



Universidad de Granada  
Departamento de Estomatología



## TESIS DOCTORAL

### ADAPTACIÓN A LAS PAREDES DE LOS CONDUCTOS RADICULARES DE TRES SISTEMAS ENDODÓNCICOS DE OBTURACIÓN

ADAPTAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS ENDODÔNTICOS DE OBTURAÇÃO ÀS  
PAREDES DOS CANAIS RADICULARES

***Márcia Cristina Teixeira da Costa***

#### **Dirección:**

Prof. Dra. D<sup>a</sup>. Rosa Pulgar Encinas (Universidad de Granada-España)

Prof. Dr. D. Leopoldo Forner Navarro (Universitat de València-España)

Programa de Doctorado

Granada 2009

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: Márcia Cristina Teixeira da Costa  
D.L.: GR 3855-2009  
ISBN: 978-84-692-7844-4



D<sup>a</sup> Rosa Pulgar Encinas, Profesora Titular del Departamento de Estomatología de la Universidad de Granada y D. Leopoldo Fomer Navarro, Profesor Titular del Departamento de Estomatología de la Universitat de València,

hacen constar que:

la Tesis Doctoral titulada "Adaptação de três sistemas endodônticos de obturação às paredes dos canais radiculares / Adaptación a las paredes de los conductos radiculares de tres sistemas endodoncicos de obturación, de la que es autora la licenciada D<sup>a</sup> Márcia Cristina Teixeira da Costa, ha sido realizada bajo nuestra dirección y reúne las condiciones necesarias para su presentación y defensa,

lo cual firmamos a los efectos oportunos.



Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Pulgar Encinas



Prof. Dr. Fomer Navarro

Granada, 14 de septiembre de 2009



***“Para ensinar há uma formalidade a cumprir – Saber!”***

**Eça de Queirós**



## **Agradecimientos:**

*Aos meus pais,*

Por tudo o que fizeram por mim. O amor e a disponibilidade demonstrada fizeram de mim o que sou hoje. Por continuarem por perto em mais este passo da minha vida, o meu muito obrigado.

*A mis padres:*

Por todo lo que han hecho por mí. El amor y la disponibilidad que han demostrado, han hecho de mí todo lo que hoy soy. Muchísimas gracias por seguir estando cerca de mí en este paso más de mi vida.

*À Professora Doutora Rosa Pulgar Encinas,*

A sua incansável dedicação e carinho tornaram possível este último passo. Um profundo sentimento de agradecimento permanecerá comigo para sempre.

*Al Profesora Dra.D. Rosa Pulgar Encinas,*

Su incansable dedicación y cariño hicieron posible realizar este último paso. Un profundo sentimiento de agradecimiento permanecerá conmigo para siempre.

*Ao Professor Doutor Leopoldo Forner,*

Pela sua paciência e disponibilidade sempre presente. Os seus ensinamentos seguirão comigo não só por todo o meu percurso académico, como também pela minha trajectória de vida, sempre fundamentados na amizade, no trabalho, no saber e no gosto de ensinar. Será sempre para mim um exemplo de mestre a seguir.

*Al Profesor Dr. D. Leopoldo Forner,*

Por su paciencia y disponibilidad siempre presente. Sus enseñanzas no solo seguirán conmigo en toda mi trayectoria académica, pero también en mi trayectoria de vida, siempre fundamentados en la amistad, en el trabajo, en el saber y en el gusto por querer enseñar. Siempre será para mí un ejemplo de maestro a seguir.



*Ao Professor Doutor Rui Madureira,*

Pelo seu apoio incondicional, sem o qual nunca teria concretizado este trabalho. Ao longo de todos estes anos, foi sempre um constante impulsionador de força, coragem e confiança, tornando este percurso muito mais fácil. Será sempre um forte exemplo de profissionalismo e capacidade a seguir. Será sempre, e acima de tudo, um amigo.

*Al Profesor Dr. D. Rui Madureira,*

Por su apoyo incondicional, sin el cual nunca hubiera concretizado este trabajo. A lo largo de todos estos años, ha sido siempre un constante impulsionador de fuerza, coraje y confianza, haciendo mucho más fácil esta trayectoria. Será siempre un buen ejemplo a seguir de profesionalismo y capacidad. Será siempre, y sobre todo, un gran amigo.

*À Mestre Ana Sofia Amorim e à Dra. Liliana Castro,*

Pelo carinho e inter-ajuda criada ao longo dos anos, tornando o caminho do ensino mais suave.

*A la Maestra Ana Sofia Amorim y a Dra. Liliana Castro,*

Por el cariño y la ayuda prestada durante estos años, haciendo más suave el camino de la enseñanza.

*Ao ISCS-Norte e em especial aos meus colegas do Serviço de Medicina Dentária Conservadora,*

Sem os quais nada disso faria sentido, já que a partilha do saber e o prazer de ensinar são as verdadeiras razões de se seguir em frente.

*Al ISCS-Norte y en especial a mis compañeros del Servicio de Medicina Dentaria Conservadora,*

Sin los cuales nada de esto hubiera tenido sentido, ya que compartir el saber y el placer de enseñar son las verdaderas razones para seguir adelante.

## Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
1- <i>Etiologia das lesões pulpares e periapicais</i> .....	2
2- <i>El objetivo de la endodoncia</i> .....	4
3- <i>El objetivo de la obturación</i> .....	5
3.1- Límite apical de la obturación.....	7
3.2- Filtración apical .....	8
3.3- Filtración coronária .....	9
4- <i>Materiales de Obturación:</i> .....	10
4.1- Gutta-percha .....	11
4.2- Cementos Endodôncicos .....	14
4.2.1- Propiedades de los cementos .....	15
4.2.2- Clasificación de los cementos endodóncicos .....	22
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	31
1- <i>Técnicas de Obturación:</i> .....	32
1.1- Técnica de Condensación Lateral.....	32
1.2- Técnicas Termoplásticas.....	34
1.3- Técnicas Termomecânicas:.....	38
1.4- Técnica Híbrida de Tagger:.....	39
2- <i>Sistemas de Obturación:</i> .....	39
2.1- Sistema Resilon .....	40
2.2 GuttaFlow: .....	48
3- <i>El concepto de adhesión en la obturación</i> .....	50
4- <i>Barrillo dentinario</i> .....	51
OBJETIVOS .....	55
1- <i>Objetivo General</i> .....	56

2- <i>Objetivos Específicos</i> .....	56
MATERIALES Y MÉTODOS .....	57
1- <i>Material</i> .....	58
1.1- Muestra .....	58
1.2- Instrumentos.....	59
1.3- Materiales de obturación .....	60
1.4- Colorante .....	64
2- <i>Metodología</i> .....	64
2.1- Preparación de la muestra .....	64
2.2- Preparación biomecánica.....	64
2.3- Grupos de estudio.....	65
2.4- Sistemas de Obturación .....	66
2.5- Observación y análisis .....	67
3- <i>Análisis Estadística</i> .....	72
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	75
1- <i>Caracterización de la muestra</i> .....	76
2- <i>Resultados:</i> .....	77
2.1- Máxima penetración tubular y porcentaje de perímetro penetrado: .....	77
2.1.1- Grupo A1 – (AH Plus en presencia de barrillo dentinario): .....	78
2.1.2- Grupo A2 – (AH Plus en ausencia de barrillo dentinario): .....	79
2.1.3- Grupo B1 – (Sistema Resilon en presencia de barrillo dentinario): .....	80
2.1.4- Grupo B2 – (Sistema Resilon en ausencia de barrillo dentinario): .....	81
2.1.5- Grupo C1 – (GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario): .....	82
2.1.6- Grupo C2 – (GuttaFlow en ausencia de barrillo dentinario):.....	83
2.2- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado de cada sistema de obturación entre los tercios coronal, medio y apical:.....	84

---

2.2.1- AH Plus:.....	84
2.2.1.1- Grupo A1 – (AH Plus en presencia de barrillo dentinario): .....	85
2.2.1.2- Grupo A2 – (AH Plus en ausencia de barrillo dentinario):.....	88
2.2.2- Sistema Resilon:.....	91
2.2.2.1- Grupo B1 – (Resilon en presencia de barrillo dentinario): .....	91
2.2.2.2- Grupo B2– (Resilon en ausencia de barrillo dentinario):.....	94
2.2.3- GuttaFlow: .....	97
2.2.3.1- Grupo C1 – (GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario):.....	97
2.2.3.2- Grupo C2 – (GuttaFlow na ausência de smear layer):.....	100
2.3- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado entre los tres sistemas de obturación, en presencia de barrillo dentinario:.....	104
2.3.1- Tercio coronal en presencia de barrillo dentinario: .....	106
2.3.2- Tercio médio en presencia de barrillo dentinario: .....	108
2.3.3- Tercio apical en presencia de barrillo dentinario:.....	110
2.4- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado entre los tres sistemas de obturación, en ausencia de barrillo dentinarioc.....	111
2.4.1- Tercio coronal en ausencia de barrillo dentinario: .....	113
2.4.2- Tercio medio en ausencia de barrillo dentinario: .....	115
2.4.3- Tercio apical en ausencia de barrillo dentinario:.....	117
2.5- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado entre los tres sistemas de obturación, según la presencia y ausencia de barrillo dentinario:.....	118
2.5.1- Tercio coronal en presencia y ausencia de barrillo dentinario: .....	121
2.5.2- Tercio medio en presencia y ausencia de barrillo dentinario: .....	125

2.5.3- Tercio apical en presencia y ausencia de barrillo dentinario: .....	129
DISCUSIÓN .....	141
1- <i>En cuanto al procedimiento:</i> .....	143
2- <i>En cuanto a los resultados:</i> .....	146
CONCLUSIÓN .....	157
BIBLIOGRAFIA .....	161
VERSÃO EM PORTUGUÊS .....	171
INTRODUÇÃO .....	174
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	195
OBJECTIVOS.....	211
MATERIAIS E MÉTODOS.....	212
ANÁLISE DE RESULTADOS .....	219
DISCUSSÃO .....	230
CONCLUSÃO.....	239

# INTRODUCCIÓN

## 1- ETIOLOGIA DAS LESÕES PULPARES E PERIAPICAIS

Cualquier lesión pulpar desencadena en sí, una respuesta inflamatoria. Los factores irritantes pueden ser de naturaleza física, térmica, química o biológica, sin embargo, actualmente, los microorganismos son considerados los principales agentes etiológicos en las patologías pulpares y periapicales, teniendo una particular relevancia tanto en la inducción como en el mantenimiento del proceso inflamatorio <sup>1-9</sup>.

