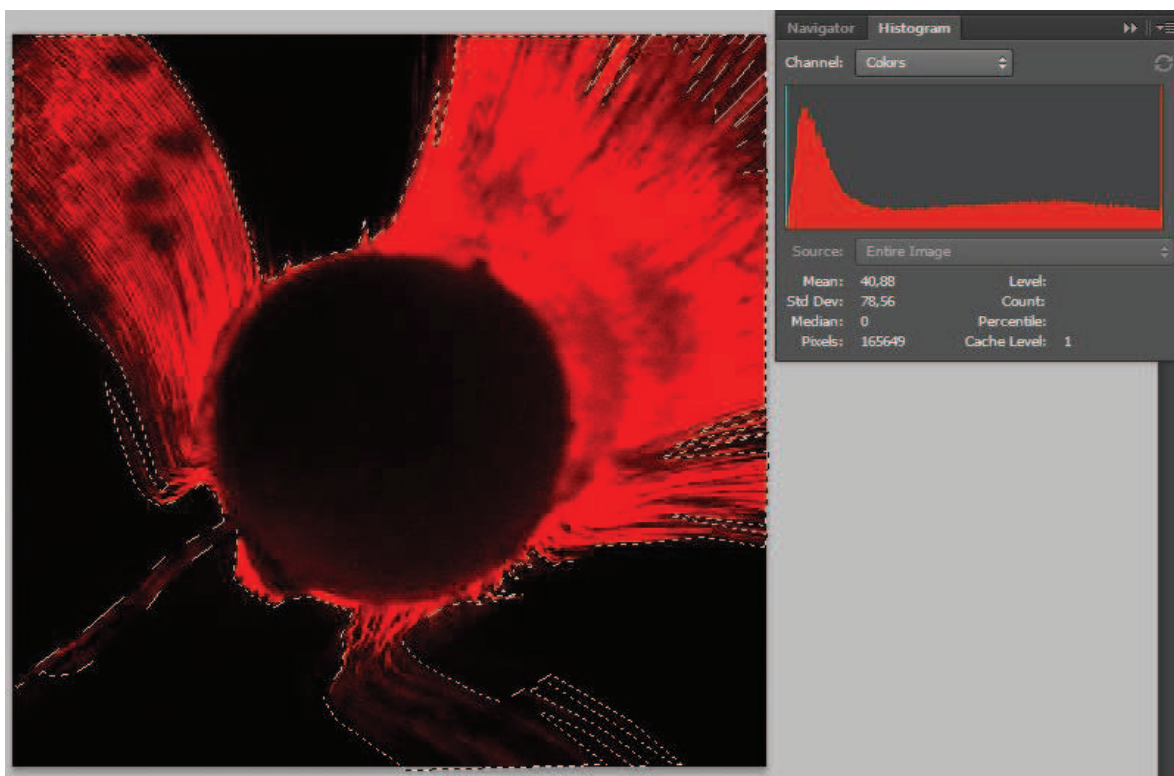


Figura 11 - Seleção da área de penetração de cimento nos túbulos

Utilizando a ferramenta magnetic lasso tool, foi determinada a área do canal (B) em pixels (Figura 12):

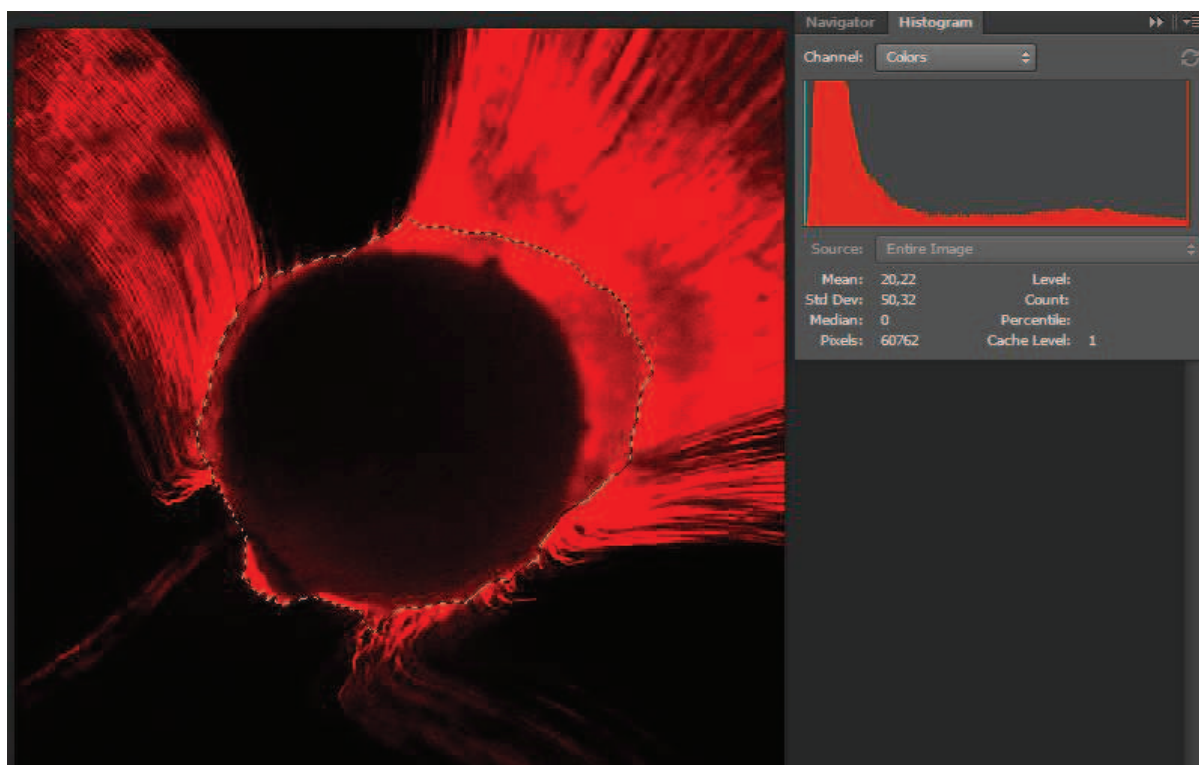


Figura 12 - Medida da área do canal

Para determinar o percentual de área onde houve penetração do cimento nos túbulos dentinários foi aplicada a seguinte fórmula:

$$\% \text{ área} = [(C-B) \times 100] / (A-B)$$

Onde:

A = área total da figura

B = área do canal radicular

C = área onde houve penetração do cimento nos túbulos dentinários

### 2.2.2 Porcentagem do perímetro do canal radicular onde houve penetração do cimento.

Para essa segunda análise empregou-se o programa Image Tool v3. Inicialmente foi determinado o perímetro total do canal (Figura 13), em pixels:

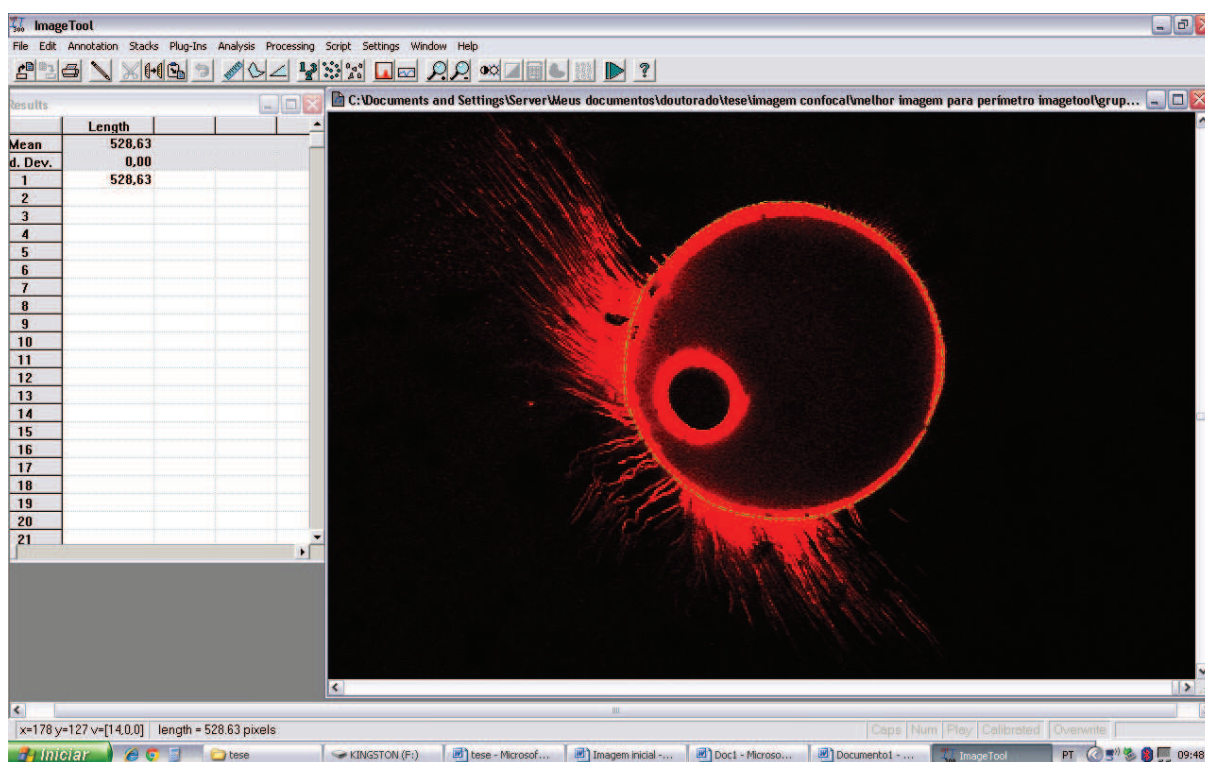


Figura 13 - Seleção do perímetro total do canal radicular

Em seguida, foi determinado o perímetro do canal radicular onde houve penetração de cimento nos túbulos dentinários, independente da profundidade de penetração (Figura 14). Essa medida também foi estabelecida em pixels:

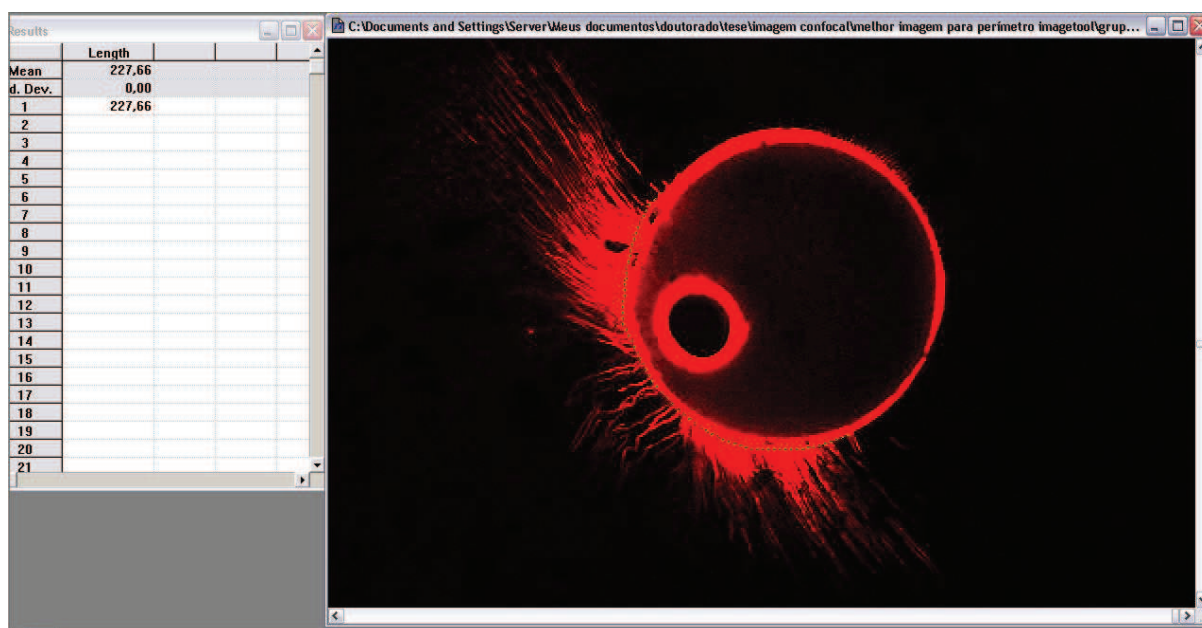


Figura 14 - Seleção da extensão de parede do canal radicular onde houve penetração de cimento nos túbulos dentinários

Calculou-se a partir desses valores a razão entre a extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento nos túbulos e a extensão total da parede do canal e obteve-se a porcentagem de paredes de canal onde houve penetração de cimento.

$$\% \text{ perímetro onde houve penetração de cimento} = E/P \cdot 100$$

Onde:

P = perímetro total da parede do canal;

E = Extensão da parede do canal onde houve penetração de cimento.

### 2.3 Porcentagem de área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular.

Para realizar a medida de porcentagem de área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora, utilizou-se o programa Adobe Photoshop CS6. Obteve inicialmente a área total do canal radicular (A), em pixels (Figura 15), utilizando a ferramenta magnetic lasso tool:

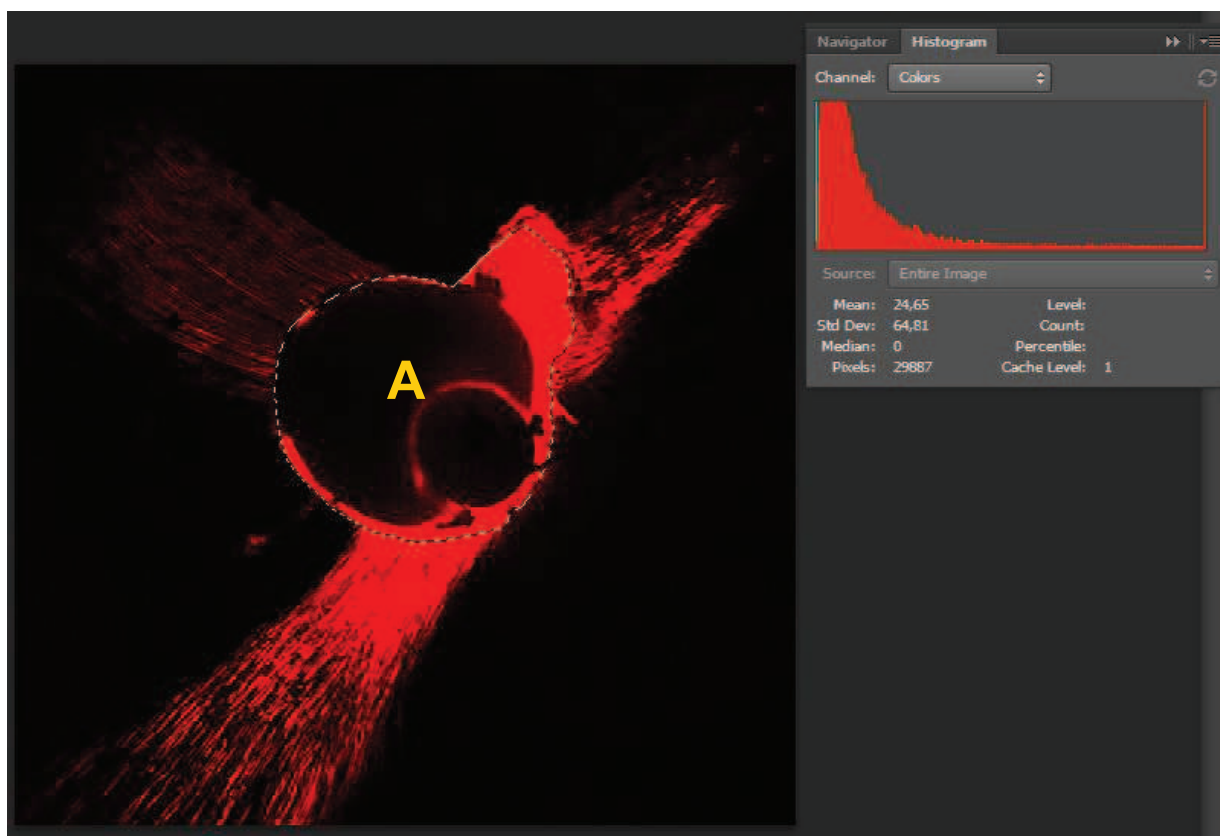


Figura 15 - Medida da área do canal

Empregando a ferramenta poligonal lasso tool, foi estabelecida a medida da área de cone de guta-percha (C) (Figura 16) e espaços vazios (E) (Figura 17), medida também em pixels:

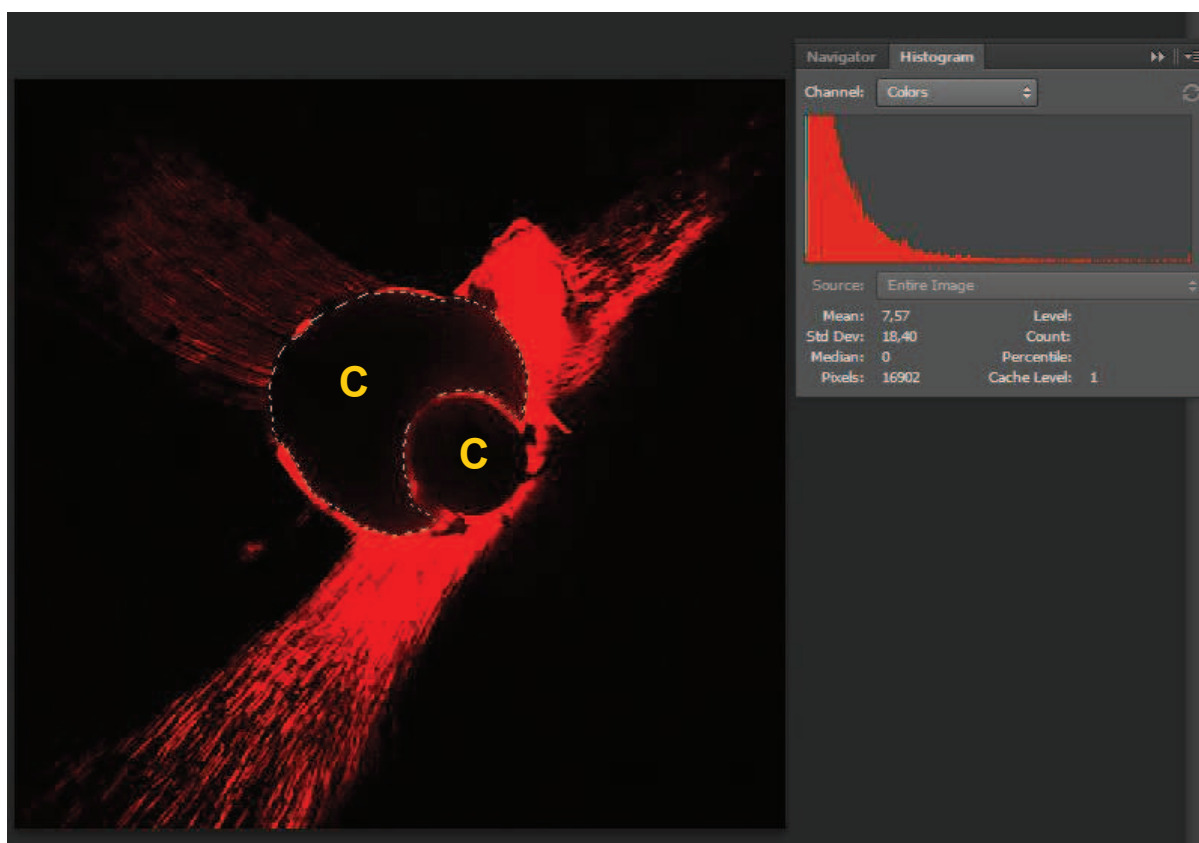


Figura 16 - Seleção da área de cone de guta-percha.