Cuando el complejo dentino-pulpar es afectado, los tejidos reaccionan contra potenciales microorganismos invasores a través de una reacción inmunológica. Si este proceso no es erradicado a través de procesos naturales o procedimientos operatorios, los microorganismos invaden el complejo dentino-pulpar venciendo a sus defensas naturales, causando patologías <sup>1</sup>.

La exposición pulpar, los túbulos dentinarios, el periodonto y la anacoresis hematogénica constituyen vías de acceso microbiano al complejo dentino-pulpar <sup>1, 10</sup>. La cavidad pulpar cuando es alcanzada es contaminada inicialmente por microorganismos aeróbios facultativos. Sin embargo, las bacterias asociadas a las caries dentarias se difieren de las encontradas en las patologías endodóncicas, una vez que los organismos aislados en estas infecciones son, en su mayoría, anaerobios, independientemente del cuadro clínico de los dientes afectados.

Las infecciones anaerobias se instalan después del suplemento sanguíneo local estar comprometido, o después de una infección antecedente provocada por bacterias aerobias, las cuales produjeron un medio con bajo potencial de oxígeno. Entre los anaerobios, los principales agentes infectantes en las necrosis y periodontitis apical son los Gram-negativos y sus endotoxinas <sup>4, 11-13</sup>. Así, las infecciones endodóncicas son polimicrobianas. Los microorganismos facultativos

interactúan con los anaerobios estrictos, produciendo alteraciones del medio nutricional<sup>14</sup>.

Uno de los factores decisivos para que no resulte un tratamiento endodóncico es la persistencia de microorganismos dentro del sistema canalicular. Los fallos de obturación producen conductos con espacios vacíos, que funcionan como verdaderos tubos de ensayo, colectando líquidos de tejidos y exudados inflamatorios provenientes de la región periapical. Su descomposición genera productos irritantes para los tejidos envolventes, propiciando un excelente medio de cultura microbiana. De esta forma se genera un verdadero círculo vicioso de inflamación, con el crecimiento y multiplicación de microorganismos residuales<sup>6, 15-18</sup>.

El primer relato en la literatura referente al papel de microorganismos en las enfermedades pulpares y periapicales es de Willoughby Dayton Miller, en 1894, considerado como el padre de la Microbiología Oral. Él demostró, a través de material colectado de conductos radiculares infectados, la presencia y asociación entre bacterias y esas patologías<sup>1, 19</sup>.

Las especies bacterianas normalmente más aisladas en las infecciones endodóncicas primarias son del género *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Fusobacterium*, *Eubacterium*, *Actinomyces*, *Peptostreptococcus*, *Streptococcus* e *Lactobacillus*<sup>19</sup>. Las reinfecciones, cuando son sometidas a culturas microbiológicas, presentan una flora diferente de aquella existente en dientes con necrosis y lesión periapical no tratados. En esos casos, se encuentra una flora muy restricta, normalmente alcalino-resistentes, en que predominan los microorganismos anaerobios facultativos Gram-positivos, que viven en bajas condiciones nutricionales, como por ejemplo *Enterococcus faecalis*<sup>12, 20</sup>.



Ya en 1967, Grossman<sup>21</sup> alertó la presencia de algunos hongos como la *Cándida albicans* que, a pesar de estar presente en la microflora normal de la cavidad oral, también está presente en muchas infecciones endodóncicas y patologías periapicales como organismo oportunista<sup>4, 5, 12, 20</sup>.

Otra particularidad que no se debe olvidar es la capacidad que poseen esos microorganismos en formar biofilms microbianos. La acción de los biofilms en dientes portadores de necrosis pulpar y patologías periapicales surge muchas veces en consecuencia de áreas anatómicas mal instrumentadas y todavía infectadas, en que se forman colonias microbianas organizadas, con peculiares estrategias de sobrevivencia<sup>22</sup>.

## **2- EL OBJETIVO DE LA ENDODONCIA**

Schilder introdujo la importancia del concepto de “limpieza y modelaje”<sup>23</sup> y definió como objetivo principal de la endodoncia, la total obturación del sistema canalicular<sup>24</sup>.

El objetivo del tratamiento endodóncico se basa en la prevención y eliminación de la infección bacteriana, a través de una correcta instrumentación y desinfección del sistema de conductos<sup>1, 2, 6, 25-27</sup>. Todas las fases del tratamiento tienen su importancia, pues cualquier descuido de una de ellas puede inducir al fracaso de todo el proceso terapéutico.

La remoción de todo el contenido canalicular con una preparación biomecánica que establezca una forma final correcta del conducto, es indispensable para que se

consiga una obturación eficaz. Es importante tener conciencia de que una instrumentación inadecuada nos llevará a una obturación inadecuada<sup>8, 12</sup>.

El preparado biomecánico constituye así, una fase extremadamente importante en el tratamiento endodóncico. Debe remover todos los restos pulpares, bacterianos y otros, a través de una correcta instrumentación y desinfección de los conductos, utilizando agentes irrigantes propios y eficaces.

Por fin, la obturación debe sellar completamente todo el sistema radicular, impidiendo la reinfeción, bien sea por microfiltración apical y coronal, o por la sobrevivencia de microorganismos que resistieron los pasos anteriores<sup>4, 28</sup>.

### **3- EL OBJETIVO DE LA OBTURACIÓN**

Según se sabe actualmente, la obturación del canal radicular se remonta a antes de 1800, cuando era realizada utilizando solo oro. Existen registros de que el primero material obturador radicular a base de gutta-percha, "obturador de Hill", fue patentado en 1848 por Hill. Sin embargo, Bowman (1867) reivindicó para sí en la "St. Louis Dental Society" la primera utilización de la gutta-percha en la obturación de conductos de un molar extraído. Desde entonces ha habido una serie de evoluciones y alteraciones tanto en los materiales, como en las técnicas utilizadas<sup>12</sup>.

En 1887, la empresa S.S. White Company empezó a fabricar conos de gutta-percha. Más tarde se volvió obvio la necesidad de utilizar un material obturador adicional, como el cemento, para rellenar los espacios dejados por la gutta-percha. Éste debería ser altamente antiséptico, de ahí el desarrollo de muchos cementos a

base de fenol. Así, posteriormente se desarrolló una gran variedad de pastas y cementos <sup>12</sup>.

Actualmente, la obturación endodóncica se define como un relleno tridimensional de todo el sistema de conductos radiculares, lo más próximo posible a la unión cemento-dentinaria. Se deben utilizar cantidades mínimas de un cemento endodóncico biológicamente compatible juntamente con el principal material obturador, de forma a establecer un sellado adecuado<sup>12, 29</sup>.

Los fallos que se producen en la obturación son responsables de cerca de 60% de los fracasos endodóncicos. La reinfección del sistema canalicular está frecuentemente asociada a los fallos de sellado, bien sea coronales o apicales<sup>9, 15, 18, 30-33</sup>.

Ya en 1928, Hatton demostró que, aun después del preparado biomecánico, permanecen restos de tejido pulpar dentro de los conductos<sup>34</sup>. Un año más tarde, Buckley afirmó que, debido a la imposibilidad de esterilizar toda la masa canalicular de dentina, las extremidades internas de los canalículos deberían ser herméticamente selladas, de modo a prevenir la infección de los tejidos periapicales, siendo objetivo de la obturación mantener el periápice en buen estado de salud <sup>35</sup>.

El preparado biomecánico constituye una fase extremadamente importante en el tratamiento endodóncico una vez que, si se controla la microflora pulpar y periapical, la probabilidad de resolución de las patologías es elevada<sup>36</sup>. Sin embargo, su efectividad antiséptica es de carácter parcial y temporaria. Está probado que, a pesar de las modernas técnicas de instrumentación y la utilización de irrigantes mucho más efectivos, existen bacterias que sobreviven en los túbulos dentinarios y conductos laterales<sup>4, 28, 37</sup>. Así, si el conducto radicular permanece

vacío durante mucho tiempo, a pesar de estar limpio y sellado coronalmente, ocurrirá una proliferación de los microorganismos remanentes. Consecuentemente, es cada vez más consensual, que la obturación hermética y tridimensional de todo el sistema canalicular es, indudablemente, fundamental<sup>6, 27, 30, 31, 38-42</sup>.

Una obturación ideal debe respetar las siguientes suposiciones<sup>6, 24, 43 44-46</sup>:

- Aislar las bacterias sobrevivientes que todavía existan en el sistema canalicular.
- Impedir la penetración de estas bacterias y sus toxinas en los tejidos periapicales.
- Impedir que el líquido intersticial, proveniente del foramen apical, conductos laterales o cavidad oral lleguen a las bacterias residuales y lleven los nutrientes necesarios para su proliferación.
- Funcionar como una barrera contra nuevas reinfecciones.

Sin embargo, y a pesar de todos los avances científicos actuales, los estudios científicos continúan demostrando que ningún material de obturación ha conseguido, hasta hoy, impedir totalmente la microfiltración apical y coronal, haciendo utópico el concepto de hermeticidad que tanto se preconiza en la obturación endodóncica<sup>4, 9, 20, 26, 27, 29, 44</sup>.

### **3.1- Límite apical de la obturación**

En 1931, Rickert & Dixon afirmaban que el principal objetivo del tratamiento endodóncico estaba en la obtención de un sellado apical lo más cerca posible del límite cemento-dentinario<sup>18</sup>.

Todavía hoy está implementado que la instrumentación y obturación tienen como límite la referencia anatómica del límite cemento-dentinario (CDC), también llamada constricción apical<sup>18</sup>. Es el punto más estrecho del conducto y, por lo tanto, el local donde el supliniento sanguíneo es menor. Representa la transición entre los tejidos pulpaes y peridontales<sup>12, 16, 47</sup>.

Sin embargo, el límite CDC es una referencia histológica y no clínica, y ni siempre corresponde a la mayor constricción de la raíz como antes se pensaba, pudiendo variar desde el apex radiográfico hasta 3 mm coronalmente, dependiendo de la anatomía radicular de cada diente. Se defiende actualmente que lo ideal es hacer una obturación endodóncica entre 0,5 a 1 mm del apex radiológico<sup>12</sup>.

### **3.2- Filtración apical**

Se caracteriza como filtración apical el paso de los fluidos tejidulares por el apex del diente, formando nichos de proliferación bacteriana, y consecuentemente, fuentes de irritación para los tejidos periapicales, perpetuando un estado de inflamación.

Oliver & Abbott<sup>18</sup> (2001) estudiaron la filtración en 116 dientes tratados endodóncicamente con un historial de éxitos y fracasos. Los resultados demostraron que 99,5% sufrieron una filtración apical. No obstante, dientes con éxito clínico durante 12 años y que sólo fueron extraídos por razones periodontales, evidenciaron una filtración del colorante en 86% del conducto obturado. Otra curiosidad fue que, muestras clasificadas como endodoncias clínicamente deficientes, solo infiltraron en el estudio 8,5%. Estos resultados demuestran que el hecho de haber filtración apical en los estudios científicos, no asegura

necesariamente que haya penetración bacteriana en condiciones clínicas normales. También demuestran que, una endodoncia radiográfica y clínicamente buena puede presentar un sellado apical insuficiente, y que endodoncias radiográficamente malas pueden ser clínicamente satisfactorias.

La dificultad en adquirir un sellado total en la obturación endodóncica se debe fundamentalmente a la complejidad anatómica radicular y a sus múltiples forámenes apicales<sup>48,49</sup>.

### **3.3- Filtración coronaria**

Marshall y Massler en 1961 introdujeron el concepto y la importancia de la filtración coronaria en el fracaso endodóncico<sup>6, 50</sup>.

La filtración coronaria permite el paso de flúidos y microorganismos provenientes de la cavidad oral para el interfaz entre el material de obturación y las paredes del conducto radicular. La recontaminación puede ocurrir en casos de recidiva de caries, filtraciones de las restauraciones temporarias, demora en la realización de la restauración definitiva o fracturas de estructuras dentarias y material restaurador. De ahí viene la importancia de restaurar definitivamente el diente tratado endodóncicamente lo más rápido posible<sup>3, 6, 13, 33, 37, 51-53</sup>.

#### **4- MATERIALES DE OBTURACIÓN:**

Grossman clasificó los materiales obturadores en plásticos, sólidos, cementos y pastas. En 1940, consideró que un material obturador ideal debe respetar los siguientes requisitos<sup>31</sup>:

- Ser de fácil introducción en el conducto radicular
- Sellar el conducto en su totalidad (lateral y coronalmente)
- No sufrir contracción
- Ser impermeable a la humedad
- Ser bacteriostático
- No provocar discromias
- No debe ser irritante para los tejidos periapicales
- Fácil de remover cuando sea necesario
- Ser esterilizable o de fácil desinfección
- Ser radiopaco.

Actualmente, el concepto de un material obturador ideal empieza a tomar nuevas proporciones. Además de todas las propiedades defendidas por Grossman, hoy se pretende también que:

- El material obturador se adapte a la forma del conducto instrumentado, es decir, que sea capaz de rellenar posibles irregularidades que permanecen en las paredes de los conductos instrumentados, que favorecen el alojamiento de bacterias residuales.

- Exista un control del material obturador, de forma a evitar la extrusión del mismo a través de los tejidos periapicales. A pesar de que sean idealmente biocompatibles, los materiales utilizados pueden desencadenar una reacción extraña en el cuerpo.
  
- El material obturador favorezca la estimulación regenerativa de todo el periodonto, especialmente después de tratamientos invasivos o patologías apicales.

Las técnicas y los materiales obturadores actuales, por sí solo, todavía no son capaces de conseguir todos los objetivos pretendidos en la obturación ideal. En la endodoncia corriente, las microfiltraciones bien sean coronales o apicales, son una constante, especialmente en la interfaz entre las paredes del conducto y los materiales de obturación <sup>25, 39</sup>.

#### **4.1- Gutta-percha**

La gutta-percha es usada como material de obturación endodóncica hace casi 150 años. Es un polímero, fundamentalmente polisopreno, extraída de un árbol tropical encontrado en varias regiones como Malasia, Filipinas y la selva Amazónica. Químicamente existe en dos formas cristalinas distintas (alfa y beta), que se pueden convertir una en la otra. La forma "alfa" proviene directamente del árbol, mientras que la mayor parte de la gutta-percha se encuentra comercialmente en la forma cristalina "beta". Cuando los isómeros de polisopreno son calentados por encima de 68°C, la forma "alfa" se transforma en "beta". Cuando la forma "beta" es calentada a 46°C, esta se transforma en "alfa", regresando rápidamente a la fase "beta" cuando se enfría, provocando una contracción. Las propiedades físicas de



las dos formas son parecidas, sin embargo la forma “alfa” tiene un punto de fusión de 74°C y la “beta” de 64°C<sup>29, 31</sup>.

A temperatura ambiente, 60% de la gutta-percha es cristalina, siendo el resto una estructura amorfa<sup>54</sup>. Cuando es calentada, se ablanda, se deforma y se expande ligeramente, pudiendo hacerse líquida si es sometida a temperaturas superiores de 65°C. Esa alteración volumétrica es de gran importancia para la endodoncia, una vez que después de expandirse, sufrirá una contracción.

Como todos los polímeros, la gutta-percha presenta alguna elasticidad, pero si es expuesta a la luz durante mucho tiempo, se oxida, volviéndose dura, quebradiza y frágil. Presenta propiedades de disolución en solventes como el cloroformo, xilol y eucaliptol.

Ya en 1890, Swain enumeró sus beneficios como material obturador, permaneciendo hasta hoy como el material sólido de elección en la obturación endodóncica<sup>54</sup>. La gutta-percha posee propiedades fundamentales que justifican su uso incondicional, tales como la biocompatibilidad, inercia, estabilidad dimensional, plasticidad cuando es calentada y ser de fácil remoción cuando pretendemos hacer un retratamiento o colocación de un poste intrarradicular. Podemos afirmar también que posee alguna acción antibacteriana que proviene del óxido de zinc contenido en los conos<sup>6, 12, 16, 31, 55</sup>.

La gutta-percha posee diferentes formas de presentación, pudiendo ser moldada y utilizada en diferentes técnicas de obturación:

a) Presentación en conos:

Los conos de gutta-percha solo tienen en su composición cerca de 20% de este material, siendo 60% a 75% constituido por óxido de zinc. También posee otras sustancias en menor porcentaje como ceras, agentes colorantes, antioxidantes, y sales metálicas<sup>12, 54</sup>.

a.1) Conos estandarizados:

Son los conos clásicos utilizados en la técnica de condensación lateral. Están clasificados según las normas ISO y presentan conicidad de .02 disponibles desde el tamaño 10 hasta el 140. Actualmente existen también en el mercado conos de gutta-percha con conicidades diferentes (.04 y .06), que acompañan la evolución reciente de los instrumentos rotatorios en Níquel-Titanio.

a.2) Conos no estandarizados:

Se utilizan normalmente en las técnicas de obturación termoplástica, pudiendo también ser utilizados como accesorios en las de condensación lateral. Están disponibles en los siguientes tamaños: extrafino (XF), fino-fino (FF), medio-fino (MF), fino (F), fino-medio (FM), medio (M), medio-grande (ML), grande (L) y extragrande (XL).

b) Presentación en bastones o cartuchos:

Utilizadas en la técnica termoplástica de diferentes formas.

c) Ejemplos de otras presentaciones de gutta-percha:

Conos de gutta-percha revestidos con resina: EndoRez

Núcleos revestidos con gutta-percha: Thermafil y Soft-Core

Gutta-percha en polvo: GuttaFlow

No podemos considerar la gutta-percha como el material ideal de obturación, sin embargo, continua siendo el que más cumple con los requisitos propuestos por Brownlee en 1900, y reiterados por Grossman en 1940<sup>12, 25</sup>. Juntamente con un cemento obturador, la gutta-percha continua siendo el material de elección en la endodoncia actual<sup>7, 16</sup>.