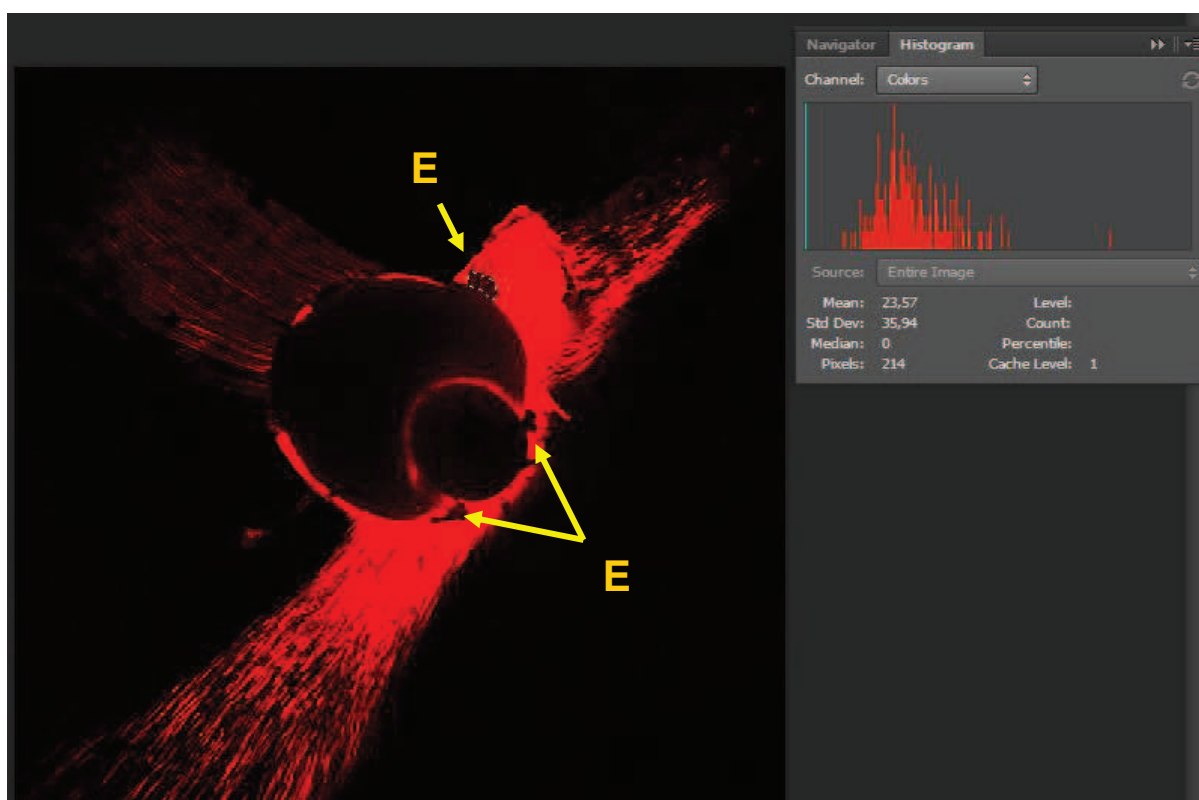


Figura 17 - Seleção da área de espaços vazios.

A área ocupada pelo cimento foi determinada pela soma da área de guta-percha com espaços vazios. O resultado deste foi subtraído da área total do canal radicular.

$$C=A-(G+E)$$

Onde:

C = área de cimento

A = área total do canal radicular

G = área de guta-percha

E = área de espaços vazios

Para determinar o percentual de área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora foram aplicadas as seguintes fórmulas:

$$\% \text{ área de guta-percha} = G/A \cdot 100$$

$$\% \text{ área de cimento} = C/A \cdot 100$$

$$\% \text{ área de espaços vazios} = E/A \cdot 100$$

Onde:

A = área total do canal radicular;

G = área de guta-percha;

C = área de cimento;

E = área de espaços vazios;

### 3 Resultados

#### 3.1 Infiltração

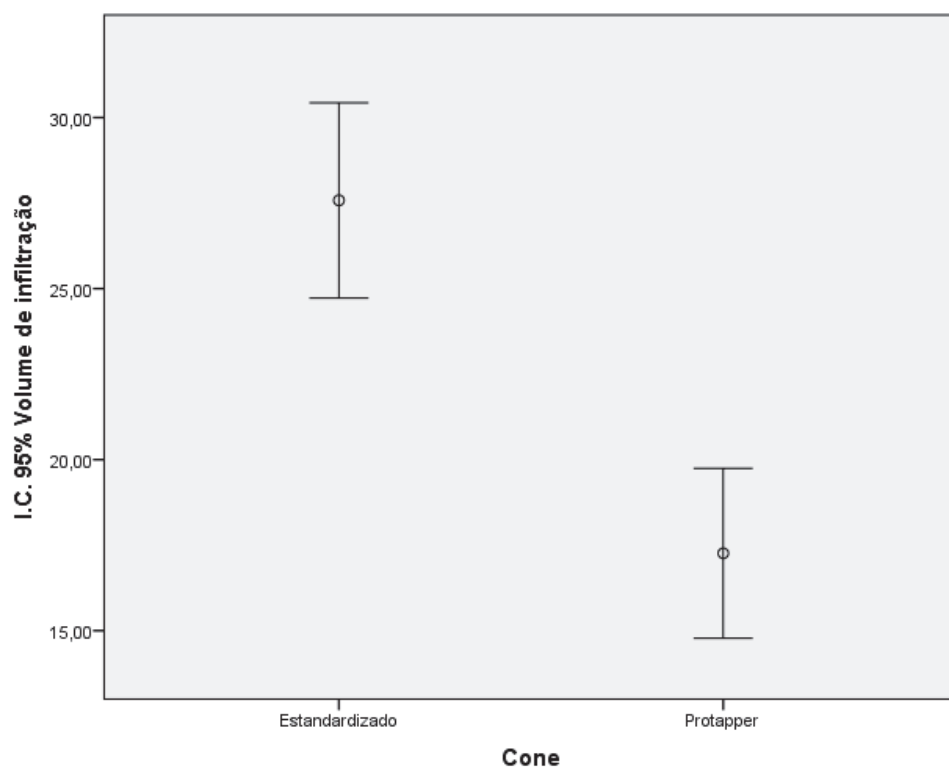
Os valores globais (média e desvio padrão) da infiltração expressos em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ , segundo os diferentes cones e técnica de obturação encontram-se descritos na Tabela 1 e Gráfico 1 e Tabela 2 e Gráfico 2, respectivamente. A Tabela 3 e o Gráfico 3 contêm os valores individuais (média e desvio padrão) da infiltração permitida por diferentes cones e técnica de obturação, expressos em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ .

**Tabela 1-** Estatística descritiva da variável infiltração, em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ , segundo os diferentes cones.

| <b>Cones</b>  | <b>N</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio padrão</b> | <b>Erro padrão</b> |
|---------------|----------|--------------|----------------------|--------------------|
| Estandarizado | 30       | 27,58        | 7,65                 | 1,40               |
| ProTaper      | 30       | 17,26        | 6,65                 | 1,21               |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 1 –** Representação gráfica das médias globais da infiltração segundo os diferentes cones.

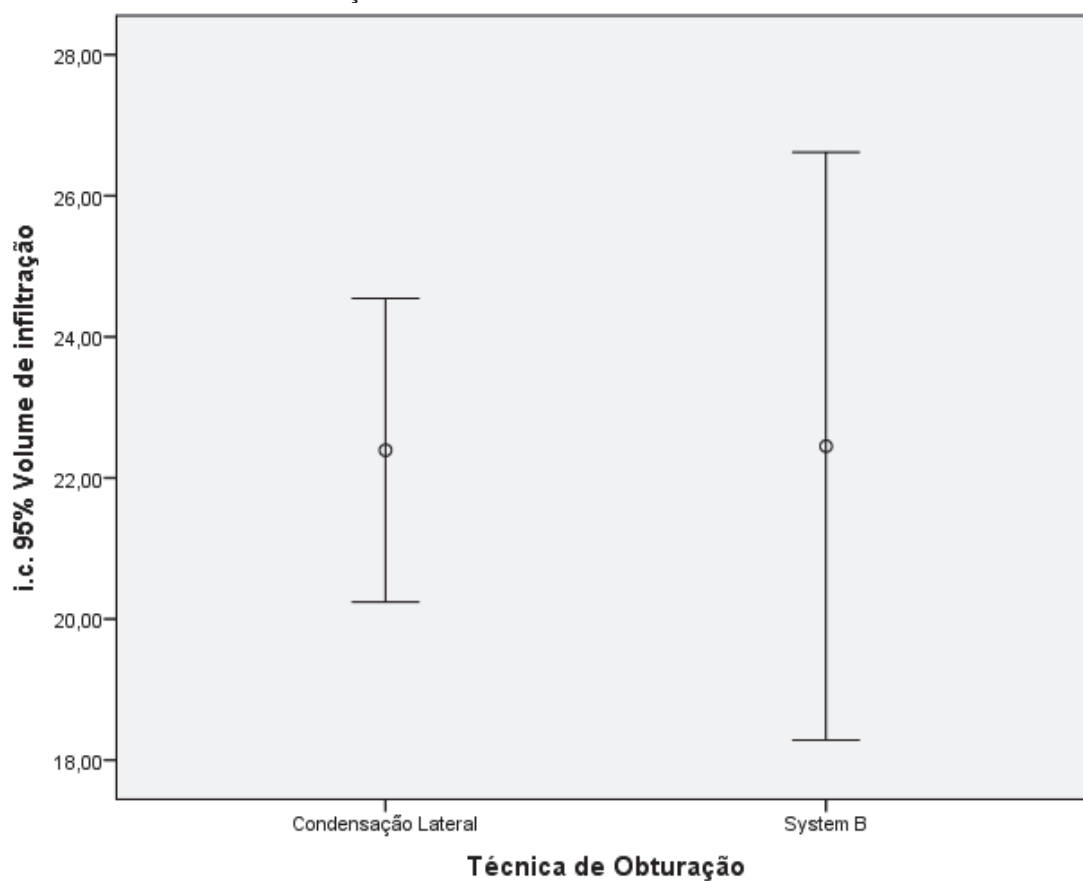


**Tabela 2-** Estatística descritiva da infiltração, em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ , segundo as diferentes técnicas de obturações.

| Técnica             | n  | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|---------------------|----|-------|---------------|-------------|
| Condensação lateral | 30 | 22,39 | 5,76          | 1,05        |
| System B            | 30 | 22,45 | 11,16         | 2,04        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 2 –** Representação gráfica das médias globais da infiltração segundo as diferentes técnicas de obturações.

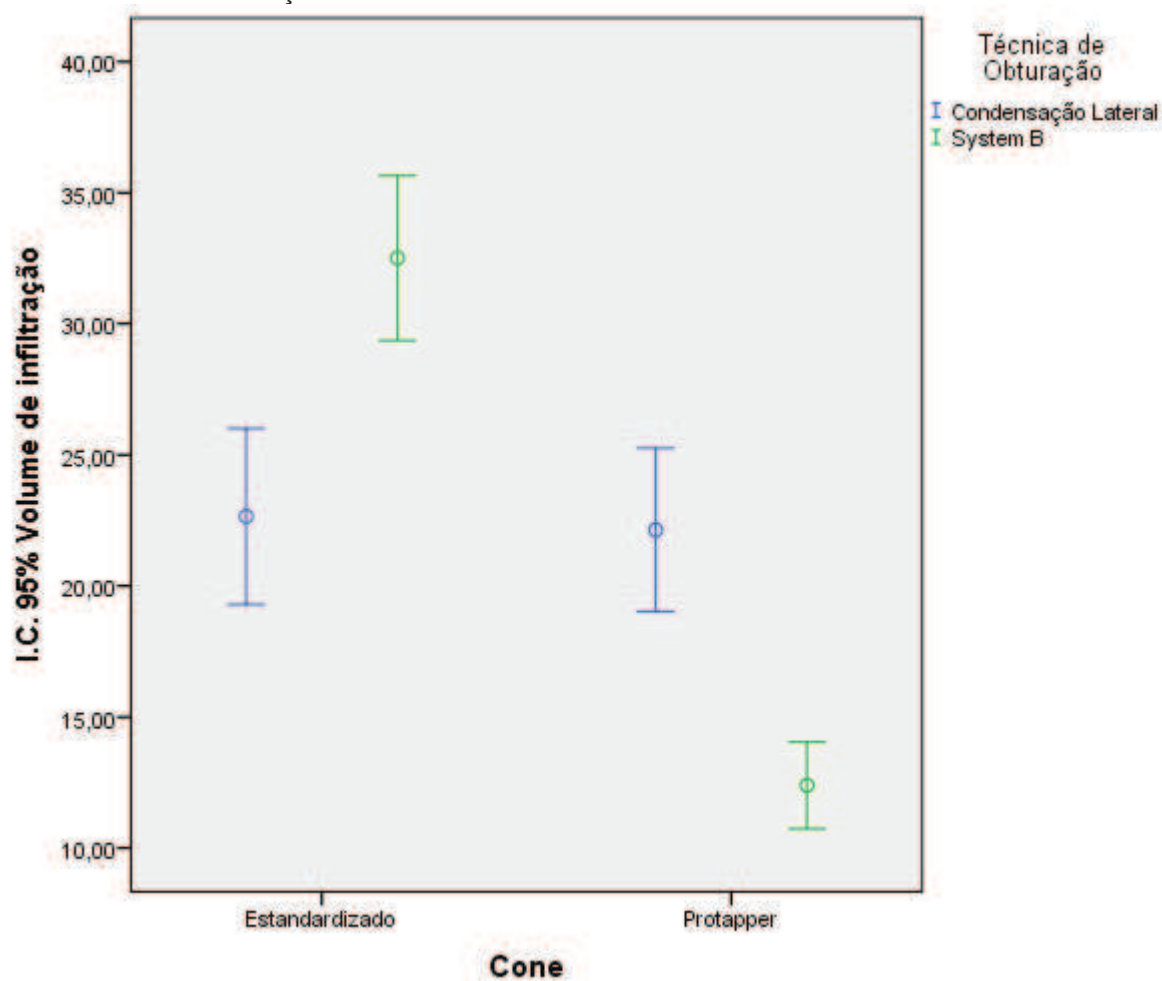


**Tabela 3** – Estatística descritiva da variável infiltração, em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ , segundo cone e técnica de obturação.

| Cone/Técnica                      | n  | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-----------------------------------|----|-------|---------------|-------------|
| Estandarizado/condensação lateral | 15 | 22,65 | 6,07          | 1,57        |
| Estandarizado/System B            | 15 | 32,51 | 5,68          | 1,47        |
| ProTaper/condensação lateral      | 15 | 22,13 | 5,64          | 1,46        |
| ProTaper/System B                 | 15 | 12,39 | 2,99          | 0,77        |

Fonte: dados da pesquisa

**Gráfico 3** – Representações gráficas das médias globais da infiltração segundo cone e técnica de obturação.



**Tabela 4** – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov

| Grupos                            | Estatística | Graus de liberdade | Valor p |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|---------|
| Estandarizado/Condensação Lateral | 0,119       | 15                 | 0,2000  |
| Estandarizado/System B            | 0,185       | 15                 | 0,1782  |
| Protapper/Condensação Lateral     | 0,117       | 15                 | 0,2000  |
| Protapper/System B                | 0,219       | 15                 | 0,1980  |

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela 5** – Teste de homogeneidade de variância de Levene

| Estatística de Levene | Graus de liberdade 1 | Graus de liberdade 2 | Valor p |
|-----------------------|----------------------|----------------------|---------|
| 3,445                 | 3                    | 56                   | 0,0226  |

Fonte: dados da pesquisa

Na tabela 4 realizou-se a aplicação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, mostrando que os grupos experimentais apresentaram distribuição normal ( $p > 0,05$ ). Analisando a tabela 5, o teste de homogeneidade de variância de Levene mostrou que os grupos não são homogêneos ( $p < 0,05$ ), razão pela qual optou-se pela utilização da técnica não-paramétrica de análise de variância para comparar se existia diferença estatística entre os valores médios de infiltração.

**Tabela 6** – Análise de variância a dois critérios (Cones X Técnica de obturação)

| Fonte de variação    | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Estatística F | Sig.   |
|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|--------|
| Cone                 | 1597,123           | 1                  | 1597,123       | 58,129        | 0,0000 |
| Técnica de obturação | 0,048              | 1                  | 0,048          | 0,002         | 0,9668 |
| Cone X Cimento       | 1440,208           | 1                  | 1440,208       | 52,418        | 0,0000 |

Fonte: dados da pesquisa

A análise de variância apresentada na Tabela 6 mostrou existir homogeneidade entre os valores médios de infiltração para técnica de obturação ( $p > 0,05$ ), porém apresenta diferença entre cone e diferença e interação entre os fatores ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 7** – Teste de Games-Howell para comparações múltiplas.

| Grupo                             | Grupos                            | Intervalo de confiança 95% |                 |                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                                   |                                   | Valor p                    | Limite inferior | Limite superior |
| Estandarizado/Condensação Lateral | Estandarizado/System B            | 0,0005                     | -15,7171        | -3,9935         |
|                                   | Protapper/Condensação Lateral     | 0,9948                     | -5,3237         | 6,3637          |
|                                   | Protapper/System B                | 0,0000                     | 5,3806          | 15,1434         |
| Estandarizado/System B            | Estandarizado/Condensação Lateral | 0,0005                     | 3,9935          | 15,7171         |
|                                   | Protapper/Condensação Lateral     | 0,0001                     | 4,7308          | 16,0199         |
|                                   | Protapper/System B                | 0,0000                     | 15,5000         | 24,7347         |
| Protapper/Condensação Lateral     | Estandarizado/Condensação Lateral | 0,9948                     | -6,3637         | 5,3237          |
|                                   | Estandarizado/System B            | 0,0001                     | -16,0199        | -4,7308         |
|                                   | Protapper/System B                | 0,0000                     | 5,1505          | 14,3335         |
| Protapper/System B                | Estandarizado/Condensação Lateral | 0,0000                     | -15,1434        | -5,3806         |
|                                   | Estandarizado/System B            | 0,0000                     | -24,7347        | -15,5000        |
|                                   | Protapper/Condensação Lateral     | 0,0000                     | -14,3335        | -5,1505         |

Significante para  $p < 0,05$ .

Fonte: dados da pesquisa

A utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas mostrou que o grupo obturado com cones estandarizado em associação com técnica System B diferiu estatisticamente dos demais grupos, apresentando os maiores valores de infiltração. O grupo formado pelo cone ProTaper obturado com a técnica do System B apresentou os menores valores de infiltração, diferindo estatisticamente dos outros grupos. Os grupos formados pela técnica da condensação lateral comportaram estatisticamente iguais entre si.

**Tabela 8** - Valores globais do volume da infiltração expressos em  $\mu\text{L}/\text{min}^{-1} \cdot 10 \text{ psi}$ 

| Espécime | Estandarizado/<br>condensação<br>lateral | Estandarizado/<br>System B | ProTaper/<br>condensação<br>lateral | ProTaper/ System B |
|----------|------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1        | 31,00                                    | 28,67                      | 28,00                               | 18,00              |
| 2        | 25,00                                    | 26,00                      | 32,00                               | 14,00              |
| 3        | 26,00                                    | 31,29                      | 19,00                               | 13,00              |
| 4        | 22,00                                    | 28,67                      | 29,00                               | 12,00              |
| 5        | 16,00                                    | 35,00                      | 23,00                               | 11,00              |
| 6        | 17,00                                    | 36,00                      | 30,00                               | 13,00              |
| 7        | 29,00                                    | 42,00                      | 23,00                               | 13,00              |
| 8        | 32,00                                    | 35,00                      | 22,00                               | 11,00              |
| 9        | 30,00                                    | 26,00                      | 24,00                               | 12,00              |
| 10       | 20,00                                    | 41,00                      | 20,00                               | 8,00               |
| 11       | 23,00                                    | 31,00                      | 20,00                               | 10,00              |
| 12       | 19,00                                    | 42,00                      | 15,00                               | 13,00              |
| 13       | 14,00                                    | 28,00                      | 17,00                               | 7,00               |
| 14       | 21,80                                    | 27,00                      | 16,00                               | 12,87              |
| 15       | 14,00                                    | 30,00                      | 14,00                               | 18,00              |

Fonte: dados da pesquisa

### 3.2 Porcentagem de área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento.

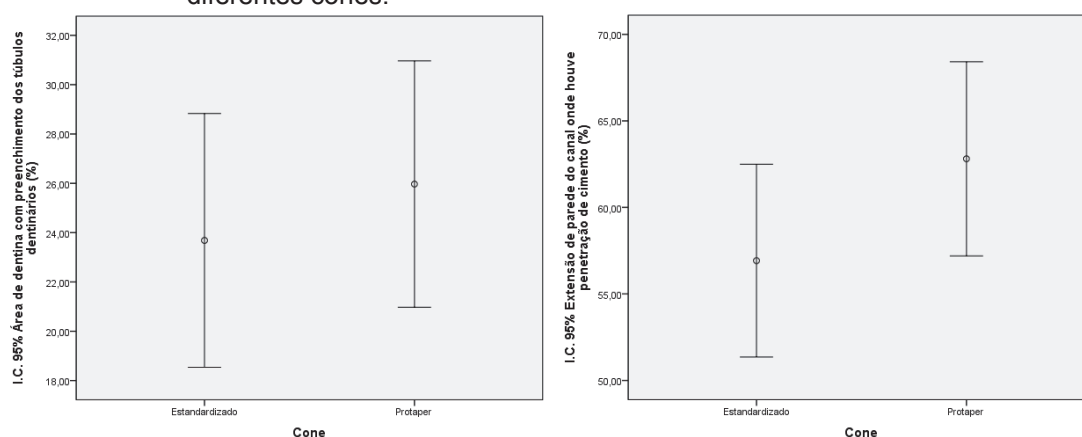
Os valores globais (média e desvio padrão) da área de dentina e extensão de paredes de canal radicular onde houve penetração do cimento expressos em porcentagem, segundo os diferentes cones, técnica de obturação e terços encontram-se descritos na Tabela 9 e Gráfico 4, Tabela 10 e Gráfico 5 e Tabela 11 e Gráfico 6 respectivamente.