#### **4.2- Cementos Endodóncicos**

Los cementos endodóncicos tienen un papel primordial en la obturación. Además de ser biocompatibles, deben sellar las interfaces entre los materiales de obturación y las de estos con la pared del conducto, consiguiendo una obturación tridimensional de forma hermética y estable. Deben poseer la capacidad de penetrar en los conductos accesorios no rellenos por la gutta-percha, y como han demostrado varios estudios, su uso es obligatorio, sea cual sea la técnica de obturación utilizada<sup>6, 12, 37, 56-58</sup>.

A los requisitos básicos estipulados por Grossman para los materiales de obturación descritos anteriormente, podemos añadir que los cementos endodóncicos deben respetar también las siguientes suposiciones:

- Ser insoluble
- Tener estabilidad dimensional
- Presentar una buena adherencia a las paredes del conducto radicular
- Presentar tiempo de trabajo y fraguado satisfactorio
- Presentar capacidad de unión en las fases orgánicas y inorgánicas de la dentina<sup>59</sup>
- No debe ser mutagénico ni carcinogénico.

Se pretende que un cemento tenga la capacidad de unirse a las paredes de los conductos, consiguiendo así una unión entre éstos, los conos de gutta-percha y el propio cemento<sup>60-62</sup>, disminuyendo el espacio existente entre ellos, los riesgos de microfiltración y el movimiento de los fluídos dentro de los conductos<sup>63</sup>. Debe unirse a las fases orgánicas y inorgánicas de la dentina, neutralizando los microorganismos y sus subproductos, induciendo una respuesta cimentada sobre el foramen apical<sup>7, 12, 40, 59, 64</sup>.

Sabemos que la filtración marginal apical es una constante en las obturaciones endodóncicas, sea en mayor o menor grado. Está directamente relacionada con los materiales de obturación y sus propiedades, ya que de ellos depende la tan deseada hermeticidad<sup>65</sup>.

#### *4.2.1- Propiedades de los cementos*

##### *4.2.1.1- Radiopacidad*

La única evaluación clínica posible del tratamiento endodóncico es haciendo una imagen radiográfica. Así, la radiopacidad de los materiales obturadores es una de las propiedades físicas fundamentales en la evaluación del relleno del sistema canalicular. No obstante, la radiopacidad de los cementos endodóncicos no debe superar a la de los conos de gutta-percha, una vez que la suma de componentes radiopacificadores puede esconder defectos y espacios vacíos. Por otro lado, un cemento poco radiopaco puede ser juzgado como ausente en áreas donde se encuentre en pequeñas cantidades<sup>66</sup>.

#### 4.2.1.2- Biocompatibilidad

Podemos definir biocompatibilidad como la compatibilidad que tienen los materiales en los tejidos y líquidos intersticiales en la cual, son utilizados.

Los cementos endodóncicos están normalmente muy próximos de los tejidos periapicales, haciendo de extrema importancia las propiedades biológicas de esos materiales<sup>67, 68</sup>. Además de prevenir que aparezcan patologías y de inducir la reparación de tejidos, debe ayudar y estimular la reorganización celular de las estructuras envolventes<sup>69</sup>.

Todos los cementos existentes poseen un poco de citotoxicidad durante la fase inicial del fraguado, volviéndose lentamente menos tóxicos. El tiempo de fraguado puede variar de unos minutos a varios días<sup>6</sup>. No obstante, si son demasiado irritantes, los tejidos periapicales pueden ser afectados causando una situación inflamatoria persistente y causar una necrosis del tejido, perjudicando todo el tratamiento endodóncico<sup>70</sup>. Por lo tanto, debe ser lo más biocompatible posible y su extrusión apical debe ser evitada<sup>6, 71</sup>.

Cohen & Burns<sup>12</sup> alertaron sobre la contraindicación que deben existir en los cementos endodóncicos que presentan corticosteroides y paraformaldeído. El primero solo es utilizado para camuflar desnecesariamente síntomas clínicos posoperatorios, y el segundo tiene una acción necrótica sobre los tejidos.

Autores como Tronstad<sup>71</sup> y Bernath<sup>72</sup> señalaron que bajo el punto de vista biológico, estas sustancias son inaceptables como materiales obturadores. El formaldeído provoca efectos neurotóxicos irreversibles, es un agente alérgico

potente, puede mantener una inflamación crónica y causar una necrosis del tejido, no habiendo justificación para su utilización en endodoncia.

#### 4.2.1.3- Sellado

Las filtraciones se pueden dar en las interfases entre los materiales de obturación (cemento y gutta-percha) y entre éstos y las paredes radiculares<sup>28</sup>. El objetivo primordial de la obturación es sellar todo el sistema canalicular, con un límite adecuado y de manera hermética, tanto de forma lateral como apical, utilizando materiales y técnicas que favorezcan la reparación del periápice. Sin embargo, todos los estudios han demostrado que, hasta hoy, ningún material de obturación posee todas las propiedades deseables para ese fin.<sup>7, 14, 58, 64, 65, 73</sup>

Facer *et al.*<sup>57</sup> (2001) utilizaron la técnica de condensación lateral y testaron la distribución de tres cementos obturadores a lo largo del canal radicular: El óxido de zinc-eugenol, el AH 26 y el Sealapex. Ninguno de los cementos estudiados han sellado de forma uniforme y continua los espacios entre los conos de gutta-percha y entre éstos y las paredes del conducto, especialmente en la zona apical. Los resultados demostraron que los cementos se concentran más entre los conos de gutta-percha, permitiendo espacios vacíos en la interfaz entre ellos y las paredes radiculares.

#### 4.2.1.4- Propiedades adhesivas

Se sabe que la gutta-percha no sella el conducto cuando es usada de forma aislada, una vez que no posee propiedades de adhesión<sup>7, 25, 29, 74-76</sup>. Así, los

cementos endodóncicos representan un importante papel en la endodoncia, siendo utilizadas como coadyuvantes de la obturación<sup>36, 59, 70, 77</sup>.

Con el objetivo de tener un modelo de los estudios realizados y uniformizar los resultados, ADA/ANSI (American Dental Association) estableció en 1984 un documento con el título de Especificación nº57, el cual, determina una serie de reglas que deben ser cumplidas cuando pretendemos estudiar las propiedades físicas de los cementos y materiales obturadores, como el escurrimiento, espesura, tiempo de fraguado, radiopacidad, solubilidad, desintegración y estabilidad dimensional. No obstante la cuestión de la adhesión no encontró consenso, quedando así sin reglamento<sup>12, 61, 63</sup>.

Se puede afirmar que el cemento posee propiedades adhesivas cuando tiene la capacidad de unir los conos de gutta-percha entre sí, y éstos a las paredes del conducto, rellenando las irregularidades y consiguiendo el sellado<sup>12, 34, 59</sup>. Después del fraguado, es frecuente que se críen pequeños hiatos entre los cementos y la gutta-percha, favoreciendo la penetración bacteriana<sup>7, 78</sup>.

Los cementos también deben tener capacidad de cohesión para mantener los materiales unidos, deben mejorar la adhesión y la adaptación de la gutta-percha a las paredes del conducto, ayudar en su relleno tridimensional y penetrar en los túbulos dentinarios, uniéndose íntimamente a la dentina. El aumento de la superficie de contacto entre los materiales y las paredes del conducto, hace el sellado más eficaz<sup>12, 59, 64</sup>.

#### 4.2.1.5- Esgurrimiento

Se entiende por esgurrimento, la capacidad que posee un material para penetrar en pequeños espacios. Cuanto mayor sea el esgurrimento, mayor será su capacidad de penetración, tanto entre los conos de gutta-percha, como en los túbulos dentinarios, en los conductos laterales y en los conductos accesorios <sup>79-81</sup>.

Para conseguir un buen sellado, el cemento debe rellenar todos los espacios vacíos existentes tanto en el conducto principal como en los laterales, sin aumentar el riesgo de extrusión apical. Cuanto más fluido sea el cemento, mayor será el contacto con los tejidos periapicales, haciendo imprescindible más una vez, la biocompatibilidad <sup>81</sup>.

El tiempo de fraguado de un cemento influye directamente en su capacidad de esgurrimento <sup>81</sup>. Según Grossman <sup>82</sup>, la adición de resina aumenta la plasticidad del cemento obturador, favoreciendo así su esgurrimento.

De Deus *et al.* <sup>83</sup> (2006) compararon la contaminación bacteriana hecha en obturaciones en la que se utilizaron dos espesuras diferentes de cuatro cementos endodóncicos (Pulp Canal Sealer, Sealapex, EndoRez y AH Plus). Constataron que una mayor viscosidad del cemento compromete el esgurrimento, influenciando negativamente su capacidad de sellado. La única excepción fue el AH Plus que, además de presentar siempre un mejor resultado, no presenta diferencias significativas en las dos espesuras, el cual puede deberse a las características inherentes para una mejor estabilidad dimensional.



#### 4.2.1.6- Solubilidad

Se entiende por solubilidad como la capacidad que tiene una sustancia en disolverse en otra<sup>79</sup>. Es muy importante que el cemento obturador posea baja solubilidad. Su degradación produce hiatos y vacúolos en la interfaz entre el cemento y la dentina y entre el cemento y la gutta-percha, comprometiendo el sellado. Estos espacios son fuentes propicios de flujo, desarrollo y colonización de bacterias residuales o provenientes de los tejidos periapicales.<sup>43, 70, 79</sup>

Algunos estudios afirman que los cementos de resina epóxica presentan con el tiempo menor solubilidad, cuando lo comparamos con otros cementos que existen.

<sup>43, 79, 81</sup>

#### 4.2.1.7- Estabilidad Dimensional

La estabilidad dimensional de un cemento es de gran importancia en la prevención del flujo de las bacterias para los tejidos periapicales, una vez que su inestabilidad proporciona espacios en la interfaz entre el cemento y la dentina y entre el cemento y la gutta-percha.

Orstavik *et al.*<sup>84</sup> (2001) demostraron que las alteraciones dimensionales de los cementos se dan principalmente en las primeras cuatro semanas. Sus resultados demostraron una contracción entre 0,3% y 1% en los cementos de óxido zinc-eugenol, al contrario de los cementos de resina que sufrieron una expansión: el AH26 sufrió una expansión inicial elevada entre 4% y 5%, y el AH Plus de 0,4%. Los cementos de hidróxido de calcio no sufrieron alteración dimensional significativa. También Versiane<sup>80</sup> (2006) constató una expansión de 1,3% en el AH Plus y de 8,1% en el Epiphany.

Lo ideal sería que un cemento no sufriese una expansión, pues aumenta el riesgo de fractura, y ni una contracción, para no comprometer el sellado.

#### 4.2.1.8- Tiempo de Fraguado

El tiempo de fraguado de un cemento es el tiempo necesario para que éste adquiera sus propiedades definitivas. Está directamente relacionado con el aumento o disminución de la microfiltración inicial en un conducto tratado endodóncicamente. Lo ideal sería que posibilitase un tiempo de trabajo necesario para una correcta obturación, pero suficientemente corto para evitar filtraciones posteriores<sup>80</sup>.

El tiempo de fraguado de un cemento depende básicamente de sus constituyentes, del tamaño de sus partículas, de la temperatura ambiente y de la humedad relativa del local<sup>80, 81</sup>.

Allan *et al.*<sup>85</sup> (2001), realizaron un estudio comparativo entre el cemento de Roth's, el AH 26, el Sealapex y el Tubli-Seal mediante la técnica de condensación lateral, en el que el primero al final de 8 semanas no había alcanzado el fraguado total, y el resto solo lo consiguieron después de 4 semanas. Este estudio demuestra la importancia del tiempo de fraguado de los cementos endodóncicos en la filtración apical, una vez que de eso depende su susceptibilidad para su degradación cuando está expuesto a fluidos periapicales.

Todas estas características deberían tenerse en cuenta a la hora de elegir un cemento endodóncico, pero, así como ocurre con el material sólido, todavía no existe ningún cemento obturador que cumpla todos los requisitos anteriormente

mencionados. Sin embargo, la capacidad de sellado y la biocompatibilidad son suposiciones esenciales y obligatorios en un cemento endodónico<sup>86</sup>

#### *4.2.2- Clasificación de los cementos endodóncicos*

Los cementos con el paso del tiempo han sufrido una gran evolución, estando clasificados según su principal componente químico<sup>7, 12, 14, 87</sup>:

##### *4.2.2.1- Cementos de óxido zinc- eugenol*

#### Cemento de Rickert

El cemento original de óxido de zinc-eugenol desarrollado por Rickert en 1927, fue durante años el cemento modelo de la endodoncia. Respetaba la mayoría de los requisitos defendidos por Grossman, con excepción de la plata que era adicionada para dar radiopacidad al material que, como se sabe, causa discromias dentarias<sup>31</sup>.

#### Cemento de Grossman

En 1936, Grossman empezó su estudio sobre las sustancias que deben ser utilizadas como cementos obturadores del conducto radicular. Inicialmente, preconizó la utilización de un cemento a base de óxido de zinc y eugenol que contenía plata. Formuló los requisitos que debe poseer un material obturador del conducto radicular y apuntó las ventajas de la utilización del núcleo sólido asociado a un cemento obturador adecuado.

En 1958, sensible al problema presentado por la oxidación de la plata y la pigmentación dentaria, el investigador preconizó el uso de otro cemento obturador, retirando la plata<sup>88</sup>.

En 1974, después de varias alteraciones, Grossman publicó la fórmula del cemento que todavía hoy posee su nombre. Sigue siendo utilizada, en la cual, presenta los siguientes constituyentes (tab.1):

Cemento de Grossman		
Polvo		Líquido
Óxido de zinc	42 partes	Eugenol
Resina hidrogenada	27 partes	
Subcarbonato de bismuto	15 partes	
Sulfato de bario	15 partes	
Borato de sodio anidro	1 parte	

Tabla 1- Constituyentes del cemento de Grossman

Actualmente los cementos de óxido zinc-eugenol continúan siendo los cementos endodóncicos más utilizados en todo el mundo<sup>71, 76</sup>. Con el paso del tiempo el cemento original ha sufrido algunas variaciones en su composición. Como el propio nombre indica, los principales constituyentes activos siguen siendo el óxido de zinc y el eugenol, pudiendo ser utilizados tanto en sus formas originales como en sustancias asociadas para potenciar sus propiedades físico-químicas y biológicas.

Algunos fabricantes siguen añadiendo partículas de plata de forma a aumentar la radiopacidad, no obstante, como sabemos, su uso está contraindicado. También

fueron adicionadas resinas naturales que confieren una textura más suave, mayor plasticidad, mayor estabilidad dimensional con el paso del tiempo y mayor sellado. También se ha añadido hidróxido de calcio para favorecer la regeneración apical. Algunas fórmulas también presentan paraformaldeído y corticosteroides en sus constituciones, pero actualmente están contraindicados, tal como ya habíamos referido anteriormente.

#### 4.2.2.2- Cementos de hidróxido de calcio

Los cementos a base de hidróxido de calcio presentan las siguientes características<sup>6</sup>:

- Biocompatibilidad
- Induce la formación de tejidos mineralizados
- Efecto antibacteriano, por el aumento del pH
- Fácil de remover cuando sea necesario un retratamiento
- Radiopacidad moderada
- Alta solubilidad con el paso del tiempo
- Efecto terapéutico de hidróxido de calcio, estimulando la reparación del periápice
- No presenta una unión con la dentina
- No presenta cohesión entre la gutta-percha
- Baja estabilidad dimensional

El hidróxido de calcio tiene propiedades perfectamente conocidas, que confieren a estos cementos una alta biocompatibilidad<sup>72</sup>. Su capacidad de formación de osteo-

cemento en dientes inmaduros y la reparación ósea y del tejido en general, son características importantes<sup>6, 86</sup>.

Está descrito que un pH ácido favorece a la reabsorción ósea y a la desmineralización del tejido, siendo su aumento benéfico para la reparación ósea periapical<sup>86</sup>. No obstante, para que sea eficaz, el hidróxido de calcio tiene que disociarse en iones de calcio y en iones de hidroxilo. Algunos estudios han demostrado que con el paso del tiempo y en contacto con los tejidos periapicales, la descomposición de estos cementos se vuelven bastante solubles, el cual favorece la filtración apical<sup>6, 36, 56, 71, 81, 89</sup>.

El Sealapex es un ejemplo de cemento de hidróxido de calcio, que surgió en el mercado a principios de la década de los 80<sup>28</sup>.

#### *4.2.2.3- Cementos de ionómero de vidrio*

Inicialmente, el ionómero de vidrio era utilizado solo como material restaurador. No obstante, este material empezó a suscitar interés en el campo endodóncico, ya que posee propiedades adhesivas<sup>14, 73</sup>.

El Ketac-Endo surgió a principios de la década de los 90 y fue el primer cemento endodóncico a base de ionómero de vidrio disponible comercialmente<sup>6, 90</sup>. Tiene una mayor radiopacidad y un mayor escurrimiento que los ionómeros usados en dentistería, con un tiempo de trabajo limitado. Los cementos de ionómero de vidrio contienen propiedades adhesivas para la dentina<sup>91</sup>, pero posee alta solubilidad antes de alcanzar el fraguado<sup>6, 81</sup>, el cual favorece la filtración. Es biocompatible, disminuye la solubilidad con el paso del tiempo, y posee la ventaja de liberar flúor<sup>68, 90</sup>. En caso de retratamiento son difíciles de remover.

#### 4.2.2.4- Cementos de resinas

Los cementos a base de resinas epóxicas poseen buenas propiedades mecánicas, de sellado y un tiempo de trabajo satisfactorio. Cuando están recién mezclados son relativamente espesos y adhesivos, pero son fáciles de manipular, con una acción antibacteriana activa, que disminuye con el paso del tiempo. Varios estudios han demostrado características importantes de estos cementos: buena capacidad de adhesión con las paredes dentinarias y con la gutta-percha<sup>89</sup>, radiopacidad, baja solubilidad, alguna expansión<sup>80</sup>, un buen sellado y escurrimiento<sup>65, 80, 87</sup>.

Los cementos AH26 y AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) son dos ejemplos de cementos a base de resina epóxica.

El AH26 fue inicialmente introducido en los Estados Unidos en 1957 por el Prof. A. Schroeder<sup>38</sup>, estando actualmente disponible en dos versiones: con y sin plata (tab.2).