**Tabela 9-** Estatística descritiva das variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo os diferentes cones.

|                                                                  |               | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|---------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Estandarizado | 60  | 23,68 | 19,93         | 2,57        |
|                                                                  | Protaper      | 60  | 25,97 | 19,34         | 2,50        |
|                                                                  | Total         | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Estandarizado | 60  | 56,92 | 21,56         | 2,78        |
|                                                                  | Protaper      | 60  | 62,81 | 21,72         | 2,80        |
|                                                                  | Total         | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 4 –** Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo os diferentes cones.

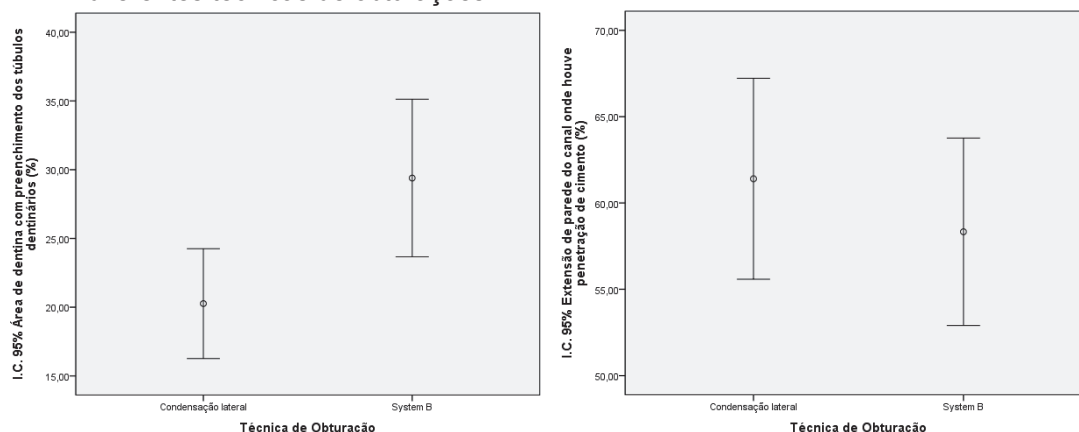


**Tabela 10-** Estatística descritiva das variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo as diferentes técnicas de obturações.

|                                                                  |                     | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Condensação lateral | 60  | 20,26 | 15,46         | 2,00        |
|                                                                  | System B            | 60  | 29,39 | 22,19         | 2,86        |
|                                                                  | Total               | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Condensação lateral | 60  | 61,40 | 22,53         | 2,91        |
|                                                                  | System B            | 60  | 58,33 | 21,02         | 2,71        |
|                                                                  | Total               | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 5** – Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo as diferentes técnicas de obturações.

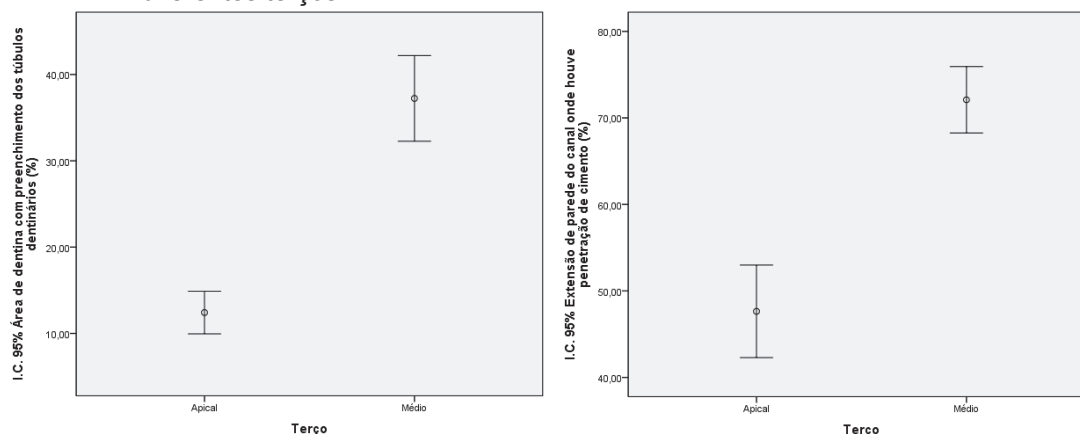


**Tabela 11-** Estatística descritiva das variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo os terços.

|                                                                  |        | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|--------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Apical | 60  | 12,42 | 9,56          | 1,23        |
|                                                                  | Médio  | 60  | 37,23 | 19,22         | 2,48        |
|                                                                  | Total  | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Apical | 60  | 47,64 | 20,72         | 2,68        |
|                                                                  | Médio  | 60  | 72,09 | 14,86         | 1,92        |
|                                                                  | Total  | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 6** – Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo os diferentes terços.



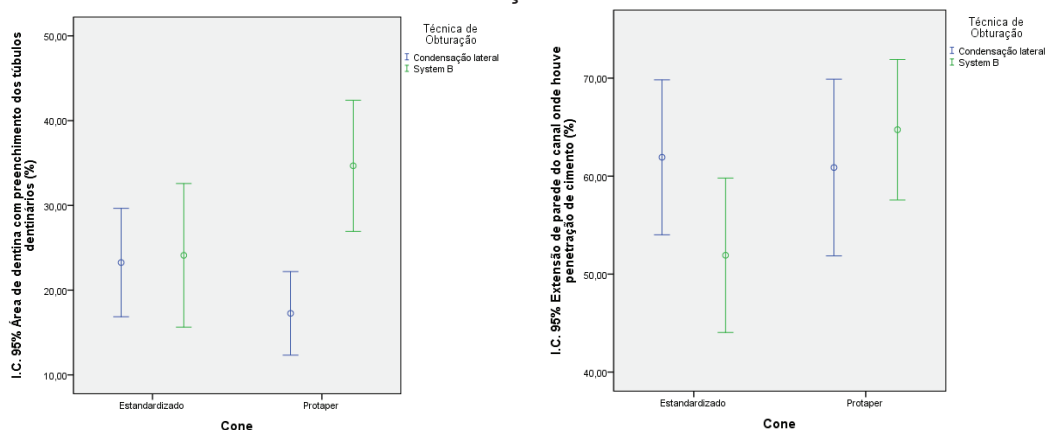
A Tabela 12 e o Gráfico 7 contêm os valores (média e desvio padrão) da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento por diferentes cones e técnica de obturação, expressos em porcentagem.

**Tabela 12-** Estatística descritiva das variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo os cones e técnica de obturação.

|                                                                  |                                    | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Estandarizado/ Condensação lateral | 30  | 23,26 | 17,12         | 3,13        |
|                                                                  | Estandarizado/ System B            | 30  | 24,11 | 22,68         | 4,14        |
|                                                                  | Protaper/ Condensação lateral      | 30  | 17,26 | 13,21         | 2,41        |
|                                                                  | Protaper/System B                  | 30  | 34,67 | 20,73         | 3,78        |
|                                                                  | Total                              | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Estandarizado/ Condensação lateral | 30  | 61,92 | 21,18         | 3,87        |
|                                                                  | Estandarizado/ System B            | 30  | 51,92 | 21,10         | 3,85        |
|                                                                  | Protaper/ Condensação lateral      | 30  | 60,88 | 24,15         | 4,41        |
|                                                                  | Protaper/System B                  | 30  | 64,74 | 19,21         | 3,51        |
|                                                                  | Total                              | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 7** – Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo os diferentes cones e técnica de obturação.



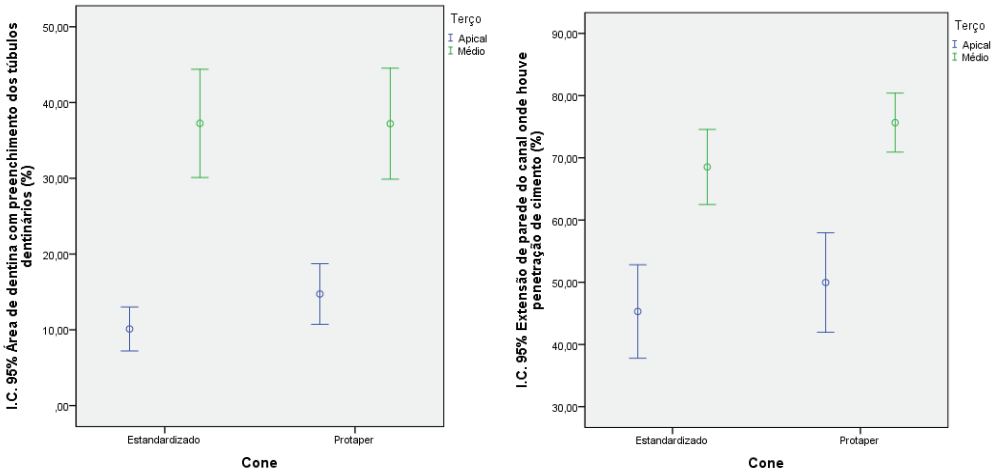
A Tabela 13 e o Gráfico 8 contêm os valores (média e desvio padrão) da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento por diferentes cones e terços, expressos em porcentagem. Enquanto que a Tabela 14 e o Gráfico 9 contêm os valores segundo diferentes técnicas de obturação e terços.

**Tabela 13-** Estatística descritiva das variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo cones e terços.

|                                                                  |                      | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Estandarizado/Apical | 30  | 10,12 | 7,78          | 1,42        |
|                                                                  | Estandarizado/Médio  | 30  | 37,25 | 19,14         | 3,49        |
|                                                                  | Protaper/Apical      | 30  | 14,73 | 10,70         | 1,95        |
|                                                                  | Protaper/Médio       | 30  | 37,21 | 19,63         | 3,58        |
|                                                                  | Total                | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Estandarizado/Apical | 30  | 45,31 | 20,12         | 3,67        |
|                                                                  | Estandarizado/Médio  | 30  | 68,53 | 16,17         | 2,95        |
|                                                                  | Protaper/Apical      | 30  | 49,96 | 21,39         | 3,90        |
|                                                                  | Protaper/Médio       | 30  | 75,66 | 12,70         | 2,32        |
|                                                                  | Total                | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 8** – Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo os diferentes cones e terços.

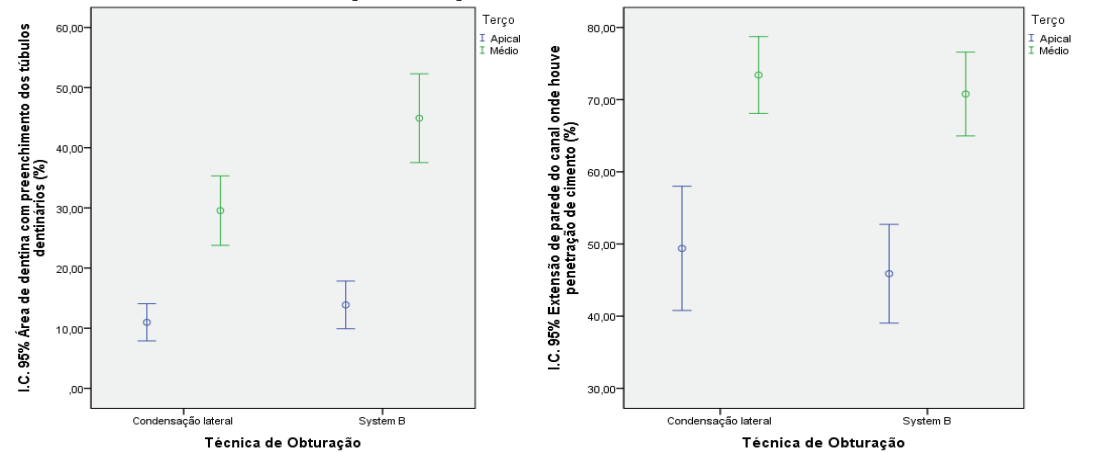


**Tabela 14**– Estatística descritiva das variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo diferentes técnicas de obturação e terços.

|                                                                  |                             | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Condensação lateral/ Apical | 30  | 10,97 | 8,28          | 1,51        |
|                                                                  | Condensação lateral/ Médio  | 30  | 29,55 | 15,46         | 2,82        |
|                                                                  | System B/ Apical            | 30  | 13,87 | 10,63         | 1,94        |
|                                                                  | System B/ Médio             | 30  | 44,92 | 19,75         | 3,61        |
|                                                                  | Total                       | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Condensação lateral/ Apical | 30  | 49,39 | 23,04         | 4,21        |
|                                                                  | Condensação lateral/ Médio  | 30  | 73,41 | 14,26         | 2,60        |
|                                                                  | System B/ Apical            | 30  | 45,88 | 18,34         | 3,35        |
|                                                                  | System B/ Médio             | 30  | 70,78 | 15,57         | 2,84        |
|                                                                  | Total                       | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 9**– Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo diferentes técnica de obturação e terços.



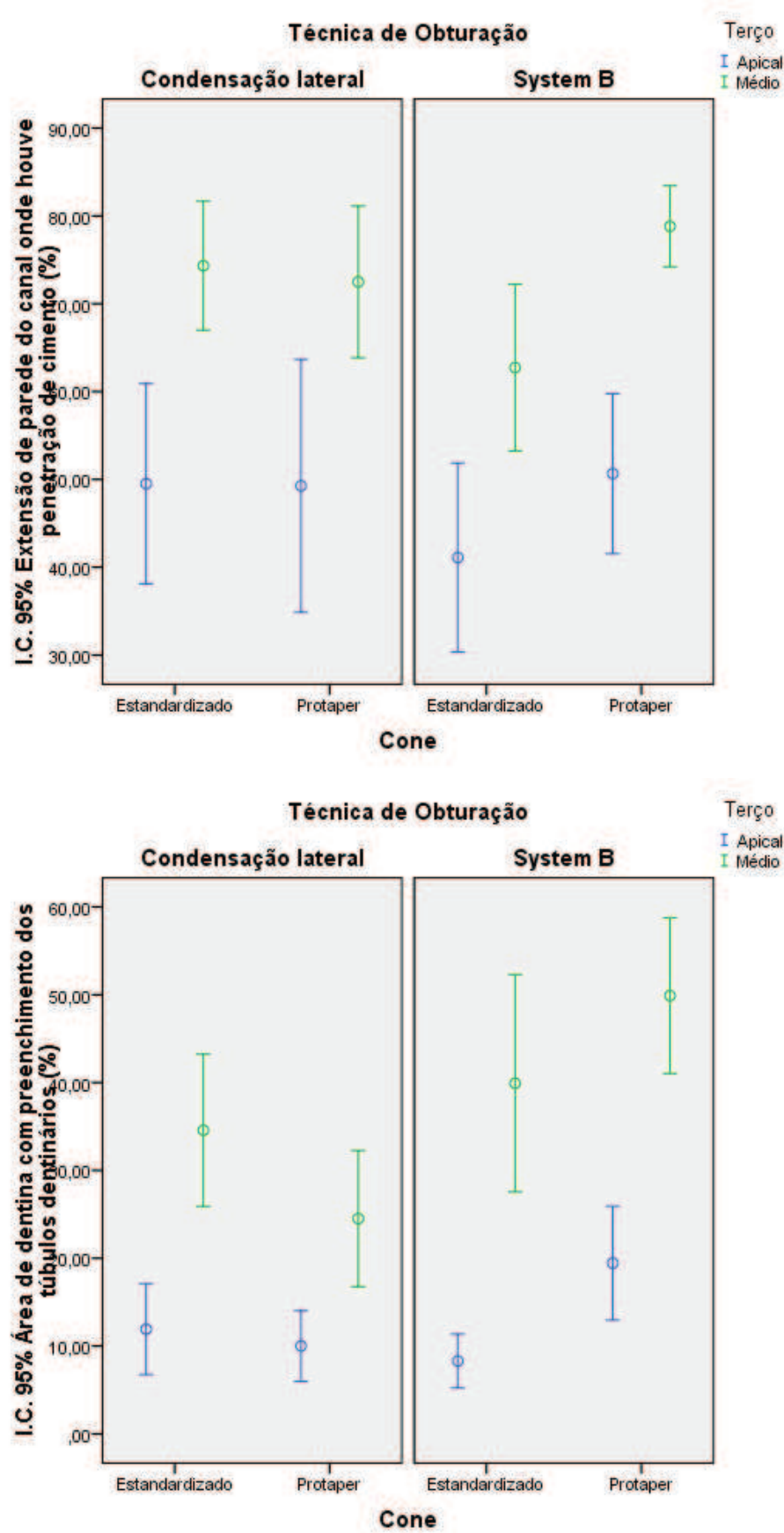
A Tabela 15 e o Gráfico 10 contêm os valores individuais (média e desvio padrão) da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento por diferentes cones, técnica de obturação e terços, expressos em porcentagem.

**Tabela 15-** Estatística descritiva da variáveis área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento, em porcentagem, segundo os diferentes cones, técnica de obturação e terços.

|                                                                  |                                           | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Estandarizado/ Condensação lateral/Apical | 15  | 11,93 | 9,36          | 2,42        |
|                                                                  | Estandarizado/ Condensação lateral/Médio  | 15  | 34,58 | 15,65         | 4,04        |
|                                                                  | Estandarizado/ System B/Apical            | 15  | 8,30  | 5,54          | 1,43        |
|                                                                  | Estandarizado/ System B/Médio             | 15  | 39,93 | 22,33         | 5,77        |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Apical       | 15  | 10,01 | 7,25          | 1,87        |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Médio        | 15  | 24,51 | 14,01         | 3,62        |
|                                                                  | Protaper/System B/Apical                  | 15  | 19,44 | 11,70         | 3,02        |
|                                                                  | Protaper/System B/Médio                   | 15  | 49,90 | 16,01         | 4,13        |
|                                                                  | Total                                     | 120 | 24,83 | 19,59         | 1,79        |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Estandarizado/Conde nsação lateral/Apical | 15  | 49,51 | 20,58         | 5,31        |
|                                                                  | Estandarizado/Conde nsação lateral/Médio  | 15  | 74,33 | 13,27         | 3,43        |
|                                                                  | Estandarizado/ System B/Apical            | 15  | 41,11 | 19,43         | 5,02        |
|                                                                  | Estandarizado/ System B/Médio             | 15  | 62,74 | 17,14         | 4,43        |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Apical       | 15  | 49,27 | 26,00         | 6,71        |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Médio        | 15  | 72,49 | 15,59         | 4,03        |
|                                                                  | Protaper/System B/Apical                  | 15  | 50,66 | 16,44         | 4,24        |
|                                                                  | Protaper/System B/Médio                   | 15  | 78,82 | 8,34          | 2,15        |
|                                                                  | Total                                     | 120 | 59,87 | 21,75         | 1,99        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 10–** Representação gráfica das médias globais da área de dentina e extensão de parede de canal radicular onde houve penetração do cimento segundo diferentes cones, técnica de obturação e terços.



**Tabela 16** – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

|                                                                  | Grupos                                   | Estatística | Graus de liberdade | Valor p |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|--------------------|---------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | ,152        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | ,116        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Estandarizado/System B/Apical            | ,147        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Estandarizado/System B/Médio             | ,190        | 15                 | 0,1503  |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Apical      | ,200        | 15                 | 0,1105  |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Médio       | ,108        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Protaper/System B/Apical                 | ,144        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Protaper/System B/Médio                  | ,140        | 15                 | 0,2000  |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | ,154        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | ,143        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Estandarizado/System B/Apical            | ,149        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Estandarizado/System B/Médio             | ,150        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Apical      | ,162        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Protaper/Condensação lateral/Médio       | ,149        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Protaper/System B/Apical                 | ,159        | 15                 | 0,2000  |
|                                                                  | Protaper/System B/Médio                  | ,113        | 15                 | 0,2000  |

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela 17** – Teste de homogeneidade de variância de Levene

|                                                                  | Estatística de Levene | Graus de liberdade 1 | Graus de liberdade 2 | Valor p |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------|
| Área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (%)    | 5,531                 | 7                    | 112                  | 0,0000  |
| Extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (%) | 2,616                 | 7                    | 112                  | 0,0154  |

Fonte: dados da pesquisa

Na tabela 16 realizou-se a aplicação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, mostrando que os grupos experimentais apresentaram distribuição normal ( $p > 0,05$ ). Analisando a tabela 17, o teste de homogeneidade de variância de Levene mostrou que os grupos não são homogêneos ( $p < 0,05$ ), razão pela qual optou-se pela utilização da técnica não-paramétrica de análise de variância para comparar se existia diferença estatística entre os valores médios.

**Tabela 18** – Análise de variância a três critérios (Cones X Técnica de obturação X Terços)

| Fonte de variação                   | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Estatística F | Sig.   |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|--------|
| Cone                                | 156,419            | 1                  | 156,419        | ,832          | 0,3636 |
| Técnica de obturação                | 2502,208           | 1                  | 2502,208       | 13,311        | 0,0004 |
| Terço                               | 18466,442          | 1                  | 18466,442      | 98,234        | 0,0000 |
| Cone * Técnica de obturação         | 2055,758           | 1                  | 2055,758       | 10,936        | 0,0013 |
| Cone * Terço                        | 162,442            | 1                  | 162,442        | ,864          | 0,3546 |
| Técnica de obturação * Terço        | 1166,400           | 1                  | 1166,400       | 6,205         | 0,0142 |
| Cone * Técnica de obturação * Terço | 91,134             | 1                  | 91,134         | ,485          | 0,4877 |

Fonte: dados da pesquisa

A análise de variância apresentada na Tabela 18 correspondente a variável dependente área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários mostrou existir homogeneidade entre os valores médios de porcentagem de área preenchida para cone, cone X terço e cone X técnica de obturação X terço ( $p > 0,05$ ), porém apresenta diferença entre técnica de obturação e terço, cone X técnica de obturação e técnica de obturação X terço ( $p < 0,05$ ).

Para a variável dependente extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento, a análise de variância apresentada na Tabela 19 mostrou existir homogeneidade entre os valores médios para cone, técnica de obturação, cone X terço, técnica de obturação X terço e cone X técnica de obturação X terço. Apresenta, no entanto, diferença entre terço e entre cone X técnica de obturação.

**Tabela 19** – Análise de variância a três critérios (Cones X Técnica de obturação X Terços)

| Fonte de variação                   | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Estatística F | Sig.   |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|--------|
| Cone                                | 1039,876           | 1                  | 1039,876       | 3,288         | 0,0725 |
| Técnica de obturação                | 282,973            | 1                  | 282,973        | ,895          | 0,3462 |
| Terço                               | 17944,893          | 1                  | 17944,893      | 56,744        | 0,0000 |
| Cone * Técnica de obturação         | 1440,127           | 1                  | 1440,127       | 4,554         | 0,0350 |
| Cone * Terço                        | 45,719             | 1                  | 45,719         | ,145          | 0,7045 |
| Técnica de obturação * Terço        | 5,787              | 1                  | 5,787          | ,018          | 0,8926 |
| Cone * Técnica de obturação * Terço | 123,877            | 1                  | 123,877        | ,392          | 0,5327 |

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela 20** – Teste de Games-Howell para comparações múltiplas.

| Grupo                                     | Grupos                                    | Intervalo de confiança 95% |                 |                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                                           |                                           | Valor p                    | Limite inferior | Limite superior |
| Estandardizado/Condensação lateral/apical | Estandardizado/System B/Apical            | 0,8913                     | -5,7072         | 12,9826         |
|                                           | Protaper/Condensação lateral/Apical       | 0,9981                     | -8,1190         | 11,9684         |
|                                           | Protaper/System B/Apical                  | 0,5368                     | -20,2023        | 5,1868          |
| Estandardizado/Condensação lateral/Médio  | Estandardizado/System B/Médio             | 0,9938                     | -28,5770        | 17,8826         |
|                                           | Protaper/Condensação lateral/Médio        | 0,5900                     | -7,6853         | 27,8142         |
|                                           | Protaper/System B/Médio                   | 0,1800                     | -34,2263        | 3,5771          |
| Estandardizado/System B/Apical            | Estandardizado/Condensação lateral/Apical | 0,8913                     | -12,9826        | 5,7072          |
|                                           | Protaper/Condensação lateral/Apical       | 0,9953                     | -9,4633         | 6,0373          |
|                                           | Protaper/System B/Apical                  | 0,0539                     | -22,4145        | 0,1236          |
| Estandardizado/System B/Médio             | Estandardizado/Condensação lateral/Médio  | 0,9938                     | -17,8826        | 28,5770         |
|                                           | Protaper/Condensação lateral/Médio        | 0,3526                     | -7,1719         | 37,9952         |
|                                           | Protaper/System B/Médio                   | 0,8461                     | -33,3616        | 13,4068         |
| Protaper/Condensação lateral/Apical       | Estandardizado/Condensação lateral/Apical | 0,9981                     | -11,9684        | 8,1190          |
|                                           | Estandardizado/System B/Apical            | 0,9953                     | -6,0373         | 9,4633          |
|                                           | Protaper/System B/Apical                  | 0,1867                     | -21,2312        | 2,3664          |
| Protaper/Condensação lateral/Médio        | Estandardizado/Condensação lateral/Médio  | 0,5900                     | -27,8142        | 7,6853          |
|                                           | Estandardizado/System B/Médio             | 0,3526                     | -37,9952        | 7,1719          |
|                                           | Protaper/System B/Médio                   | 0,0018                     | -43,3755        | -7,4026         |
| Protaper/System B/Apical                  | Estandardizado/Condensação lateral/Apical | 0,5368                     | -5,1868         | 20,2023         |
|                                           | Estandardizado/System B/Apical            | 0,0539                     | -,1236          | 22,4145         |
|                                           | Protaper/Condensação lateral/Apical       | 0,1867                     | -2,3664         | 21,2312         |
| Protaper/System B/Médio                   | Estandardizado/Condensação lateral/Médio  | 0,1800                     | -3,5771         | 34,2263         |
|                                           | Estandardizado/System B/Médio             | 0,8461                     | -13,4068        | 33,3616         |
|                                           | Protaper/Condensação lateral/Médio        | 0,0018                     | 7,4026          | 43,3755         |

Fonte: dados da pesquisa.

A utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas para análise da área de dentina com preenchimento dos túbulos dentinários (Tabela 20) mostrou que, no terço médio, o grupo obturado com cones ProTaper em associação com

técnica System B apresentou a maior área de penetração de cimento nos túbulos dentinários, diferindo estatisticamente do cone ProTaper obturado com a técnica da condensação lateral. Demais grupos comportaram-se semelhantes entre si.

**Tabela 21** – Teste de Games-Howell para comparações múltiplas.

| Grupo                                    | Grupos                                   | Intervalo de confiança 95% |                 |                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                                          |                                          | Valor p                    | Limite inferior | Limite superior |
| Estandarizado/Condensação lateral/Apical | Estandarizado/System B/Apical            | 0,9391                     | -15,4960        | 32,3098         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 1,0000                     | -27,8702        | 28,3571         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 1,0000                     | -23,4666        | 21,1814         |
| Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | Estandarizado/System B/Médio             | 0,4574                     | -6,7987         | 29,9839         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 1,0000                     | -15,4830        | 19,1602         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,9482                     | -17,9117        | 8,9318          |
| Estandarizado/System B/Apical            | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,9391                     | -32,3098        | 15,4960         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,9742                     | -35,7369        | 19,4100         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,8243                     | -31,0804        | 11,9815         |
| Estandarizado/System B/Médio             | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,4574                     | -29,9839        | 6,7987          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,7290                     | -29,3360        | 9,8280          |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,0612                     | -32,6535        | ,4884           |
| Protaper/Condensação lateral/Apical      | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 1,0000                     | -28,3571        | 27,8702         |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,9742                     | -19,4100        | 35,7369         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 1,0000                     | -27,7262        | 24,9542         |
| Protaper/Condensação lateral/Médio       | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 1,0000                     | -19,1602        | 15,4830         |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,7290                     | -9,8280         | 29,3360         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,8538                     | -21,6154        | 8,9584          |
| Protaper/System B/Apical                 | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 1,0000                     | -21,1814        | 23,4666         |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,8243                     | -11,9815        | 31,0804         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 1,0000                     | -24,9542        | 27,7262         |
| Protaper/System B/Médio                  | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,9482                     | -8,9318         | 17,9117         |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,0612                     | -,4884          | 32,6535         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,8538                     | -8,9584         | 21,6154         |

Fonte: dados da pesquisa

Para a análise da extensão de parede do canal onde houve penetração de cimento (Tabela 21), a utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas mostrou que todos os grupos comportaram estatisticamente iguais entre si, comparando-se com os seus respectivos terços.

### 3.3 A porcentagem de área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular.

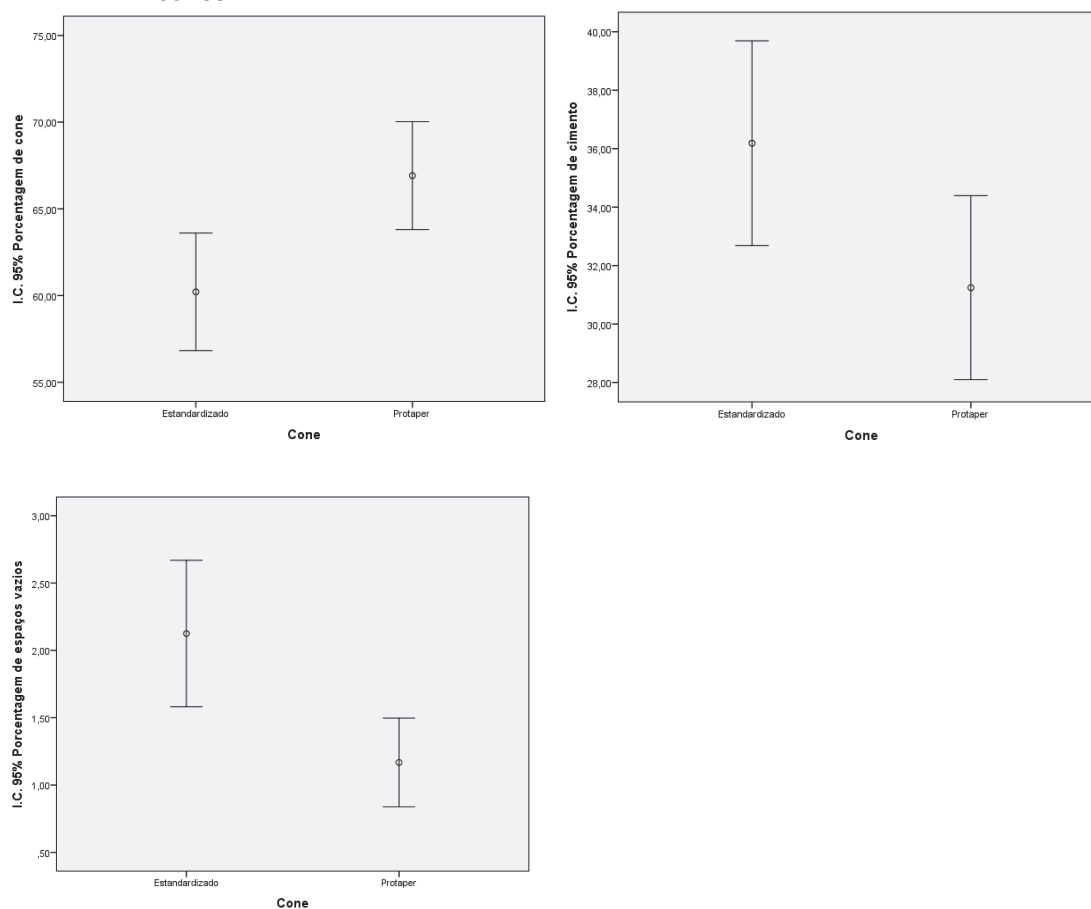
Os valores globais (média e desvio padrão) da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular expressos em porcentagem, segundo os diferentes cones, técnica de obturação e terços encontram-se descritos na Tabela 22 e Gráfico 11, Tabela 23 e Gráfico 12 e Tabela 24 e Gráfico 13 respectivamente.

**Tabela 22-** Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo os diferentes cones

|                               |               | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|---------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Estandarizado | 60  | 60,21 | 13,11         | 1,69        |
|                               | Protaper      | 60  | 66,91 | 12,04         | 1,55        |
|                               | Total         | 120 | 63,56 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Estandarizado | 60  | 36,19 | 13,56         | 1,75        |
|                               | Protaper      | 60  | 31,24 | 12,19         | 1,57        |
|                               | Total         | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Estandarizado | 60  | 2,12  | 2,10          | 0,27        |
|                               | Protaper      | 60  | 1,17  | 1,27          | 0,16        |
|                               | Total         | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 11** – Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo os diferentes cones.

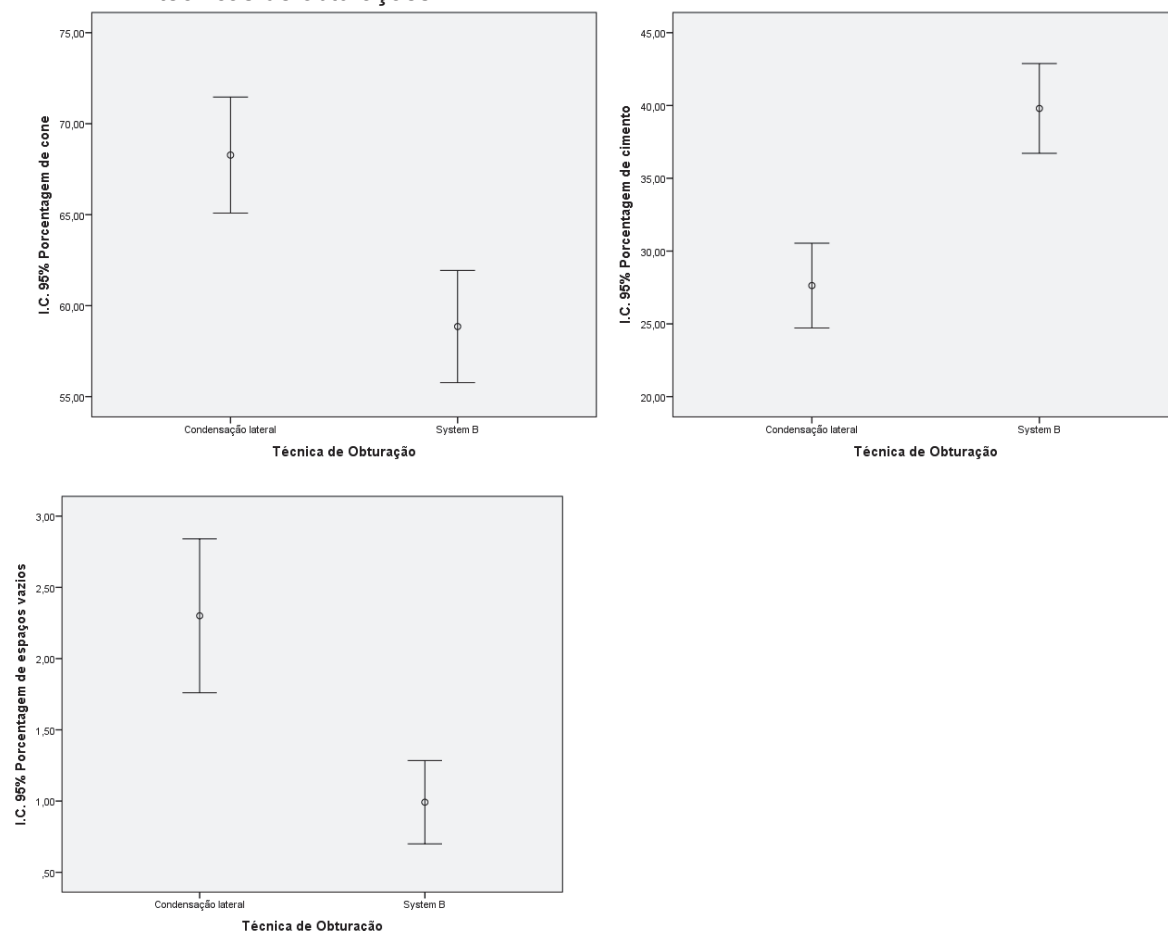


**Tabela 23-** Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo as diferentes técnicas de obturações.

|                               |                     | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|---------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Condensação lateral | 60  | 68,27 | 12,34         | 1,59        |
|                               | System B            | 60  | 58,85 | 11,93         | 1,54        |
|                               | Total               | 120 | 63,56 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Condensação lateral | 60  | 27,63 | 11,27         | 1,45        |
|                               | System B            | 60  | 39,80 | 11,95         | 1,54        |
|                               | Total               | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Condensação lateral | 60  | 2,30  | 2,09          | 0,27        |
|                               | System B            | 60  | 0,99  | 1,13          | 0,15        |
|                               | Total               | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 12** – Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo as diferentes técnicas de obturações.

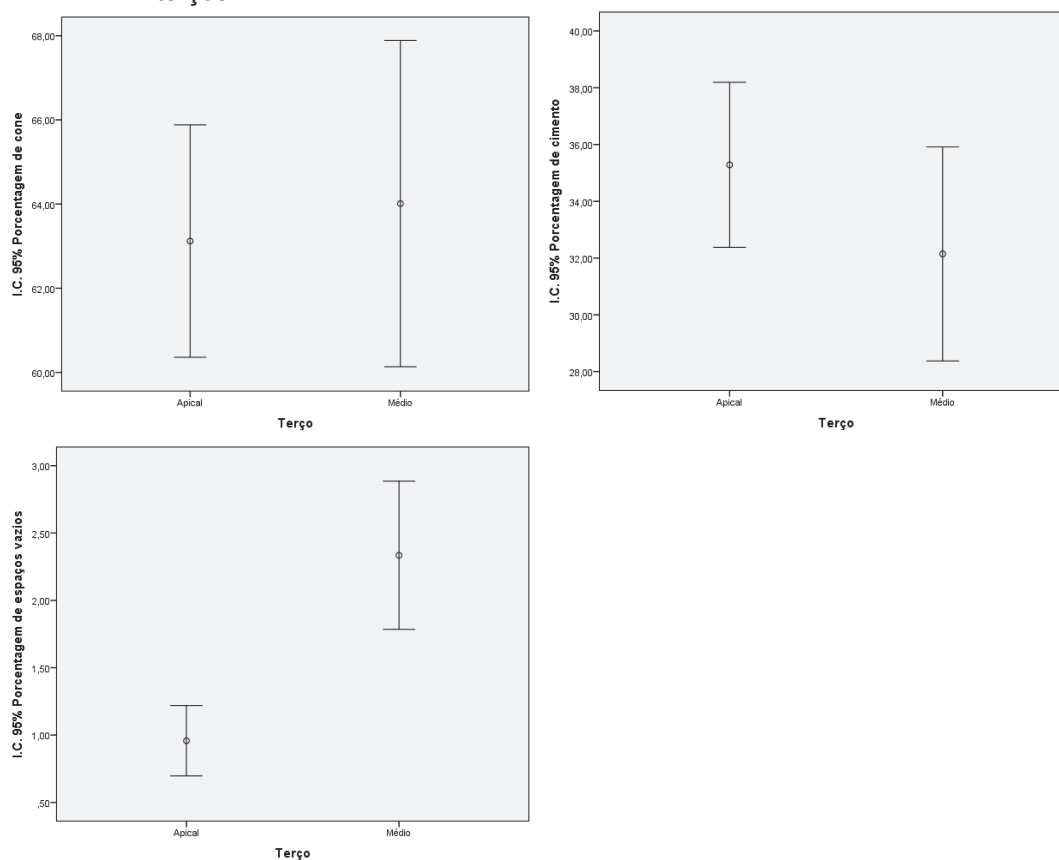


**Tabela 24**– Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo os terços.

|                               |        | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|--------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Apical | 60  | 63,12 | 10,69         | 1,38        |
|                               | Médio  | 60  | 64,01 | 15,00         | 1,94        |
|                               | Total  | 120 | 63,56 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Apical | 60  | 35,28 | 11,26         | 1,45        |
|                               | Médio  | 60  | 32,14 | 14,60         | 1,88        |
|                               | Total  | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Apical | 60  | 0,96  | 1,01          | 0,13        |
|                               | Médio  | 60  | 2,33  | 2,13          | 0,27        |
|                               | Total  | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 13** – Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo os diferentes terços.