AH26™ (Dentsply DeTrey)		
Polvo:		Líquido:
Plata en polvo	10%	Éter-diglicidil bisfenol
Trióxido de bismuto	60%	
Dióxido de titanio	5%	
Hexametileno-tetramina	25%	

Tabla 2- Constituyentes del AH 26

Presenta elevada citotoxicidad durante y después del fraguado, liberación de formaldeído<sup>12, 67, 72, 92</sup>, lo que le confiere propiedades mutagénicas y carcinogénicas que deben ser consideradas. Sin embargo, su biocompatibilidad es controversa, ya

que algunos estudios documentan que su toxicidad disminuye considerablemente con el paso del tiempo<sup>92</sup>.

AHPlus™ (Dentsply DeTey)	
Pasta A	Pasta B
Resinas epóxicas	Aminas
Tungstato de calcio	Tungstato de calcio
Óxido de zirconio	Óxido de zirconio
Sílica	Sílica
Pigmentos de óxido de ferro	Óleo de silicone

Tabla 3- Constituyentes del AH Plus

A pesar de estar comercializado todavía, el cemento AH26 fue progresivamente sustituido por el AH Plus, que presenta mejores propiedades físicas y clínicas, no libera formaldeído de forma considerable y posee óxido de bismuto, sustituyendo el de polvo de plata, evitando así, las discromias dentarias<sup>67</sup> (tab.3).

Varios estudios han concluido que ambos presentan citotoxicidad<sup>67</sup>, siendo el AH Plus normalmente menos tóxico que el AH26, y que después del fraguado este cemento es tolerado por los tejidos<sup>69</sup>. El tiempo de fraguado del AH26 dura cerca de 1-2 días a temperatura ambiente, mientras que el AH Plus es de 8 horas<sup>6, 80</sup>.

El cemento AH Plus ha demostrado buenas propiedades fisico-químicas y buenos resultados en los estudios de sellado apical. Presenta características importantes como la radiopacidad, baja contracción y solubilidad, una estabilidad dimensional aceptable, un buen sellado y escurrimiento y buena capacidad de adhesión a las paredes dentinarias y a la gutta-percha,<sup>60, 63, 65, 80, 87, 93, 94</sup>.



Azar *et al.*<sup>92</sup> (2000) estudiaron la citotoxicidad del AH Plus comparativamente con el AH26 y el óxido de zinc-eugenol. Constataron que el AH Plus ya no presentaba efectos adversos pasadas 4 horas, mientras que el AH26 presentó toxicidad durante 1 semana y el cemento de óxido de zinc, aun con toxicidad moderada, empezó a mostrar efectos tóxicos 1 hora después de haber sido preparado, permaneciendo así durante 5 semanas.

Versiane *et al.*<sup>80</sup> (2006) estudiaron algunas propiedades fisico-químicas del cemento AH Plus, y constataron un tiempo de fraguado de 8 horas, solubilidad de 0,21% y una expansión tras el fraguado de 1,3%.

Como ya se ha dicho, las resinas epóxicas poseen buenas propiedades mecánicas y adhesivas<sup>6, 89</sup>, tienen una capacidad de penetración en los túbulos dentinarios, lo que favorece a la adhesión, y tiene la ventaja de tener poca solubilidad.

Algunas de las desventajas apuntadas en el uso exclusivo de resinas como material obturador, era la imposibilidad de retratamiento endodóncico y la dificultad de colocar postes radiculares en el futuro<sup>6, 71, 95</sup>. Con el objetivo de solucionar estos problemas, se desarrollaron técnicas, como la utilización de la gutta-percha asociada a cementos de resina epóxica y la utilización de agentes adhesivos, en vez de utilizarlos de forma aislada. Con la combinación de estos materiales se pretende una fuerte "unión" entre sí impidiendo la microfiltración y manteniendo el material sólido, de forma a facilitar un posible retratamiento o preparos para postes radiculares<sup>53, 74, 96, 97</sup>.

De Almeida *et al.*<sup>14</sup> (2000) instrumentaron y obturaron mediante la técnica de condensación lateral 99 incisivos, habiendo constatado también que el AH Plus fue el cemento con menor filtración apical, cuando lo comparamos con el Ketac-Endo y el Fill Canal, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre éstos.

También Miletic <sup>98</sup> (2002) comparó la capacidad de sellado de cinco cementos endodóncicos y demostró que, después de un año, el cemento AH Plus y el Ketac-Endo mostraron un mejor sellado comparándolo con el AH 26, el Diaket y el Apexit, siendo éste el que más se filtró.

Çobankara *et al.*<sup>73</sup> (2002) evaluaron la microfiltración apical del AH Plus, del Ketac-Endo, del RoekoSeal y del Sultan durante 7, 14 y 21 días, después de ser obturados con la técnica de condensación lateral. Todos los cementos presentaron una filtración, que fue disminuyendo con el paso del tiempo, siendo menor en el 21º día que en el 7º día. El cemento de óxido de zinc-eugenol (Sultan) mostro una mayor filtración apical en todos los períodos de tiempo estudiados, de forma estadísticamente significativa<sup>73</sup>. El RoekoSeal fue el cemento que más filtró después de 7 días, invirtiendo el resultado al final de 21 días.

Venturi *et al.*<sup>99</sup> (2003) utilizó la técnica de obturación termoplástica seguida de una compactación termo mecánica utilizando dos cementos endodóncicos (AH Plus y Pulp Canal Sealer) y demostró las diferencias de penetración de los materiales de obturación a lo largo de los conductos. El grupo del AH Plus fue el que demostró una mayor difusión y penetración en los espacios vacíos. No obstante, también hay que resaltar que, mientras en ambos grupos los conductos laterales del tercio coronal fueron rellenados de forma significativa con gutta-percha y con cemento, los conductos laterales del tercio apical solo fueron rellenados con cemento. Estos resultados comprueban la importancia de las propiedades de escurrimiento y sellado de los cementos endodóncicos<sup>48</sup>.

Kooper *et al.*<sup>33</sup> (2003) constataron que, aun pasando 45 días de exposición con la cavidad oral, el AH Plus presentó un menor grado de filtración comparándolo con el Sealer 26 y con el cemento de óxido de zinc-eugenol, a pesar de que todos los cementos presentaron fallos durante el sellado.

#### 4.2.2.5- Cementos de silicona

Los cementos de silicona fueron introducidos en la endodoncia en 1984 con el RoekoSeal Automix<sup>®</sup> (Roeko Dental Products, Langenau, Germany), y con el GuttaFlow<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, Suiza) posteriormente. Según algunos autores, estos cementos presentan biocompatibilidad, un sellado satisfactorio, baja solubilidad y una expansión inicial <sup>84, 98</sup>.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

La obturación endodóncica además de impedir la proliferación y la microfiltración del exudado periapical para el interior de los conductos, impide la reinfección y crea un ambiente biologicamente favorable para la cicatrización de todos los tejidos de soporte<sup>6, 26, 27, 65</sup>. Así, un sellado radicular adecuado es uno de los factores fundamentales para el éxito endodóncico.

El sellado apical constituye un supuesto importante en la rehabilitación de los tejidos periapicales. Gran parte de los conductos laterales está localizada en el tercio apical de la raíz<sup>48</sup>. Una vez que estas variantes anatómicas favorecen el flujo de las bacterias y de sus toxinas entre el espacio canalicular y los tejidos circundantes del periápice. El estudio de la filtración apical ha aumentado en los últimos años.<sup>16, 48</sup>.

Las diferentes técnicas de obturación, las propiedades físicas y químicas de los cementos utilizados y la presencia o no de barrillo dentinario en las paredes radiculares, son variantes que parecen influir en la microfiltración apical<sup>37, 65</sup>.

## **1- TÉCNICAS DE OBTURACIÓN:**

### **1.1- Técnica de Condensación Lateral**

Según se piensa, la técnica de condensación lateral fue propuesta por Callahan en 1914<sup>71</sup>. Ofrece un sellado apical satisfactorio, así como un control apical más eficaz, comparándola con las técnicas termoplásticas, en que el extravasamiento es más frecuente<sup>15, 16, 41</sup>.

Para la ejecución de esta técnica se selecciona un cono de gutta-percha compatible con el último instrumento utilizado en la instrumentación, que deberá alcanzar la totalidad de la longitud de trabajo utilizado. El cono principal tiene que tener trabamiento apical, de forma a no revasar ese límite y alguna resistencia en la tracción coronaria. A pesar de ser calibrados por la norma ISO, a veces existe una variación en los diámetros apicales de los conos de gutta-percha, pudiendo haber alguna discrepancia entre éstos y el diámetro de la lima con el mismo calibre.

El cono principal es cubierto con el cemento obturador y es introducido en el conducto. Con la ayuda de un condensador lateral de gutta-percha previamente seleccionado, que debe alcanzar cerca de 2 mm de la longitud de trabajo en causa, el cono principal será compactado lateral y verticalmente, de forma a permitir la colocación de conos de gutta secundarios. Los conos secundarios, también llamados accesorios, deben rellenar junto con el cemento la totalidad de los espacios existentes en el conducto. Después de rellenar totalmente el conducto se cortan los conos de gutta-percha en la entrada con un instrumento caliente.

Es seguramente la técnica de obturación más utilizada a nivel mundial, gracias a su simplicidad, bajo coste, buena compactación apical y satisfactoria calidad final<sup>30, 41, 55, 100</sup>, sin embargo, estas características han sido contestadas por algunos autores con el desarrollo de las técnicas y de los materiales<sup>26</sup>.