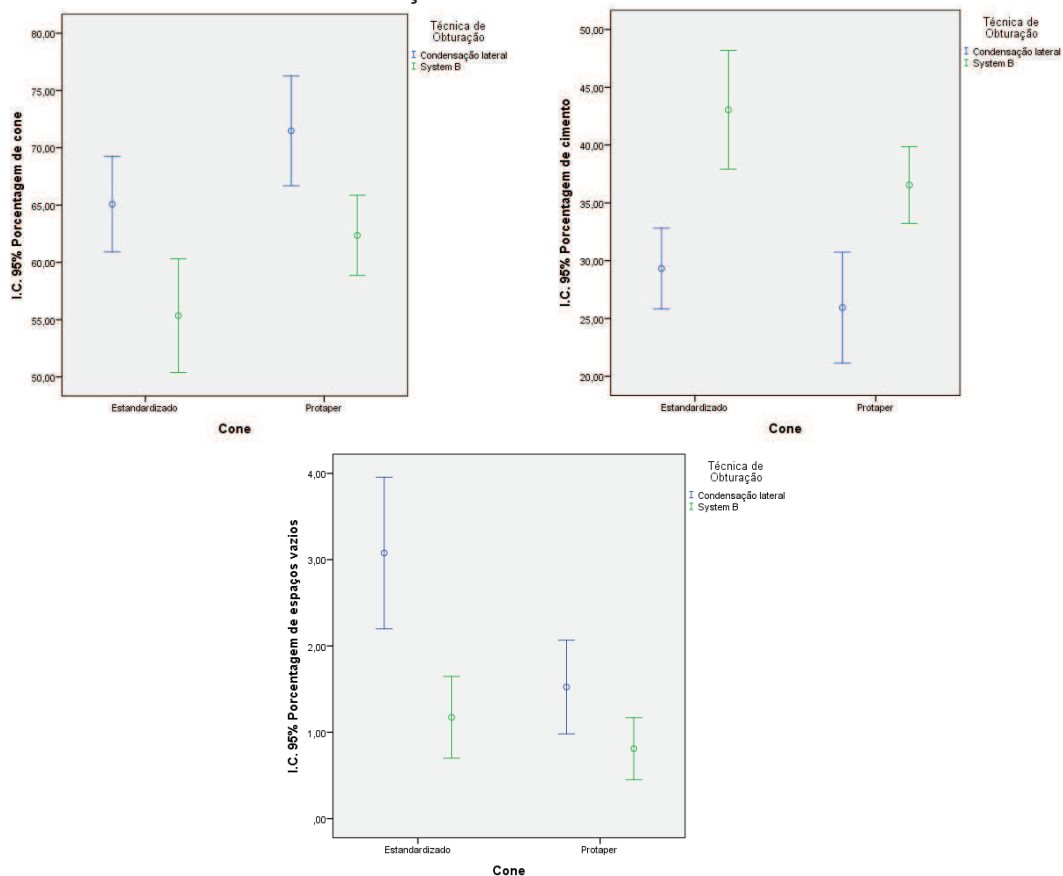
A Tabela 25 e o Gráfico 14 contêm os valores (média e desvio padrão) da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular por diferentes cones e técnica de obturação, expressos em porcentagem.

**Tabela 25-** Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo cones e técnica de obturação.

|                               |                                    | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|------------------------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Estandarizado/ Condensação lateral | 30  | 65,07 | 11,16         | 2,04        |
|                               | Estandarizado/ System B            | 30  | 55,35 | 13,29         | 2,42        |
|                               | Protaper/ Condensação lateral      | 30  | 71,47 | 12,81         | 2,34        |
|                               | Protaper/System B                  | 30  | 62,36 | 9,36          | 1,71        |
|                               | Total                              | 120 | 63,56 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Estandarizado/ Condensação lateral | 30  | 29,32 | 9,33          | 1,70        |
|                               | Estandarizado/ System B            | 30  | 43,05 | 13,78         | 2,51        |
|                               | Protaper/ Condensação lateral      | 30  | 25,94 | 12,86         | 2,35        |
|                               | Protaper/System B                  | 30  | 36,55 | 8,87          | 1,62        |
|                               | Total                              | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Estandarizado/ Condensação lateral | 30  | 3,08  | 2,35          | 0,43        |
|                               | Estandarizado/ System B            | 30  | 1,17  | 1,27          | 0,23        |
|                               | Protaper/ Condensação lateral      | 30  | 1,52  | 1,45          | 0,26        |
|                               | Protaper/System B                  | 30  | 0,81  | 0,96          | 0,18        |
|                               | Total                              | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 14** – Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo os diferentes cones e técnica de obturação.



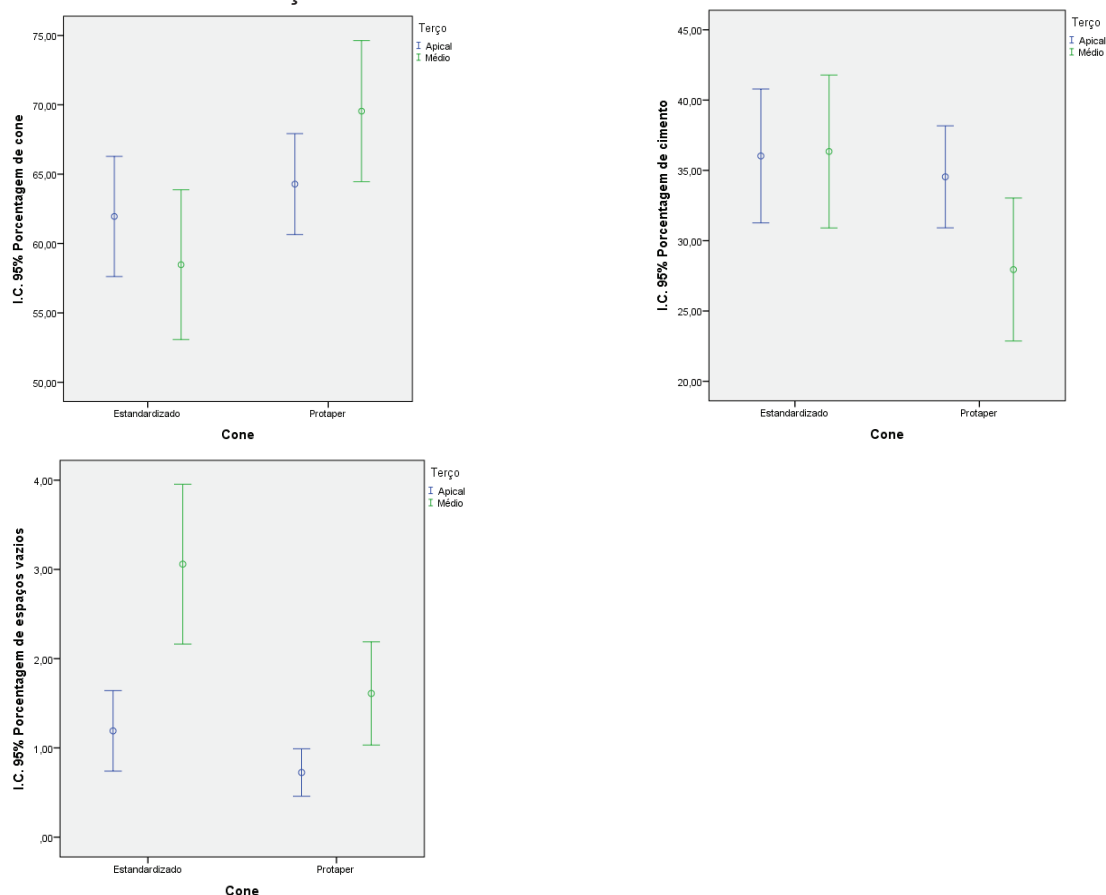
A Tabela 26 e a Gráfico 15 contêm os valores (média e desvio padrão) da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular por diferentes cones e terços, expressos em porcentagem. Enquanto que a Tabela 27 e a Gráfico 16 contêm os valores segundo diferentes técnicas de obturação e terços.

**Tabela 26-** Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo cones e terços.

|                               |                      | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|----------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Estandarizado/Apical | 30  | 61,95 | 11,61         | 2,12        |
|                               | Estandarizado/Médio  | 30  | 58,48 | 14,46         | 2,64        |
|                               | Protaper/Apical      | 30  | 64,29 | 9,74          | 1,78        |
|                               | Protaper/Médio       | 30  | 69,55 | 13,63         | 2,49        |
|                               | Total                | 120 | 63,57 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Estandarizado/Apical | 30  | 36,03 | 12,74         | 2,33        |
|                               | Estandarizado/Médio  | 30  | 36,35 | 14,56         | 2,66        |
|                               | Protaper/Apical      | 30  | 34,54 | 9,71          | 1,77        |
|                               | Protaper/Médio       | 30  | 27,94 | 13,61         | 2,49        |
|                               | Total                | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Estandarizado/Apical | 30  | 1,19  | 1,21          | 0,22        |
|                               | Estandarizado/Médio  | 30  | 3,06  | 2,40          | 0,44        |
|                               | Protaper/Apical      | 30  | 0,72  | 0,71          | 0,13        |
|                               | Protaper/Médio       | 30  | 1,61  | 1,55          | 0,28        |
|                               | Total                | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 15** – Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo os diferentes cones e terços.

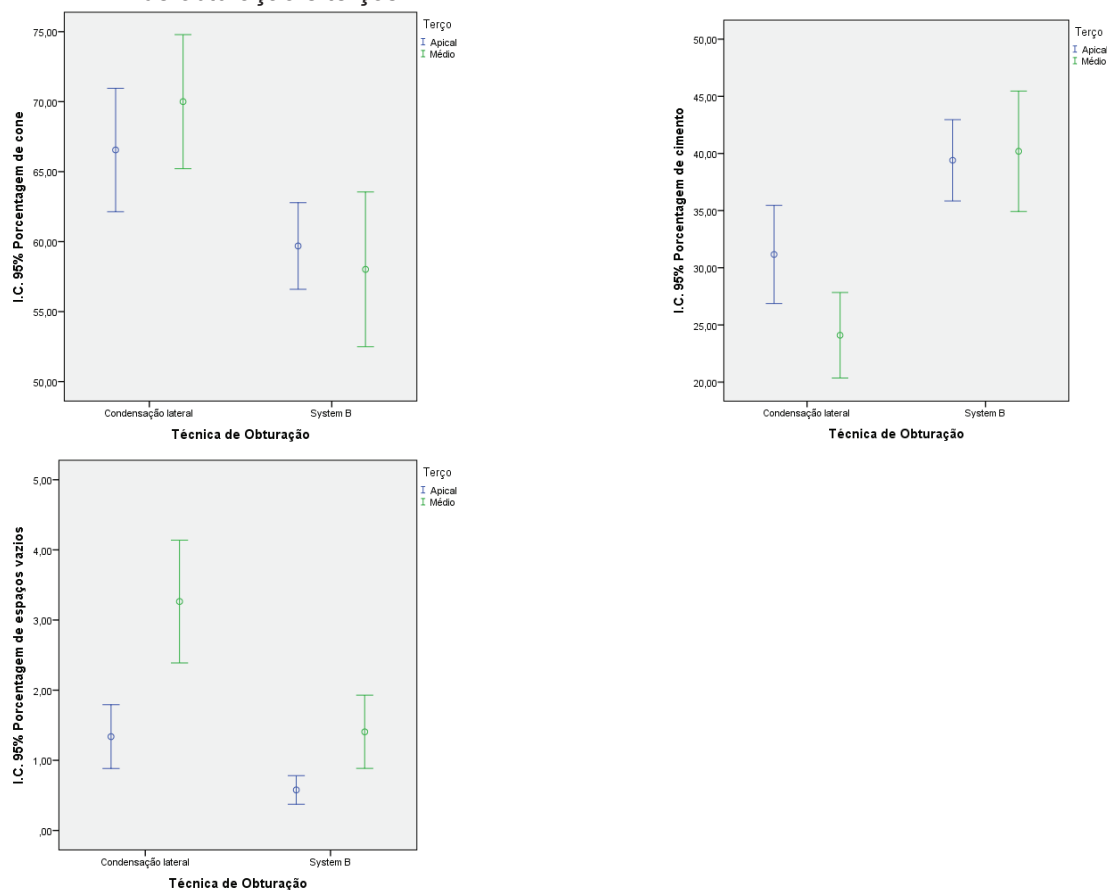


**Tabela 27-** Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo diferentes técnicas de obturação e terços.

|                               |                            | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|----------------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Condensação lateral/Apical | 30  | 66,55 | 11,80         | 2,15        |
|                               | Condensação lateral/Médio  | 30  | 70,00 | 12,82         | 2,34        |
|                               | System B/Apical            | 30  | 59,69 | 8,30          | 1,51        |
|                               | System B/Médio             | 30  | 58,02 | 14,81         | 2,70        |
|                               | Total                      | 120 | 63,57 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Condensação lateral/Apical | 30  | 31,17 | 11,49         | 2,10        |
|                               | Condensação lateral/Médio  | 30  | 24,10 | 10,02         | 1,83        |
|                               | System B/Apical            | 30  | 39,40 | 9,52          | 1,74        |
|                               | System B/Médio             | 30  | 40,19 | 14,12         | 2,58        |
|                               | Total                      | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Condensação lateral/Apical | 30  | 1,34  | 1,22          | 0,22        |
|                               | Condensação lateral/Médio  | 30  | 3,26  | 2,34          | 0,43        |
|                               | System B/Apical            | 30  | 0,58  | 0,55          | 0,10        |
|                               | System B/Médio             | 30  | 1,41  | 1,40          | 0,26        |
|                               | Total                      | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 16**–Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo diferentes técnica de obturação e terços.



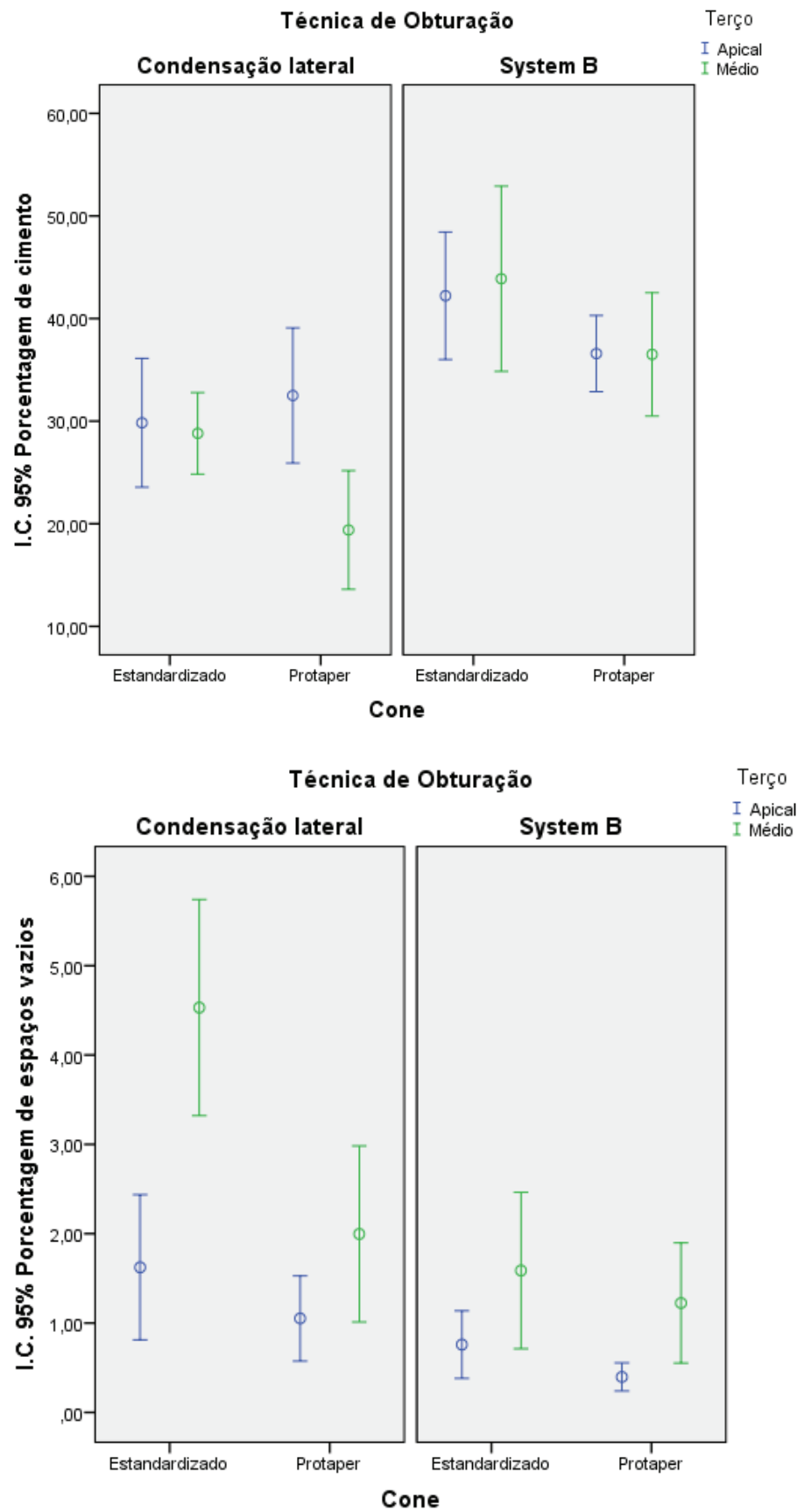
A Tabela 28 e o Gráfico 17 contêm os valores individuais (média e desvio padrão) da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular por diferentes cones, técnica de obturação e terços, expressos em porcentagem.

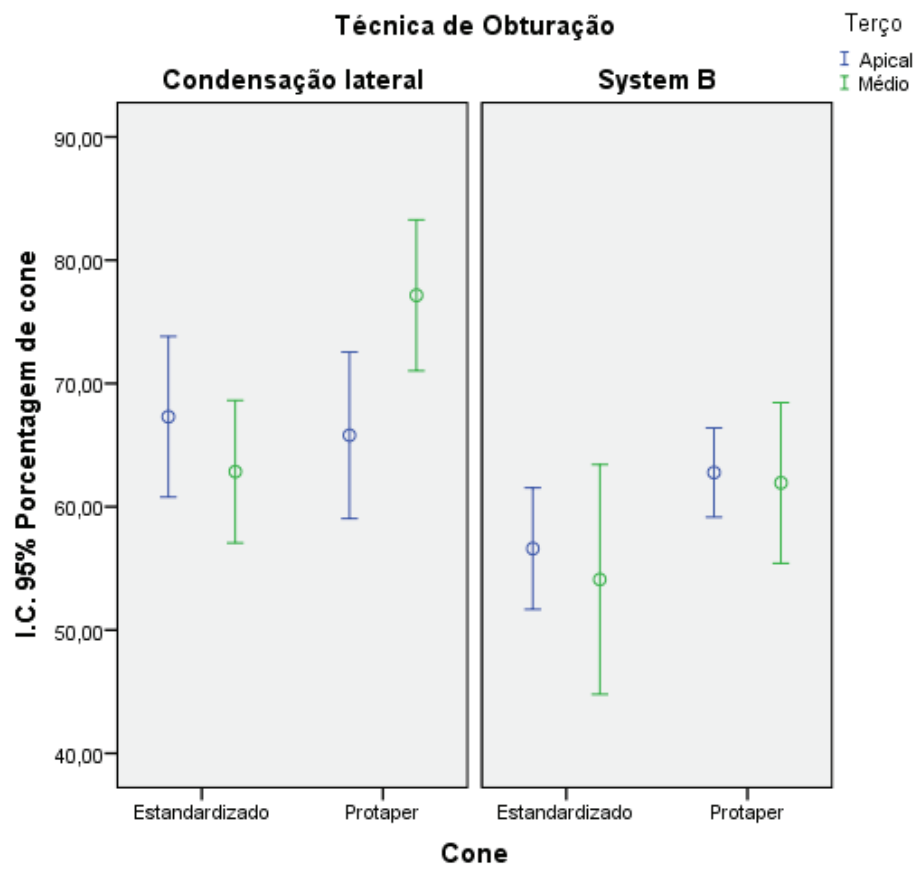
**Tabela 28-** Estatística descritiva das variáveis área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular, em porcentagem, segundo os diferentes cones, técnica de obturação e terços.

|                               |                                          | N   | Média | Desvio padrão | Erro padrão |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----|-------|---------------|-------------|
| Porcentagem de cone           | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 15  | 67,30 | 11,76         | 3,04        |
|                               | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 15  | 62,85 | 10,44         | 2,70        |
|                               | Estandarizado/System B/Apical            | 15  | 56,60 | 8,91          | 2,30        |
|                               | Estandarizado/System B/Médio             | 15  | 54,10 | 16,82         | 4,34        |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 15  | 65,80 | 12,21         | 3,15        |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 15  | 77,15 | 11,05         | 2,85        |
|                               | Protaper/System B/Apical                 | 15  | 62,78 | 6,54          | 1,69        |
|                               | Protaper/System B/Médio                  | 15  | 61,94 | 11,77         | 3,04        |
|                               | Total                                    | 120 | 63,57 | 12,98         | 1,18        |
| Porcentagem de cimento        | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 15  | 29,84 | 11,33         | 2,93        |
|                               | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 15  | 28,81 | 7,18          | 1,85        |
|                               | Estandarizado/System B/Apical            | 15  | 42,22 | 11,22         | 2,90        |
|                               | Estandarizado/System B/Médio             | 15  | 43,88 | 16,30         | 4,21        |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 15  | 32,50 | 11,89         | 3,07        |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 15  | 19,39 | 10,45         | 2,70        |
|                               | Protaper/System B/Apical                 | 15  | 36,59 | 6,71          | 1,73        |
|                               | Protaper/System B/Médio                  | 15  | 36,50 | 10,86         | 2,80        |
|                               | Total                                    | 120 | 33,71 | 13,08         | 1,19        |
| Porcentagem de espaços vazios | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 15  | 1,62  | 1,47          | 0,38        |
|                               | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 15  | 4,53  | 2,19          | 0,56        |
|                               | Estandarizado/System B/Apical            | 15  | 0,76  | 0,68          | 0,18        |
|                               | Estandarizado/System B/Médio             | 15  | 1,59  | 1,58          | 0,41        |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 15  | 1,05  | 0,86          | 0,22        |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 15  | 2,00  | 1,78          | 0,46        |
|                               | Protaper/System B/Apical                 | 15  | 0,40  | 0,28          | 0,07        |
|                               | Protaper/System B/Médio                  | 15  | 1,22  | 1,22          | 0,31        |
|                               | Total                                    | 120 | 1,65  | 1,80          | 0,16        |

Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 17**– Representação gráfica das médias globais da área de guta-percha, cimento e espaços vazios da massa obturadora do canal radicular segundo diferentes cones, técnica de obturação e terços.





**Tabela 29** – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

|                               | Grupos                                   | Estatística | Graus de liberdade | Valor p |
|-------------------------------|------------------------------------------|-------------|--------------------|---------|
| Porcentagem de cone           | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | ,088        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | ,144        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Estandarizado/System B/Apical            | ,207        | 15                 | 0,0817  |
|                               | Estandarizado/System B/Médio             | ,123        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Apical      | ,122        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Médio       | ,164        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/System B/Apical                 | ,167        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/System B/Médio                  | ,112        | 15                 | 0,2000  |
| Porcentagem de cimento        | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | ,134        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | ,210        | 15                 | 0,0734  |
|                               | Estandarizado/System B/Apical            | ,166        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Estandarizado/System B/Médio             | ,144        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Apical      | ,131        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Médio       | ,151        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/System B/Apical                 | ,167        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/System B/Médio                  | ,120        | 15                 | 0,2000  |
| Porcentagem de espaços vazios | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | ,164        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | ,206        | 15                 | 0,0877  |
|                               | Estandarizado/System B/Apical            | ,211        | 15                 | 0,0722  |
|                               | Estandarizado/System B/Médio             | ,204        | 15                 | 0,0933  |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Apical      | ,193        | 15                 | 0,1393  |
|                               | Protaper/Condensação lateral/Médio       | ,161        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/System B/Apical                 | ,160        | 15                 | 0,2000  |
|                               | Protaper/System B/Médio                  | ,185        | 15                 | 0,1754  |

Fonte: dados da pesquisa

Na tabela 29 realizou-se a aplicação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, mostrando que os grupos experimentais apresentaram distribuição normal ( $p > 0,05$ ). Analisando a tabela 30, o teste de homogeneidade de variância de Levene mostrou que os grupos não são homogêneos ( $p < 0,05$ ), razão pela qual optou-se pela utilização da técnica não-paramétrica de análise de variância para comparar se existia diferença estatística entre os valores médios de porcentagem de área.

**Tabela 30** – Teste de homogeneidade de variância de Levene

|                               | Estatística de Levene | Graus de liberdade 1 | Graus de liberdade 2 | Valor p |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------|
| Porcentagem de cone           | 2,311                 | 7                    | 112                  | 0,0307  |
| Porcentagem de cimento        | 2,905                 | 7                    | 112                  | 0,0079  |
| Porcentagem de espaços vazios | 7,672                 | 7                    | 112                  | ,0,0000 |

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela 31** – Análise de variância a três critérios (Cones X Técnica de obturação X Terços)

| Fonte de variação                       | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Estatística F | Sig.   |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|--------|
| Cone                                    | 1347,303           | 1                  | 1347,303       | 10,150        | 0,0019 |
| Técnicadeobturação                      | 2662,563           | 1                  | 2662,563       | 20,058        | 0,0000 |
| Terço                                   | 23,825             | 1                  | 23,825         | ,179          | 0,6726 |
| Cone *<br>Técnicadeobturação            | 2,733              | 1                  | 2,733          | ,021          | 0,8862 |
| Cone * Terço                            | 572,164            | 1                  | 572,164        | 4,310         | 0,0402 |
| Técnicadeobturação<br>* Terço           | 196,890            | 1                  | 196,890        | 1,483         | 0,2258 |
| Cone *<br>Técnicadeobturação<br>* Terço | 375,346            | 1                  | 375,346        | 2,828         | 0,0954 |

Fonte: dados da pesquisa

A análise de variância apresentada na Tabela 31 correspondente a variável dependente porcentagem de cone mostrou existir homogeneidade entre os valores médios de terço, cone X técnica de obturação, técnica de obturação X terço e cone X técnica de obturação X terço ( $p > 0,05$ ), porém apresenta diferença entre cone, técnica de obturação e cone X terço ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 32** – Análise de variância a três critérios (Cones X Técnica de obturação X Terços)

| Fonte de variação                       | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Estatística F | Sig.   |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|--------|
| Cone                                    | 732,899            | 1                  | 732,899        | 5,952         | 0,0163 |
| Técnicadeobturação                      | 4440,590           | 1                  | 4440,590       | 36,064        | 0,0000 |
| Terço                                   | 295,788            | 1                  | 295,788        | 2,402         | 0,1240 |
| Cone *<br>Técnicadeobturação            | 73,195             | 1                  | 73,195         | ,594          | 0,4423 |
| Cone * Terço                            | 358,940            | 1                  | 358,940        | 2,915         | 0,0905 |
| Técnicadeobturação<br>* Terço           | 462,718            | 1                  | 462,718        | 3,758         | 0,0551 |
| Cone *<br>Técnicadeobturação<br>* Terço | 199,950            | 1                  | 199,950        | 1,624         | 0,2052 |

Fonte: dados da pesquisa

Para a variável dependente porcentagem de cimento, a análise de variância apresentada na Tabela 32 mostrou existir homogeneidade entre os valores médios para terço, cone X técnica de obturação, cone X terço, técnica de obturação X terço e cone X técnica de obturação X terço ( $p > 0,05$ ). Apresenta, no entanto, diferença entre cone e entre técnica de obturação ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 33** – Análise de variância a três critérios (Cones X Técnica de obturação X Terços)

| Fonte de variação                       | Soma dos quadrados | Graus de liberdade | Quadrado médio | Estatística F | Sig.   |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|--------|
| Cone                                    | 27,523             | 1                  | 27,523         | 14,335        | 0,0002 |
| Técnicadeobturação                      | 51,391             | 1                  | 51,391         | 26,766        | 0,0000 |
| Terço                                   | 56,898             | 1                  | 56,898         | 29,634        | 0,0000 |
| Cone *<br>Técnicadeobturação            | 10,615             | 1                  | 10,615         | 5,528         | 0,0205 |
| Cone * Terço                            | 7,237              | 1                  | 7,237          | 3,769         | 0,0547 |
| Técnicadeobturação<br>* Terço           | 9,037              | 1                  | 9,037          | 4,706         | 0,0322 |
| Cone *<br>Técnicadeobturação<br>* Terço | 7,208              | 1                  | 7,208          | 3,754         | 0,0552 |

Fonte: dados da pesquisa

Na tabela 33, a análise de variância para a variável espaços vazios mostrou existir heterogeneidade entre os valores médios para cone, técnica de obturação, terços e as associações cone X técnica de obturação e técnica de obturação X terço ( $p < 0,05$ ). Apresentaram homogeneidade entre os valores para cone X terço e cone X técnica de obturação X terço ( $p > 0,05$ ).

A utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas ( $p < 0,05$ ) para análise da área de guta-percha (Tabela 34) mostrou que não houve diferença significativa entre os grupos nos 3 mm apicais. Entretanto, aos 6 mm, o grupo obturado com cones ProTaper com a técnica condensação lateral apresentou a maior porcentagem de guta-percha, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

**Tabela 34** – Teste de Games-Howell para comparações múltiplas.

| Grupo                                    | Grupos                                   | Intervalo de confiança 95% |                 |                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                                          |                                          | Valor p                    | Limite inferior | Limite superior |
| Estandarizado/Condensação lateral/Apical | Estandarizado/System B/Apical            | 0,1360                     | -1,8300         | 23,2260         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 1,0000                     | -12,8096        | 15,8190         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,8885                     | -7,0826         | 16,1320         |
| Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | Estandarizado/System B/Médio             | 0,6804                     | -8,2207         | 25,7154         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,0209                     | -27,1423        | -1,4657         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 1,0000                     | -12,3813        | 14,2093         |
| Estandarizado/System B/Apical            | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,1360                     | -23,2260        | 1,8300          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,3036                     | -22,0437        | 3,6570          |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,4046                     | -15,5703        | 3,2237          |
| Estandarizado/System B/Médio             | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,6804                     | -25,7154        | 8,2207          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,0036                     | -40,2492        | -5,8534         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,8116                     | -25,3212        | 9,6545          |
| Protaper/Condensação lateral/Apical      | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 1,0000                     | -15,8190        | 12,8096         |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,3036                     | -3,6570         | 22,0437         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,9881                     | -8,9499         | 14,9899         |
| Protaper/Condensação lateral/Médio       | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,0209                     | 1,4657          | 27,1423         |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,0036                     | 5,8534          | 40,2492         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,0206                     | 1,5858          | 28,8502         |
| Protaper/System B/Apical                 | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,8885                     | -16,1320        | 7,0826          |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,4046                     | -3,2237         | 15,5703         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,9881                     | -14,9899        | 8,9499          |
| Protaper/System B/Médio                  | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 1,0000                     | -14,2093        | 12,3813         |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,8116                     | -9,6545         | 25,3212         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,0206                     | -28,8502        | -1,5858         |

Significante para  $p < 0,05$ .

Fonte: dados da pesquisa

**Tabela 35** – Teste de Games-Howell para comparações múltiplas.

| Grupo                                    | Grupos                                   | Intervalo de confiança 95% |                 |                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                                          |                                          | Valor p                    | Limite inferior | Limite superior |
| Estandarizado/Condensação lateral/Apical | Estandarizado/System B/Apical            | 0,0887                     | -25,8472        | 1,0818          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,9981                     | -16,5341        | 11,2141         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,5112                     | -18,0724        | 4,5618          |
| Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | Estandarizado/System B/Médio             | 0,0620                     | -30,6456        | ,4976           |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,1204                     | -1,3850         | 20,2277         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,3389                     | -18,8119        | 3,4279          |
| Estandarizado/System B/Apical            | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,0887                     | -1,0818         | 25,8472         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,3269                     | -4,0856         | 23,5309         |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,7066                     | -5,5982         | 16,8529         |
| Estandarizado/System B/Médio             | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,0620                     | -,4976          | 30,6456         |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,0012                     | 7,9279          | 41,0628         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,8205                     | -9,3457         | 24,1097         |
| Protaper/Condensação lateral/Apical      | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,9981                     | -11,2141        | 16,5341         |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,3269                     | -23,5309        | 4,0856          |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,9346                     | -15,8617        | 7,6710          |
| Protaper/Condensação lateral/Médio       | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,1204                     | -20,2277        | 1,3850          |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,0012                     | -41,0628        | -7,9279         |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,0031                     | -29,8370        | -4,3897         |
| Protaper/System B/Apical                 | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,5112                     | -4,5618         | 18,0724         |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,7066                     | -16,8529        | 5,5982          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,9346                     | -7,6710         | 15,8617         |
| Protaper/System B/Médio                  | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,3389                     | -3,4279         | 18,8119         |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,8205                     | -24,1097        | 9,3457          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,0031                     | 4,3897          | 29,8370         |

Significante para  $p < 0,05$ .

Fonte: dados da pesquisa

Para a análise da porcentagem de cimento (Tabela 35), a utilização do teste Games-Howell para comparações múltiplas mostrou que todos os grupos comportaram estatisticamente iguais entre si, nos 3 mm apicais. Para o terço médio, ou seja, nos 6 mm finais, o grupo obturado com cones ProTaper com a técnica condensação lateral apresentou a menor porcentagem de cimento, diferindo estatisticamente dos grupos obturados com a técnica do System B, tanto para cones estandardizado, como para cones ProTaper ( $p < 0,05$ ).

Quando foi utilizado o teste Games-Howell para comparações múltiplas ( $p < 0,05$ ) da área de espaços vazios (Tabela 36) não houve diferença significativa entre os grupos nos 3 mm apicais. Entretanto, aos 6 mm, o grupo obturado com cones estandardizados com condensação lateral apresentou a maior porcentagem de espaços vazios na obturação, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

**Tabela 36** – Teste de Games-Howell para comparações múltiplas.

| Grupo                                    | Grupos                                   | Intervalo de confiança 95% |                 |                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                                          |                                          | Valor p                    | Limite inferior | Limite superior |
| Estandarizado/Condensação lateral/Apical | Estandarizado/System B/Apical            | 0,4661                     | -,5465          | 2,2758          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,8896                     | -,8922          | 2,0349          |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,0878                     | -,1211          | 2,5745          |
| Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | Estandarizado/System B/Médio             | 0,0056                     | ,6484           | 5,2369          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,0316                     | ,1471           | 4,9209          |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,0009                     | 1,1497          | 5,4637          |
| Estandarizado/System B/Apical            | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,4661                     | -2,2758         | ,5465           |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,9650                     | -1,2265         | ,6398           |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,5717                     | -,2878          | 1,0118          |
| Estandarizado/System B/Médio             | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,0056                     | -5,2369         | -,6484          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,9973                     | -2,4192         | 1,6019          |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,9960                     | -1,3273         | 2,0553          |
| Protaper/Condensação lateral/Apical      | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,8896                     | -2,0349         | ,8922           |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,9650                     | -,6398          | 1,2265          |
|                                          | Protaper/System B/Apical                 | 0,1603                     | -,1498          | 1,4605          |
| Protaper/Condensação lateral/Médio       | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,0316                     | -4,9209         | -,1471          |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,9973                     | -1,6019         | 2,4192          |
|                                          | Protaper/System B/Médio                  | 0,8536                     | -1,0645         | 2,6099          |
| Protaper/System B/Apical                 | Estandarizado/Condensação lateral/Apical | 0,0878                     | -2,5745         | ,1211           |
|                                          | Estandarizado/System B/Apical            | 0,5717                     | -1,0118         | ,2878           |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Apical      | 0,1603                     | -1,4605         | ,1498           |
| Protaper/System B/Médio                  | Estandarizado/Condensação lateral/Médio  | 0,0009                     | -5,4637         | -1,1497         |
|                                          | Estandarizado/System B/Médio             | 0,9960                     | -2,0553         | 1,3273          |
|                                          | Protaper/Condensação lateral/Médio       | 0,8536                     | -2,6099         | 1,0645          |

Significante para  $p < 0,05$ .

Fonte: dados da pesquisa

#### 4 Referências:

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF Jr (2012) Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* **45**, 871–877.

De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A (2012a) Self-Adjusting File cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling oval shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* **38**, 846-849.

De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011a) The Self-Adjusting File optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* **37**, 701–705.

Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME (1986) Microleakage measurements of selected restorative materials: a new in vitro method. *The Journal of Prosthetic Dentistry* **56**, 435-440.

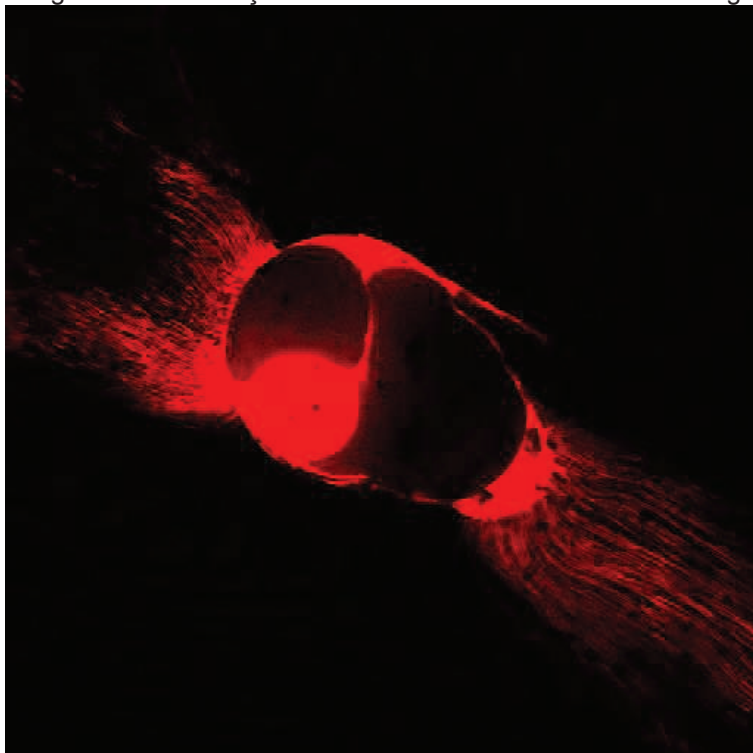
Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardineli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MAH (2011b) Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin–based sealers. *Journal of Endodontics* **37**, 1417-1421.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2011a) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal* **44**, 321-329.

Wu M-K, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR (1993) Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal* **26**, 203– 8.