Por ser una técnica de fácil ejecución y universalmente conocida, la condensación lateral es usada frecuentemente en los grupos de control, en estudios comparativos de materiales y de técnicas de obturación<sup>100, 101</sup>.

## 1.2- Técnicas Termoplásticas

### 1.2.1- Técnicas de Condensación Vertical:

#### 1.2.1.1- Técnica de Schilder

También denominada como técnica de gutta-percha calentada o técnica de condensación vertical clásica, esta técnica fue introducida por Schilder en los años 60<sup>100</sup>. Permite una mayor fluidez del material obturador dentro de los conductos laterales y en sus irregularidades, especialmente en conductos con grandes curvaturas y ramificaciones laterales, utilizando para ese efecto condensadores verticales de diferentes tamaños y un transportador de calor.

Los condensadores deben ser seleccionados previamente de modo a que lo más fino quede a una distancia de 5 mm de la longitud de trabajo. El cemento endodóncico y el cono principal de gutta-percha no standarizada son introducidos en el conducto radicular a una distancia media de 2 a 3 mm del apex y cortada con un instrumento calentado a la altura cervical del conducto. Sin tocar en las paredes del conducto, la gutta-percha es calentada con un transportador de calor y condensada verticalmente en frío con los condensadores de Schilder. Estos pasos son repetidos consecutivamente hasta que el conducto radicular esté totalmente relleno.

Esta técnica de obturación, además de ser compleja, presentaba algunas desventajas, bien por los efectos nocivos del ligamento periodontal consecuente de un excesivo calentamiento, o bien por el tiempo de trabajo desprendido<sup>12, 55</sup>.

No obstante, la técnica calentada contribuyó mucho para el desarrollo de la obturación. Actualmente se ha desarrollado variantes de esta técnica, que presentan ventajas interesantes, como es el caso del System B y otros similares.

#### 1.2.1.2- System B

Propuesta por Stephen Buchanan en 1996, el System B es una técnica que surgió para ayudar a simplificar la técnica clásica de condensación vertical<sup>49, 100</sup>. Es por lo tanto, una variante de la técnica de Schilder en el que el calor es controlado por un dispositivo.

El sistema se basa en una transmisión continua de calor, permitiendo que la gutta-percha fluya a lo largo del sistema canalicular. Se utiliza un instrumento conductor de calor, condensadores de diferentes calibres con temperaturas que rondan cerca de 160-200°C, en el que el calentamiento y la compactación se realizan de forma simultánea. Por esta razón, también se denomina “Técnica de condensación mediante ondas continuas”<sup>12</sup>.

Se debe verificar el condensador antes de realizar la obturación y se debe ajustar a una distancia entre 4 y 6 mm de la longitud de trabajo, para que la gutta-percha plastificada se adapte al tercio apical. Se introduce una pequeña cantidad de cemento en el conducto, juntamente con el cono principal. La parte cervical excedente del cono es cortada y es introducido el condensador calentado. De esta forma, se ablanda y se compacta la gutta-percha, fluyendo a través del sistema canalicular. El dispositivo así, se desconecta y la gutta-percha se condensa en frío, ejerciendo una ligera presión apical. De nuevo, se activa el dispositivo y se retira del conducto, condensándolo posteriormente y así sucesivamente.



El tercio medio y cervical del conducto son obturados con conos accesorios de gutta-percha y normalmente condensados. La temperatura utilizada en este sistema oscila entre 100°C y 300°C, el cual, se debe tener en cuenta en la prevención de extrusión del material para el periápice.

#### 1.2.1.3- Beefill y Elements

Estos nuevos sistemas surgen sobre el año 2005. Con solo una aparatología, poseen un dispositivo que aplica los principios básicos del System B, para la obturación del tercio apical (downpack), y otro dispositivo acoplado en el mismo aparato para la obturación del tercio medio y coronal (back-fill). En este dispositivo, la gutta-percha está presente en cartuchos descartables y, cuando se calienta, se inyecta en los conductos y se compacta en frío, repitiendo estos pasos hasta conseguir un total relleno del conducto.

#### 1.2.2- Técnicas Inyectables:

##### 1.2.2.1- Obtura II

En esta técnica, la gutta-percha está termoplastificada e inyectada en el conducto a alta temperatura (160-200°C). El Sistema Obtura utiliza una pistola que calienta la gutta-percha y una punta transportadora de material con agujas de diferentes calibres, previamente calentada a 200°C.

Una vez determinado el ajuste de la punta y el condensador, se coloca el cemento, y seguidamente, se inyecta lentamente la gutta-percha, evitando que se ejerza presión apical sobre la punta aplicadora. Retirando así, la punta y procediendo a una condensación vertical, y así sucesivamente hasta conseguir un relleno total del conducto.

### 1.2.2.2- UltraFill

Idealizado en 1984 por Michanowicz y Czonstkowsky, este sistema tiene semejanzas en los procedimientos y en los principios de Obtura, pero se distingue por utilizar la gutta-percha a baja temperatura (70°C-90°C). La gutta-percha está calentada en un horno apropiado y está colocada en una pistola para la introducción en los conductos radiculares.

### 1.2.2.3- Microseal

Se introduce el cono principal con el cemento endodónico en la longitud de trabajo. El cartucho de MicroFlow, el cual contiene la gutta-percha con una baja fusión se coloca en un horno durante 15 segundos. Después se introduce un condensador apropiado dentro del cartucho, de modo a que se quede envuelto por la gutta-percha. Tras una condensación lateral del cono principal, accionamos e introducimos el condensador envuelto por la gutta-percha en el conducto, permaneciendo durante 2 segundos en la posición apical, siendo después suavemente removido con una presión contra las paredes laterales del conducto. La condensación vertical se debe hacer con un condensador manual. Si es necesario, el procedimiento se puede repetir.

### **1.3- Técnicas Termomecánicas:**

#### 1.3.1- McSpadden

En 1979<sup>12, 102</sup>, John T. McSpadden introdujo la técnica termomecánica o termocompactada de la gutta-percha, que visaba la plastificación mediante calor y la condensación del material obturador, por medio de un instrumento semejante a una lima Hedström invertida. El cono principal se introduce en el conducto juntamente con el cemento. Seguidamente, introducimos el termocompactor que, con movimientos rotatorios en el sentido a las agujas del reloj, plastifica la gutta-percha en el interior del conducto, condensando lateral y verticalmente la gutta-percha ablandada. Esta técnica presentaba el inconveniente de extruir mucho material para los tejidos periapicales y de tener un elevado riesgo de fractura del instrumento dentro de los conductos radiculares.

#### 1.3.2- Thermafil

Ben Johnson idealizó recubrir un núcleo de plástico con una gutta-percha plastificada de diferentes calibres, surgiendo así, una técnica de obturación con un núcleo conductor. Antes de la obturación, se utiliza los verificadores que se deben ajustar pasivamente a la distancia de trabajo, y determinarán que calibre de cono Thermafil se utilizará. Después de introducir pequeñas cantidades de cemento endodónico, se calienta el cono en un horno apropiado y se introduce en el conducto. El tubo de plástico se debe cortar con una broca esférica y la gutta-percha debe ser condensada a nivel cervical. En caso de que sean necesarios conos accesorios, éstos se pueden introducir para completar la obturación y ser condensados lateralmente.

Raymundo *et al*<sup>41</sup> compararon el sellado de conductos laterales en dientes obturados a través de la técnica de McSpadden, de Tagger, Thermafil y condensación lateral. La técnica del sistema Thermafil demostró resultados estadísticamente superiores relativamente a las otras técnicas. La técnica de McSpadden obtuvo resultados semejantes a la híbrida de Tagger.

#### **1.4- Técnica Híbrida de Tagger:**

En 1984, Tagger<sup>103</sup> juntó la condensación lateral al uso de los compactadores de Mc Spadden, desarrollando así, la llamada técnica híbrida de obturación. Esta técnica consiste en hacer la condensación lateral solo en el tercio apical, seguidamente utilizando los compactadores en el tercio medio y cervical de los conductos radiculares. Las ventajas significativas que se encontraron relativamente a las técnicas termocompactadas fueron una mayor rapidez de ejecución y un buen sellado apical evitando los extravasamientos apicales.

Sea cual sea la técnica de obturación utilizada, el núcleo sólido es utilizado juntamente con un cemento obturador, no obstante, la primera técnica descrita utiliza conos de gutta-percha, el resto utiliza la gutta-percha plastificada a través del calor, antes o después de ser introducida en los conductos.

## **2- SISTEMAS DE OBTURACIÓN:**

A pesar de todos los avances científicos actuales, los estudios siguen demostrando que ningún material de obturación ha conseguido hasta hoy impedir totalmente la microfiltración apical, haciendo utópico el concepto de hermeticidad que tanto se preconiza en la obturación endodóncica <sup>14, 28, 98</sup>.

Actualmente, existen innumerables técnicas y materiales de obturación que se han desarrollado para proporcionar ese sellado tan deseado. La gutta-percha, juntamente con los cementos convencionales, sigue siendo universalmente utilizada gracias a sus propiedades físicas y químicas. Las diversas técnicas de obturación conocidas y la introducción de nuevos cementos han traído algunos avances en la adaptación de los materiales a las paredes radiculares. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, sigue habiendo entre ellos espacios por sellar.

Así, como alternativa a estos materiales convencionales, surgen en 2004 dos nuevos sistemas de obturación completamente diferentes, el Resilon™ (Resilon Research LLC, Madison, CT, USA) y el GuttaFlow (Coltène/Whaledent, Langenau, Germany).