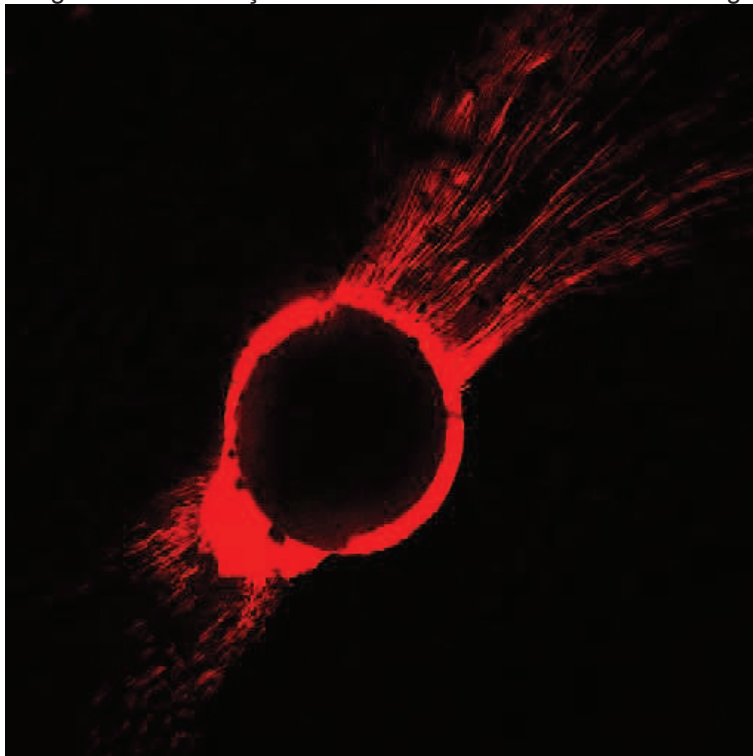
**IMAGEM**

Imagem 1 – Penetração de cimento nas faces vestibular e lingual



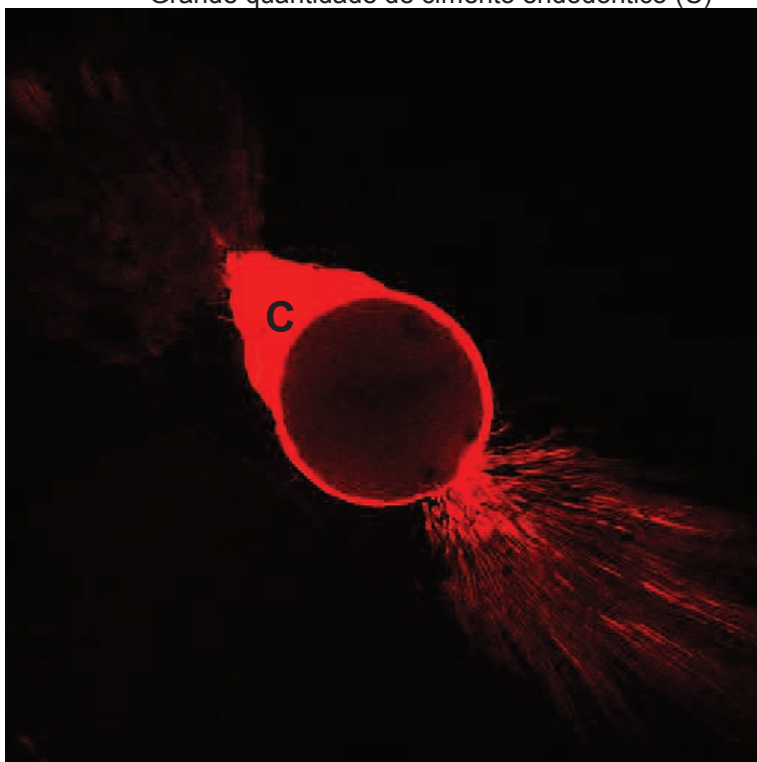
Fonte: Dados da pesquisa

Imagem 2 – Penetração de cimento nas faces vestibular e lingual



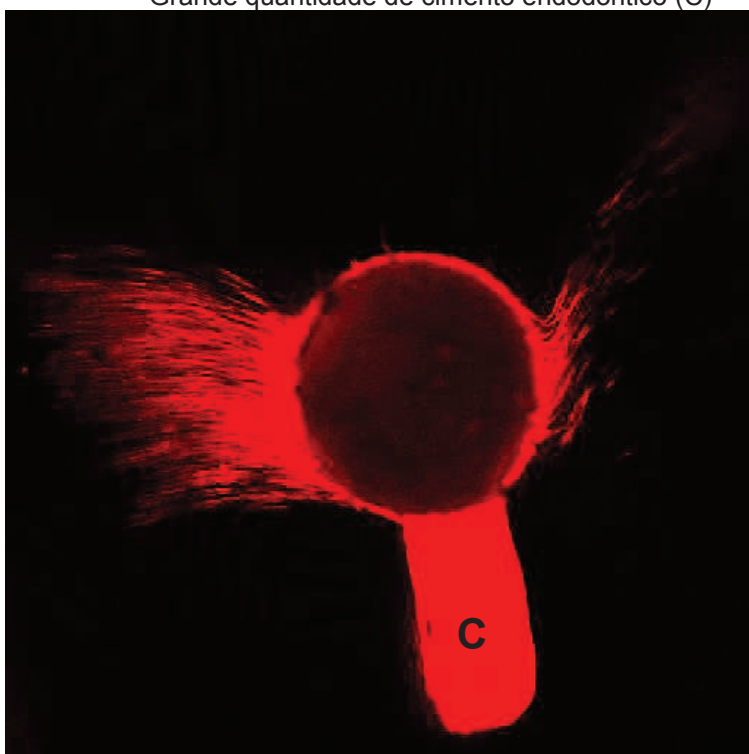
Fonte: Dados da pesquisa

Imagem 3 – Penetração de cimento nas faces vestibular e lingual  
Grande quantidade de cimento endodôntico (C)



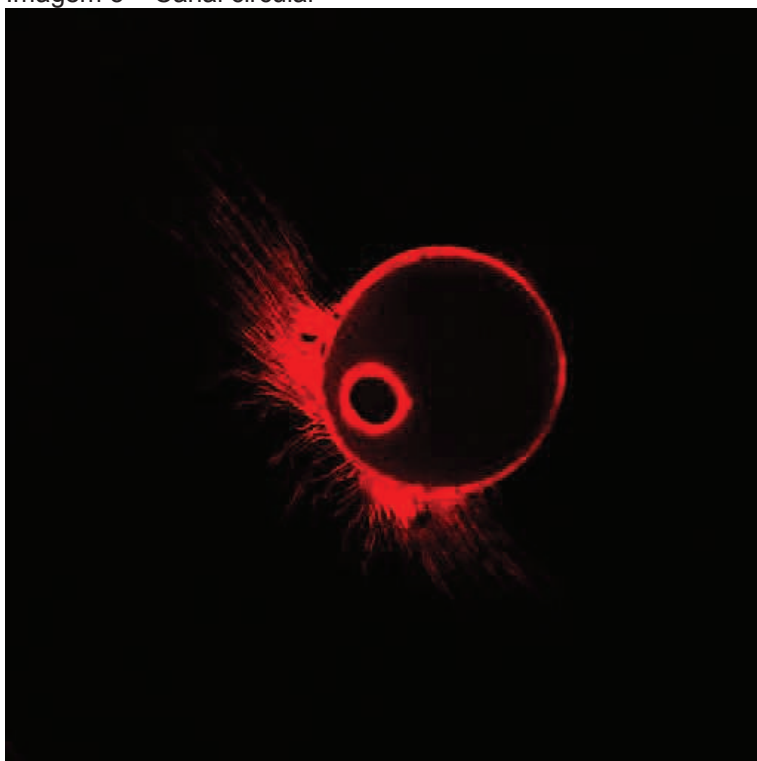
Fonte: Dados da pesquisa

Imagem 4 – Preparo mecânico não atua de forma uniforme  
Grande quantidade de cimento endodôntico (C)



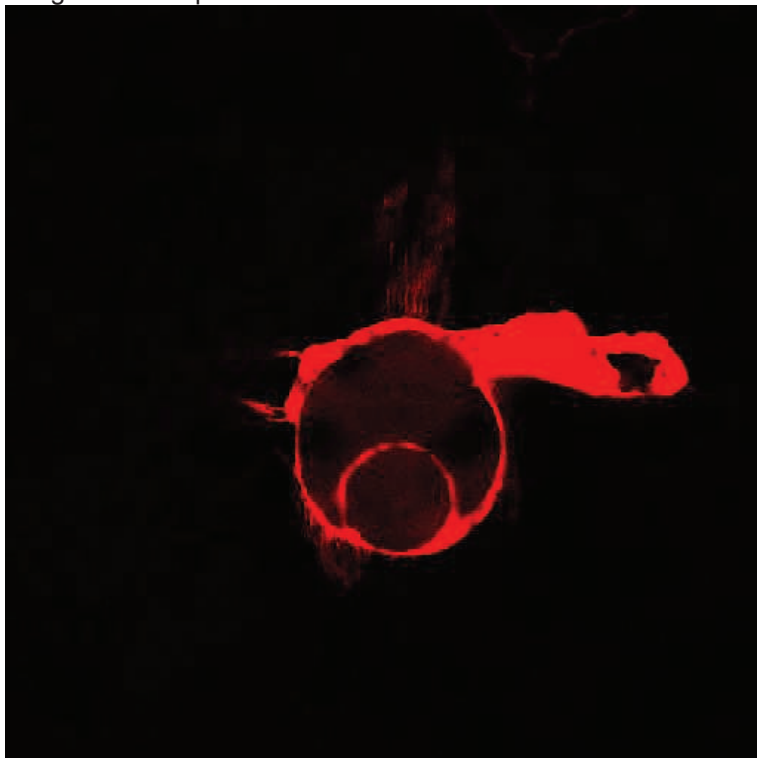
Fonte: Dados da pesquisa

Imagem 5 – Canal circular



Fonte: Dados da pesquisa

Imagem 6 – Preparo mecânico não atua de forma uniforme



Fonte: Dados da pesquisa

## **ANEXOS**



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ**  
**Núcleo de Bioética**  
**Comitê de Ética em Pesquisa**  
*Ciência com Consciência*

**PARECER CONSUBSTANCIADO DE PROTOCOLO DE PESQUISA**

Parecer Nº **0004129/10**

Protocolo CEP Nº **5690**

Título do projeto **Avaliação da infiltração permitida por cones de guta-percha e cimento em canais obturados com cones estandardizados e cones ProTaper utilizando a técnica da condensação lateral e condensação vert[...]**

Grupo  
Versão **1**

Protocolo CONEP **0213.0.084.000-10**

Pesquisador responsável **Ulisses Xavier da Silva Neto**

Instituição **PUCPR-CCBS - Curitiba**

**Objetivos**

**OBJETIVO(S) GERAL(IS)**

Avaliar in vitro a infiltração permitida por cones de guta-percha e cimento AH Plus em canais obturados com cones de guta percha estandardizados e cones ProTaper utilizando a técnica da condensação lateral e condensação vertical aquecida em canais achatados, após preparo do conduto radicular com sistema ProTaper.

**OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)**

Avaliar in vitro a infiltração permitida por cones de guta-percha e cimento AH Plus em canais obturados com cones de guta percha estandardizados e cones ProTaper utilizando a técnica da condensação lateral e condensação vertical aquecida em canais achatados, após preparo do conduto radicular com sistema ProTaper.

**Comentários e considerações**

Projeto de pesquisa bem redigido com objetivos claros e metodologia adequada. Pesquisa a ser realizada "in vitro" com dentes humanos originados do Banco de Dentes da PUCPR (documento anexos ao projeto).

**Termo de consentimento livre e esclarecido e/ou Termo de compromisso para uso de dados.**

Não se aplica.

**Conclusões**

O projeto atende os aspectos éticos estabelecidos pela legislação vigente.

Devido ao exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, de acordo com as exigências das Resoluções Nacionais 196/96 e demais relacionadas a pesquisas envolvendo seres humanos, em reunião realizada no dia: **04/08/2010**, manifesta-se por considerar o projeto **Aprovado**.

**Situação Aprovado**

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEP em qualquer tempo.

Curitiba, 04 de Agosto de 2010.

**Prof. MSc. Naim Akel Filho**  
**Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa**  
**PUC PR**



**COMUNICADO IMPORTANTE**

Comunicamos que a partir do dia 01/09/2010 não serão mais aceitos projetos impressos, todas as submissões deverão ser realizadas ONLINE.

Acesse: [www.pucpr.br/cep](http://www.pucpr.br/cep)

## International Endodontic Journal

[The Official Journal of the British Endodontic Society, the European Society of Endodontology, the Flemish Society of Endodontology, the Irish Endodontic Society and the Lebanese Society of Endodontology](#)

### Edited by:

PMH Dummer

**Print ISSN:** 0143-2885

**Online ISSN:** 1365-2591

**Frequency:** Monthly

**Current Volume:** 46 / 2013

**ISI Journal Citation Reports® Ranking:** 2012: Dentistry, Oral Surgery & Medicine: 21 / 82

**Impact Factor:** 2.051

### Top Author Guidelines

**Content of Author Guidelines:** [1. General](#), [2. Ethical Guidelines](#), [3. Manuscript Submission Procedure](#), [4. Manuscript Types Accepted](#), [5. Manuscript Format and Structure](#), [6. After Acceptance](#)

**Relevant Documents:** [Copyright Form](#)

**Useful Websites:** [Submission Site](#), [Articles published in \*International Endodontic Journal\*](#), [Author Services](#), [Wiley-Blackwell's Ethical Guidelines](#), [Guidelines for Figures](#)

The journal to which you are submitting your manuscript employs a plagiarism detection system. By submitting your manuscript to this journal you accept that your manuscript may be screened for plagiarism against previously published works.

## 1. GENERAL

*International Endodontic Journal* publishes original scientific articles, reviews, clinical articles and case reports in the field of Endodontology; the branch of dental sciences dealing with health, injuries to and diseases of the pulp and periradicular region, and their relationship with systemic well-being and health. Original scientific articles are published in the areas of biomedical science, applied materials science, bioengineering, epidemiology and social science relevant to endodontic disease and its management, and to the restoration of root-treated teeth. In addition, review articles, reports of clinical cases, book reviews, summaries and abstracts of scientific meetings and news items are accepted.

Please read the instructions below carefully for details on the submission of manuscripts, the journal's requirements and standards as well as information concerning the procedure after a manuscript has been accepted for publication in *International Endodontic Journal*. Authors are encouraged to visit [Wiley-Blackwell Author Services](#) for further information on the preparation and submission of articles and figures.

## 2. ETHICAL GUIDELINES

*International Endodontic Journal* adheres to the below ethical guidelines for publication and research.

### 2.1. Authorship and Acknowledgements

Authors submitting a paper do so on the understanding that the manuscript has been read and approved by all authors and that all authors agree to the submission of the manuscript to the Journal.

*International Endodontic Journal* adheres to the definition of authorship set up by The International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). According to the ICMJE, authorship criteria should be based on 1) substantial contributions to conception and design of, or acquisition of data or analysis

and interpretation of data, 2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content and 3) final approval of the version to be published. Authors should meet conditions 1, 2 and 3.

**Acknowledgements:** Under acknowledgements please specify contributors to the article other than the authors accredited. Please also include specifications of the source of funding for the study and any potential conflict of interests if appropriate.

## 2.2. Ethical Approvals

Experimentation involving human subjects will only be published if such research has been conducted in full accordance with ethical principles, including the World Medical Association [Declaration of Helsinki](#) (version 2008) and the additional requirements, if any, of the country where the research has been carried out. Manuscripts must be accompanied by a statement that the experiments were undertaken with the understanding and written consent of each subject and according to the above mentioned principles. A statement regarding the fact that the study has been independently reviewed and approved by an ethical board should also be included. Editors reserve the right to reject papers if there are doubts as to whether appropriate procedures have been used.

When experimental animals are used the methods section must clearly indicate that adequate measures were taken to minimize pain or discomfort. Experiments should be carried out in accordance with the Guidelines laid down by the National Institute of Health (NIH) in the USA regarding the care and use of animals for experimental procedures or with the European Communities Council Directive of 24 November 1986 (86/609/EEC) and in accordance with local laws and regulations.

All studies using human or animal subjects should include an explicit statement in the Material and Methods section identifying the review and ethics committee approval for each study. The authors MUST upload a copy of the ethical approval letter when submitting their manuscript. Editors reserve the right to reject papers if there is doubt as to whether appropriate procedures have been used.

## 2.3 Clinical Trials

Clinical trials should be reported using the guidelines available at [www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org). A [CONSORT checklist](#) and flow diagram (as a Figure) should also be included in the submission material.

*The International Endodontic Journal* encourages authors submitting manuscripts reporting from a clinical trial to register the trials in any of the following free, public clinical trials registries: [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov), <http://clinicaltrials.ifpma.org/clinicaltrials/>, <http://isrctn.org/>. The clinical trial registration number and name of the trial register will then be published with the paper.

## 2.4 Systematic Reviews

Systematic reviews should be reported using the PRISMA guidelines available at <http://prisma-statement.org/>. A PRISMA checklist and flow diagram (as a Figure) should also be included in the submission material.

## 2.5 DNA Sequences and Crystallographic Structure Determinations

Papers reporting protein or DNA sequences and crystallographic structure determinations will not be accepted without a Genbank or Brookhaven accession number, respectively. Other supporting data sets must be made available on the publication date from the authors directly.

## 2.6 Conflict of Interest and Source of Funding

International Endodontic Journal requires that all sources of institutional, private and corporate financial support for the work within the manuscript must be fully acknowledged, and any potential conflicts of interest noted. Grant or contribution numbers may be acknowledged, and principal grant holders should be listed. Please include the information under Acknowledgements.

## 2.7 Appeal of Decision

The decision on a paper is final and cannot be appealed.

## 2.8 Permissions

If all or parts of previously published illustrations are used, permission must be obtained from the

copyright holder concerned. It is the author's responsibility to obtain these in writing and provide copies to the Publishers.

## 2.8 Copyright Assignment

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

### For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp)

### For authors choosing OnlineOpen

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp) and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

## 3. OnlineOpen

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see

[http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms)

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at:

[https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen\\_order.asp](https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp)

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

## 3.1 MANUSCRIPT SUBMISSION PROCEDURE

Manuscripts should be submitted electronically via the online submission site

<http://mc.manuscriptcentral.com/iej>. The use of an online submission and peer review site enables immediate distribution of manuscripts and consequentially speeds up the review process. It also allows authors to track the status of their own manuscripts. Complete instructions for submitting a paper is available online and below. Further assistance can be obtained from [iejeditor@cardiff.ac.uk](mailto:iejeditor@cardiff.ac.uk).

## 3.2. Getting Started

- Launch your web browser (supported browsers include Internet Explorer 5.5 or higher, Safari 1.2.4,

or Firefox 1.0.4 or higher) and go to the journal's online Submission Site:

<http://mc.manuscriptcentral.com/iej>

- Log-in, or if you are a new user, click on 'register here'.
- If you are registering as a new user.
  - After clicking on 'register here', enter your name and e-mail information and click 'Next'. Your e-mail information is very important.
  - Enter your institution and address information as appropriate, and then click 'Next.'
  - Enter a user ID and password of your choice (we recommend using your e-mail address as your user ID), and then select your areas of expertise. Click 'Finish'.
- If you are registered, but have forgotten your log in details, please enter your e-mail address under 'Password Help'. The system will send you an automatic user ID and a new temporary password.
- Log-in and select 'Author Centre '

### 3.3. Submitting Your Manuscript

- After you have logged into your 'Author Centre', submit your manuscript by clicking on the submission link under 'Author Resources'.
- Enter data and answer questions as appropriate. You may copy and paste directly from your manuscript and you may upload your pre-prepared covering letter.
- Click the 'Next' button on each screen to save your work and advance to the next screen.
- You are required to upload your files.
  - Click on the 'Browse' button and locate the file on your computer.
  - Select the designation of each file in the drop down next to the Browse button.
  - When you have selected all files you wish to upload, click the 'Upload Files' button.
- Review your submission (in HTML and PDF format) before completing your submission by sending it to the Journal. Click the 'Submit' button when you are finished reviewing.

### 3.4. Manuscript Files Accepted

Manuscripts should be uploaded as Word (.doc) or Rich Text Format (.rft) files (not write-protected) plus separate figure files. GIF, JPEG, PICT or Bitmap files are acceptable for submission, but only high-resolution TIF or EPS files are suitable for printing. The files will be automatically converted to HTML and PDF on upload and will be used for the review process. The text file must contain the abstract, main text, references, tables, and figure legends, but no embedded figures or Title page. The Title page should be uploaded as a separate file. In the main text, please reference figures as for instance 'Figure 1', 'Figure 2' etc to match the tag name you choose for the individual figure files uploaded. Manuscripts should be formatted as described in the Author Guidelines below.

### 3.5. Blinded Review

Manuscript that do not conform to the general aims and scope of the journal will be returned immediately without review. All other manuscripts will be reviewed by experts in the field (generally two referees). International Endodontic Journal aims to forward referees' comments and to inform the corresponding author of the result of the review process. Manuscripts will be considered for fast-track publication under special circumstances after consultation with the Editor.

International Endodontic Journal uses double blinded review. The names of the reviewers will thus not be disclosed to the author submitting a paper and the name(s) of the author(s) will not be disclosed to the reviewers.

To allow double blinded review, please submit (upload) your main manuscript and title page as separate files.

Please upload:

- Your manuscript without title page under the file designation 'main document'
- Figure files under the file designation 'figures'
- The title page and Acknowledgements where applicable, should be uploaded under the file designation 'title page'

All documents uploaded under the file designation 'title page' will not be viewable in the html and pdf format you are asked to review in the end of the submission process. The files viewable in the html and pdf format are the files available to the reviewer in the review process.

### 3.6. Suspension of Submission Mid-way in the Submission Process

You may suspend a submission at any phase before clicking the 'Submit' button and save it to submit

later. The manuscript can then be located under 'Unsubmitted Manuscripts' and you can click on 'Continue Submission' to continue your submission when you choose to.

### 3.7. E-mail Confirmation of Submission

After submission you will receive an e-mail to confirm receipt of your manuscript. If you do not receive the confirmation e-mail after 24 hours, please check your e-mail address carefully in the system. If the e-mail address is correct please contact your IT department. The error may be caused by some sort of spam filtering on your e-mail server. Also, the e-mails should be received if the IT department adds our e-mail server (uranus.scholarone.com) to their whitelist.

### 3.8. Manuscript Status

You can access ScholarOne Manuscripts any time to check your 'Author Centre' for the status of your manuscript. The Journal will inform you by e-mail once a decision has been made.

### 3.9. Submission of Revised Manuscripts

To submit a revised manuscript, locate your manuscript under 'Manuscripts with Decisions' and click on 'Submit a Revision'. Please remember to delete any old files uploaded when you upload your revised manuscript.

## 4. MANUSCRIPT TYPES ACCEPTED

**Original Scientific Articles:** must describe significant and original experimental observations and provide sufficient detail so that the observations can be critically evaluated and, if necessary, repeated. Original Scientific Articles must conform to the highest international standards in the field.

**Review Articles:** are accepted for their broad general interest; all are refereed by experts in the field who are asked to comment on issues such as timeliness, general interest and balanced treatment of controversies, as well as on scientific accuracy. Reviews should generally include a clearly defined search strategy and take a broad view of the field rather than merely summarizing the authors' own previous work. Extensive or unbalanced citation of the authors' own publications is discouraged.

**Mini Review Articles:** are accepted to address current evidence on well-defined clinical, research or methodological topics. All are refereed by experts in the field who are asked to comment on timeliness, general interest, balanced treatment of controversies, and scientific rigor. A clear research question, search strategy and balanced synthesis of the evidence is expected. Manuscripts are limited in terms of word-length and number of figures.

**Clinical Articles:** are suited to describe significant improvements in clinical practice such as the report of a novel technique, a breakthrough in technology or practical approaches to recognised clinical challenges. They should conform to the highest scientific and clinical practice standards.

**Case Reports:** illustrating unusual and clinically relevant observations are acceptable but they must be of sufficiently high quality to be considered worthy of publication in the Journal. On rare occasions, completed cases displaying non-obvious solutions to significant clinical challenges will be considered. Illustrative material must be of the highest quality and healing outcomes, if appropriate, should be demonstrated.

**Supporting Information:** *International Endodontic Journal* encourages submission of adjuncts to printed papers via the supporting information website (see submission of supporting information below). It is encouraged that authors wishing to describe novel procedures or illustrate cases more fully with figures and/or video may wish to utilise this facility.

**Letters to the Editor:** are also acceptable.

**Meeting Reports:** are also acceptable.

## 5. MANUSCRIPT FORMAT AND STRUCTURE

### 5.1. Format

**Language:** The language of publication is English. It is preferred that manuscript is professionally edited. A list of independent suppliers of editing services can be found at [http://authorservices.wiley.com/bauthor/english\\_language.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/english_language.asp). All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication

**Presentation:** Authors should pay special attention to the presentation of their research findings or clinical reports so that they may be communicated clearly. Technical jargon should be avoided as much as possible and clearly explained where its use is unavoidable. Abbreviations should also be kept to a minimum, particularly those that are not standard. The background and hypotheses underlying the study, as well as its main conclusions, should be clearly explained. Titles and abstracts especially should be written in language that will be readily intelligible to any scientist.

**Abbreviations:** International Endodontic Journal adheres to the conventions outlined in Units, Symbols and Abbreviations: A Guide for Medical and Scientific Editors and Authors. When non-standard terms appearing 3 or more times in the manuscript are to be abbreviated, they should be written out completely in the text when first used with the abbreviation in parenthesis.

## 5.2. Structure

All manuscripts submitted to *International Endodontic Journal* should include Title Page, Abstract, Main Text, References and Acknowledgements, Tables, Figures and Figure Legends as appropriate

**Title Page:** The title page should bear: (i) Title, which should be concise as well as descriptive; (ii) Initial(s) and last (family) name of each author; (iii) Name and address of department, hospital or institution to which work should be attributed; (iv) Running title (no more than 30 letters and spaces); (v) No more than six keywords (in alphabetical order); (vi) Name, full postal address, telephone, fax number and e-mail address of author responsible for correspondence.

**Abstract for Original Scientific Articles** should be no more than 250 words giving details of what was done using the following structure:

- **Aim:** Give a clear statement of the main aim of the study and the main hypothesis tested, if any.
- **Methodology:** Describe the methods adopted including, as appropriate, the design of the study, the setting, entry requirements for subjects, use of materials, outcome measures and statistical tests.
- **Results:** Give the main results of the study, including the outcome of any statistical analysis.
- **Conclusions:** State the primary conclusions of the study and their implications. Suggest areas for further research, if appropriate.

**Abstract for Review Articles** should be non-structured of no more than 250 words giving details of what was done including the literature search strategy.

**Abstract for Mini Review Articles** should be non-structured of no more than 250 words, including a clear research question, details of the literature search strategy and clear conclusions.

**Abstract for Case Reports** should be no more than 250 words using the following structure:

- **Aim:** Give a clear statement of the main aim of the report and the clinical problem which is addressed.
- **Summary:** Describe the methods adopted including, as appropriate, the design of the study, the setting, entry requirements for subjects, use of materials, outcome measures and analysis if any.
- **Key learning points:** Provide up to 5 short, bullet-pointed statements to highlight the key messages of the report. All points must be fully justified by material presented in the report.

**Abstract for Clinical Articles** should be no more than 250 words using the following structure:

- **Aim:** Give a clear statement of the main aim of the report and the clinical problem which is addressed.
- **Methodology:** Describe the methods adopted.
- **Results:** Give the main results of the study.
- **Conclusions:** State the primary conclusions of the study.

**Main Text of Original Scientific Article** should include Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion and Conclusion

**Introduction:** should be focused, outlining the historical or logical origins of the study and gaps in knowledge. Exhaustive literature reviews are not appropriate. It should close with the explicit statement of the specific aims of the investigation, or hypothesis to be tested.

**Material and Methods:** must contain sufficient detail such that, in combination with the references cited, all clinical trials and experiments reported can be fully reproduced.

**(i) Clinical Trials** should be reported using the CONSORT guidelines available at [www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org). A [CONSORT checklist](#) and flow diagram (as a Figure) should also be included in the submission material.

**(ii) Experimental Subjects:** experimentation involving human subjects will only be published if such research has been conducted in full accordance with ethical principles, including the World Medical Association [Declaration of Helsinki](#) (version 2008) and the additional requirements, if any, of the country where the research has been carried out. Manuscripts must be accompanied by a statement that the experiments were undertaken with the understanding and written consent of each subject and according to the above mentioned principles. A statement regarding the fact that the study has been independently reviewed and approved by an ethical board should also be included. Editors reserve the right to reject papers if there are doubts as to whether appropriate procedures have been used.

When experimental animals are used the methods section must clearly indicate that adequate measures were taken to minimize pain or discomfort. Experiments should be carried out in accordance with the Guidelines laid down by the National Institute of Health (NIH) in the USA regarding the care and use of animals for experimental procedures or with the European Communities Council Directive of 24 November 1986 (86/609/EEC) and in accordance with local laws and regulations.

All studies using human or animal subjects should include an explicit statement in the Material and Methods section identifying the review and ethics committee approval for each study, if applicable. Editors reserve the right to reject papers if there is doubt as to whether appropriate procedures have been used.

**(iii) Suppliers:** Suppliers of materials should be named and their location (Company, town/city, state, country) included.

**Results:** should present the observations with minimal reference to earlier literature or to possible interpretations. Data should not be duplicated in Tables and Figures.

**Discussion:** may usefully start with a brief summary of the major findings, but repetition of parts of the abstract or of the results section should be avoided. The Discussion section should progress with a review of the methodology before discussing the results in light of previous work in the field. The Discussion should end with a brief conclusion and a comment on the potential clinical relevance of the findings. Statements and interpretation of the data should be appropriately supported by original references.

**Conclusion:** should contain a summary of the findings.

**Main Text of Review Articles** should be divided into Introduction, Review and Conclusions. The Introduction section should be focused to place the subject matter in context and to justify the need for the review. The Review section should be divided into logical sub-sections in order to improve readability and enhance understanding. Search strategies must be described and the use of state-of-the-art evidence-based systematic approaches is expected. The use of tabulated and illustrative material is encouraged. The Conclusion section should reach clear conclusions and/or recommendations on the basis of the evidence presented.

**Main Text of Mini Review Articles** should be divided into Introduction, Review and Conclusions. The Introduction section should briefly introduce the subject matter and justify the need and timeliness of the literature review. The Review section should be divided into logical sub-sections to enhance

readability and understanding and may be supported by up to 5 tables and figures. Search strategies must be described and the use of state-of-the-art evidence-based systematic approaches is expected. The Conclusions section should present clear statements/recommendations and suggestions for further work. The manuscript, including references and figure legends should not normally exceed 4000 words.

**Main Text of Clinical Reports and Clinical Articles** should be divided into Introduction, Report, Discussion and Conclusion,. They should be well illustrated with clinical images, radiographs, diagrams and, where appropriate, supporting tables and graphs. However, all illustrations must be of the highest quality

**Acknowledgements:** *International Endodontic Journal* requires that all sources of institutional, private and corporate financial support for the work within the manuscript must be fully acknowledged, and any potential conflicts of interest noted. Grant or contribution numbers may be acknowledged, and principal grant holders should be listed. Acknowledgments should be brief and should not include thanks to anonymous referees and editors. See also above under Ethical Guidelines.

### 5.3. References

It is the policy of the Journal to encourage reference to the original papers rather than to literature reviews. Authors should therefore keep citations of reviews to the absolute minimum.

We recommend the use of a tool such as [EndNote](#) or [Reference Manager](#) for reference management and formatting. The EndNote reference style can be obtained upon request to the editorial office ([iejeditor@cardiff.ac.uk](mailto:iejeditor@cardiff.ac.uk)). Reference Manager reference styles can be searched for here: [www.refman.com/support/rmstyles.asp](http://www.refman.com/support/rmstyles.asp)

**In the text:** single or double authors should be acknowledged together with the year of publication, e.g. (Pitt Ford & Roberts 1990). If more than two authors the first author followed by *et al.* is sufficient, e.g. (Tobias *et al.* 1991). If more than 1 paper is cited the references should be in year order and separated by "," e.g. (Pitt Ford & Roberts 1990, Tobias *et al.* 1991).

**Reference list:** All references should be brought together at the end of the paper in alphabetical order and should be in the following form.

- (i) Names and initials of up to six authors. When there are seven or more, list the first three and add *et al.*
- (ii) Year of publication in parentheses
- (iii) Full title of paper followed by a full stop (.)
- (iv) Title of journal in full (in italics)
- (v) Volume number (bold) followed by a comma (,)
- (vi) First and last pages

Examples of correct forms of reference follow:

#### **Standard journal article**

Bergenholtz G, Nagaoka S, Jontell M (1991) Class II antigen-expressing cells in experimentally induced pulpitis. *International Endodontic Journal* **24**, 8-14.

#### **Corporate author**

British Endodontic Society (1983) Guidelines for root canal treatment. *International Endodontic Journal* **16**, 192-5.

#### **Journal supplement**

Frumin AM, Nussbaum J, Esposito M (1979) Functional asplenia: demonstration of splenic activity by bone marrow scan (Abstract). *Blood* **54** (Suppl. 1), 26a.

#### **Books and other monographs**

**Personal author(s)**

Gutmann J, Harrison JW (1991) *Surgical Endodontics*, 1st edn Boston, MA, USA: Blackwell Scientific Publications.

**Chapter in a book**

Wesselink P (1990) Conventional root-canal therapy III: root filling. In: Harty FJ, ed. *Endodontics in Clinical Practice*, 3rd edn; pp. 186-223. London, UK: Butterworth.

**Published proceedings paper**

DuPont B (1974) Bone marrow transplantation in severe combined immunodeficiency with an unrelated MLC compatible donor. In: White HJ, Smith R, eds. *Proceedings of the Third Annual Meeting of the International Society for Experimental Rematology*; pp. 44-46. Houston, TX, USA: International Society for Experimental Hematology.

**Agency publication**

Ranofsky AL (1978) *Surgical Operations in Short-Stay Hospitals: United States-1975*. DHEW publication no. (PHS) 78-1785 (Vital and Health Statistics; Series 13; no. 34.) Hyattsville, MD, USA: National Centre for Health Statistics.8

**Dissertation or thesis**

Saunders EM (1988) *In vitro and in vivo investigations into root-canal obturation using thermally softened gutta-percha techniques* (PhD Thesis). Dundee, UK: University of Dundee.

**URLs**

Full reference details must be given along with the URL, i.e. authorship, year, title of document/report and URL. If this information is not available, the reference should be removed and only the web address cited in the text.

Smith A (1999) Select committee report into social care in the community [WWW document]. URL <http://www.dhss.gov.uk/reports/report015285.html> [accessed on 7 November 2003]

**5.4. Tables, Figures and Figure Legends**

**Tables:** Tables should be double-spaced with no vertical rulings, with a single bold ruling beneath the column titles. Units of measurements must be included in the column title.

**Figures:** All figures should be planned to fit within either 1 column width (8.0 cm), 1.5 column widths (13.0 cm) or 2 column widths (17.0 cm), and must be suitable for photocopy reproduction from the printed version of the manuscript. Lettering on figures should be in a clear, sans serif typeface (e.g. Helvetica); if possible, the same typeface should be used for all figures in a paper. After reduction for publication, upper-case text and numbers should be at least 1.5-2.0 mm high (10 point Helvetica). After reduction, symbols should be at least 2.0-3.0 mm high (10 point). All half-tone photographs should be submitted at final reproduction size. In general, multi-part figures should be arranged as they would appear in the final version. Reduction to the scale that will be used on the page is not necessary, but any special requirements (such as the separation distance of stereo pairs) should be clearly specified.

Unnecessary figures and parts (panels) of figures should be avoided: data presented in small tables or histograms, for instance, can generally be stated briefly in the text instead. Figures should not contain more than one panel unless the parts are logically connected; each panel of a multipart figure should be sized so that the whole figure can be reduced by the same amount and reproduced on the printed page at the smallest size at which essential details are visible.

Figures should be on a white background, and should avoid excessive boxing, unnecessary colour, shading and/or decorative effects (e.g. 3-dimensional skyscraper histograms) and highly pixelated computer drawings. The vertical axis of histograms should not be truncated to exaggerate small differences. The line spacing should be wide enough to remain clear on reduction to the minimum acceptable printed size.

Figures divided into parts should be labelled with a lower-case, boldface, roman letter, a, b, and so on, in the same typesize as used elsewhere in the figure. Lettering in figures should be in lower-case type, with the first letter capitalized. Units should have a single space between the number and the unit, and follow SI nomenclature or the nomenclature common to a particular field. Thousands should be separated by a thin space (1 000). Unusual units or abbreviations should be spelled out in full or defined in the legend. Scale bars should be used rather than magnification factors, with the length of the bar defined in the legend rather than on the bar itself. In general, visual cues (on the figures themselves) are preferred to verbal explanations in the legend (e.g. broken line, open red triangles etc.)

**Figure legends:** Figure legends should begin with a brief title for the whole figure and continue with a short description of each panel and the symbols used; they should not contain any details of methods.

**Permissions:** If all or part of previously published illustrations are to be used, permission must be obtained from the copyright holder concerned. This is the responsibility of the authors before submission.

**Preparation of Electronic Figures for Publication:** Although low quality images are adequate for review purposes, print publication requires high quality images to prevent the final product being blurred or fuzzy. Submit EPS (lineart) or TIFF (halftone/photographs) files only. MS PowerPoint and Word Graphics are unsuitable for printed pictures. Do not use pixel-oriented programmes. Scans (TIFF only) should have a resolution of 300 dpi (halftone) or 600 to 1200 dpi (line drawings) in relation to the reproduction size (see below). EPS files should be saved with fonts embedded (and with a TIFF preview if possible). For scanned images, the scanning resolution (at final image size) should be as follows to ensure good reproduction: lineart: >600 dpi; half-tones (including gel photographs): >300 dpi; figures containing both halftone and line images: >600 dpi.

Further information can be obtained at Wiley-Blackwell's guidelines for figures:  
<http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>.

Check your electronic artwork before submitting it:  
<http://authorservices.wiley.com/bauthor/eachecklist.asp>.

## 5.5. Supporting Information

Publication in electronic formats has created opportunities for adding details or whole sections in the electronic version only. Authors need to work closely with the editors in developing or using such new publication formats.

Supporting information, such as data sets or additional figures or tables, that will not be published in the print edition of the journal, but which will be viewable via the online edition, can be submitted. It should be clearly stated at the time of submission that the supporting information is intended to be made available through the online edition. If the size or format of the supporting information is such that it cannot be accommodated on the journal's website, the author agrees to make the supporting information available free of charge on a permanent Web site, to which links will be set up from the journal's website. The author must advise Wiley-Blackwell if the URL of the website where the supporting information is located changes. The content of the supporting information must not be altered after the paper has been accepted for publication.

The availability of supporting information should be indicated in the main manuscript by a paragraph, to appear after the References, headed 'Supporting Information' and providing titles of figures, tables, etc. In order to protect reviewer anonymity, material posted on the authors Web site cannot be reviewed. The supporting information is an integral part of the article and will be reviewed accordingly.

**Preparation of Supporting Information:** Although provision of content through the web in any format is straightforward, supporting information is best provided either in web-ready form or in a form that can be conveniently converted into one of the standard web publishing formats:

- Simple word-processing files (.doc or .rtf) for text.
- PDF for more complex, layout-dependent text or page-based material. Acrobat files can be distilled from Postscript by the Publisher, if necessary.

- GIF or JPEG for still graphics. Graphics supplied as EPS or TIFF are also acceptable.
- MPEG or AVI for moving graphics.

Subsequent requests for changes are generally unacceptable, as for printed papers. A charge may be levied for this service.

**Video Imaging:** For the on-line version of the Journal the submission of illustrative video is encouraged. Authors proposing the use such media should consult with the Editor during manuscript preparation.

## 6. AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of a paper for publication, the manuscript will be forwarded to the Production Editor who is responsible for the production of the journal.

### 6.1. Figures

Hard copies of all figures and tables are required when the manuscript is ready for publication. These will be requested by the Editor when required. Each Figure copy should be marked on the reverse with the figure number and the corresponding author's name.

### 6.2 Proof Corrections

The corresponding author will receive an email alert containing a link to a web site. A working email address must therefore be provided for the corresponding author. The proof can be downloaded as a PDF (portable document format) file from this site. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following Web site:

[www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html](http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html). This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Hard copy proofs will be posted if no e-mail address is available; in your absence, please arrange for a colleague to access your e-mail to retrieve the proofs. Proofs must be returned to the Production Editor within three days of receipt. As changes to proofs are costly, we ask that you only correct typesetting errors. Excessive changes made by the author in the proofs, excluding typesetting errors, will be charged separately. Other than in exceptional circumstances, all illustrations are retained by the publisher. Please note that the author is responsible for all statements made in his work, including changes made by the copy editor.

### 6.3 Early Online Publication Prior to Print

*International Endodontic Journal* is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.

### 6.4 Online Production Tracking

Online production tracking is available for your article through Blackwell's Author Services. Author Services enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor/> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

### 6.5 Author Material Archive Policy

Please note that unless specifically requested, Wiley-Blackwell will dispose of all hardcopy or electronic material submitted two months after publication. If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor as soon as possible.

## 6.6 Offprints

Free access to the final PDF offprint of your article will be available via Author Services only. Please therefore sign up for Author Services if you would like to access your article PDF offprint and enjoy the many other benefits the service offers.

Additional paper offprints may be ordered online. Please click on the following link, fill in the necessary details and ensure that you type information in all of the required fields: [Offprint Cosprinters](#). If you have queries about offprints please email [offprint@cosprinters.com](mailto:offprint@cosprinters.com)

The corresponding author will be sent complimentary copies of the issue in which the paper is published (one copy per author).

## 6.7 Author Services

For more substantial information on the services provided for authors, please see [Wiley-Blackwell Author Services](#)

**6.8 Note to NIH Grantees:** Pursuant to NIH mandate, Wiley-Blackwell will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see [www.wiley.com/go/nihmandate](http://www.wiley.com/go/nihmandate)

## 7 Guidelines for reporting of DNA microarray data

The *International Endodontic Journal* gives authors notice that, with effect from 1st January 2011, submission to the *International Endodontic Journal* requires the reporting of microarray data to conform to the MIAME guidelines. After this date, submissions will be assessed according to MIAME standards. The complete current guidelines are available at [http://www.mged.org/Workgroups/MIAME/miame\\_2.0.html](http://www.mged.org/Workgroups/MIAME/miame_2.0.html). Also, manuscripts will be published only after the complete data has been submitted into the public repositories, such as GEO (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/>) or ArrayExpress (<http://www.ebi.ac.uk/microarray/submissions/overview.html>), in MIAME compliant format, with the data accession number (the identification number of the data set in the database) quoted in the manuscript. Both databases are committed to keeping the data private until the associated manuscript is published, if requested.

Prospective authors are also encouraged to search for previously published microarray data with relevance to their own data, and to report whether such data exists. Furthermore, they are encouraged to use the previously published data for qualitative and/or quantitative comparison with their own data, whenever suitable. To fully acknowledge the original work, an appropriate reference should be given not only to the database in question, but also to the original article in which the data was first published. This open approach will increase the availability and use of these large-scale data sets and improve the reporting and interpretation of the findings, and in increasing the comprehensive understanding of the physiology and pathology of endodontically related tissues and diseases, result eventually in better patient care.