## **2.1- Sistema Resilon**

El Resilon surge como un nuevo sistema de obturación que, utilizado juntamente con un sistema adhesivo, constituye un concepto totalmente diferente de obturación. Está constituido principalmente por una resina sintética a base de policaprolactona, que es la responsable por su termoplasticidad<sup>104</sup>. Es un material biocompatible, con propiedades importantes, como la no citotoxicidad y la mutagenicidad<sup>25, 105, 106</sup> y presenta una manipulación idéntica a la gutta-percha, permitiendo también el retratamiento con los mismos disolventes<sup>107</sup>.

Los materiales Resilon pueden ser utilizados, o bien, por la técnica de condensación lateral o por la técnica termoplástica, una vez que existen también bastones de resilon<sup>49, 100</sup>. Posee conos standarizados similares a los conos de

gutta-percha, distinguiéndose solo por ser ligeramente más radiopacos, levemente más rígidos y de color blanco<sup>42, 100</sup>.

El concepto de “monoblock” de Resilon consiste en un bloque sólido, contínuo y con propiedades adhesivas entre todas las superficies del sistema canalicular. Los fabricantes defienden que el núcleo de obturación y el cemento constituyen un solo bloque del mismo material, que rellena tanto el conducto radicular como los túbulos dentinarios, disminuyendo la doble interfaz dentina-cemento y cemento-gutta-percha<sup>25, 34, 42, 65, 95, 108</sup>.

Siendo un material resinoso, el Resilon es totalmente compatible con el uso inmediato de resina compuesta en la restauración definitiva de los dientes, así como la preparación radicular para postes radiculares. Al efectuar su fotopolimeración, conseguimos un inmediato sellado coronario<sup>34</sup>, disminuyendo el riesgo de filtración. Los fabricantes afirman que los 2 mm coronales se deben fotopolimerizar durante 40 segundos, y que el resto del material necesita cerca de 15 y 30 minutos para autopolimerizarse<sup>80</sup>.

El sistema adhesivo de Resilon también puede ser utilizado con conos de gutta-percha convencionales<sup>42, 91, 100</sup>.

Algunos autores han sugerido que su uso en la obturación endodóncica, también confiere una mayor resistencia en las fracturas longitudinales que usando gutta-percha con otros cementos resinosos<sup>109</sup>.

Versiane *et al.*<sup>80</sup> (2006) compararon las propiedades fisico-químicas del cemento de resina epóxica AH Plus y del cemento Epiphany. Ambos respetan las normas de la ADA/ANSI (American Dental Association), en relación al tiempo de fraguado, al

escurrimiento y a la viscosidad. Lo mismo no ocurre con la alteración dimensional de ambos, una vez que los dos presentaron una expansión superior a la recomendada. El AH Plus presentó mayor tiempo de fraguado, mayor escurrimiento y menor viscosidad que el Epiphany. Con diferencias estadísticamente significativas, el AH Plus demostró tener menor solubilidad y menor expansión.

Shipper *et al.*<sup>25</sup> (2005) obturaron dientes en perros con el Sistema Resilon y con gutta-percha y con cemento AH26 a través de la técnica de condensación lateral y vertical. Antes de sellar la cavidad de acceso, inocularon placa bacteriana en la cámara pulpar, para comparar la filtración coronal. Después de 14 semanas, los autores evaluaron su estado periapical. Los grupos obturados con Sistema Resilon presentaron una filtración significativamente inferior que los obturados con gutta-percha y cemento AH26, así como una incidencia de periodontitis apical de menor porcentaje. No hubo diferencias relevantes entre las diferentes técnicas utilizadas.

Von Fraunhofer *et al.*<sup>110</sup> (2006) demostraron que la obturación con el Sistema Resilon, proporciona menor filtración apical que las utilizadas con las técnicas de gutta-percha convencionales.

Patel *et al.*<sup>7</sup> (2007) realizaron un estudio comparativo sobre la penetración del Sistema Resilon y del Tubliseal en los túbulos dentinarios. El barrillo dentinario fue removido en toda la muestra. Utilizando la técnica de condensación lateral, introdujeron en el cemento Tubliseal y en el primer RealSeal del Sistema Resilon, pequeñas cantidades de Rhodamina B (Sigma-Aldrich, St Louis State, MO, USA) y observaron los tercios coronal, medio y apical de la muestra a través de la microscopía confocal. En todos los tercios radiculares analizados el RealSeal presentó una penetración tubular significativamente mayor.

Gharib et al.<sup>9</sup> (2007) estudiaron la penetración tubular de Resilon y del cemento Epiphany en el tercio coronal, medio y apical de diez dientes monorradiculares, a través de la microscopía confocal a láser. Para obtener fluorescencia y mejorar la visualización, los autores también mezclaron algunas partículas de Rhodamina 0.1% en el cemento Epiphany. En toda la muestra fue removido el barrillo dentinario. Se verificó un área de fluorescencia de 1 a 1.5µm en la interfase dentina-cemento en el tercio coronal, siendo significativamente mayor cuando es comparada con los tercios medio y apical. La penetración tubular del material obturador en el tercio apical también fue significativamente inferior relativamente a los tercios medio y coronal.

Veríssimo et al.<sup>103</sup> (2007) compararon la filtración apical en dientes obturados con el sistema Resilon, con gutta-percha y el cemento AH Plus. A pesar de no haber encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la técnica híbrida y la técnica de condensación lateral, el Resilon presentó menor filtración, que quedó prácticamente confinada al tercio apical. Además de eso, los dientes obturados por el Sistema Resilon presentaron una considerable penetración tubular del material obturador, principalmente en el tercio coronal.

Wedding *et al.*<sup>111</sup> (2007) demostraron, a través de la filtración de fluidos, una diferencia significativamente menor en la microfiltración del Sistema Resilon cuando es comparado con una obturación por el sistema gutta-percha y por el cemento AH 26, durante 90 días.

El Resilon ha suscitado algún interés en la endodoncia actual, por constituir un sistema de obturación completamente diferente de los ya existentes. Sin embargo, los estudios evolucionan en el sentido de evaluar su capacidad real de adhesión y adaptación a las paredes dentinarias. Aunque muchos estudios demuestren una menor filtración apical y coronaria<sup>62, 103, 111</sup>, otros comprueban que no se verifican



resultados significativos cuando son comparados con la utilización de otros materiales de obturación <sup>42, 91, 95, 102, 103, 112, 113</sup>.

Los espacios o “gaps” existentes entre la gutta-percha y el cemento obturador siempre fueron una fuente de filtración bacteriana. Estudios recientes demuestran que el concepto de monobloque de Resilon también parece no ser tan real como inicialmente fue defendido. Las irregularidades en la anatomía radicular, la variabilidad de consistencia del cemento, la alta disolución y variabilidad dimensional, el estrés de contracción provocado por la polimerización, la dificultad de una aplicación correcta del sistema adhesivo en toda la pared radicular y en la incompleta evaporación del solvente del primer son posibles causas en los fallos de sellado del Resilon <sup>113, 114</sup>.

Al contrario de la gutta-percha que es relativamente estable, el Resilon es susceptible a la degradación. Siendo un polímero compuesto por policaprolactona, un poliéster biodegradable por microorganismos, el Resilon sufre procesos de degradación enzimática y hidrolítica con el paso del tiempo. Las lipases liberadas por microorganismos pueden romper los enlaces ésteres de la policaprolactona, pudiendo servir de nutriente para las bacterias que sobrevivieron al tratamiento endodóncico, facilitando la reinfeción <sup>7, 44, 103, 104, 115-117</sup>.

Debido a su composición formada por metacrilato y poliprolactona, el Resilon se contrae después de la polimerización. Esa contracción provoca un estrés intraconducto, cuya fuerza es superior a la fuerza de adhesión del material a la dentina, produciendo una ruptura de adhesión y la formación de “gaps” <sup>75, 118</sup>.

Gesi *et al.*<sup>95</sup> (2005) investigaron la fuerza de unión de la interfase entre la dentina y los materiales obturadores, en dientes obturados con el sistema Resilon, con gutta-percha y con el cemento AH Plus por la técnica de ondas continuas. El cemento AH

Plus presentó mayor adhesión a las paredes radiculares que el sistema Resilon. Éste presentó fallos de adhesión más evidentes en la interfase entre el cemento y la gutta-percha. Llegaron a la conclusión de que, el sistema Resilon no presenta mejor adherencia entre los materiales de obturación y las paredes radiculares relativamente al cemento AH Plus.

Hiraishi et al.<sup>118</sup> (2005) encontraron vacúolos entre los conos y el cemento en el sistema Resilon, lo que contradice el concepto de monobloque defendido por dicho sistema. Lo mismo sucedió con James et al.<sup>102</sup> (2007), en que la presencia de vacúolos fue más acentuado a 4 mm del apex.

Nielsen et al.<sup>34</sup> (2006) encontraron burbujas de aire en el Resilon, que parecen haber aumentado en una semana el tiempo de fraguado de este cemento, facilitando la separación de los materiales y la formación de espacios entre los materiales de obturación y entre éstos y las paredes de los conductos .

Lin et al.<sup>119</sup> (2007) evaluaron la capacidad de sellado del Resilon, a través de la técnica de filtración de glucose, y evidenció la presencia de filtración en toda la muestra desde el primer día de experiencia, aumentando de forma progresiva y constante durante 30 días. Tay et al.<sup>115, 120</sup> (2005) comprobaron la susceptibilidad del Resilon a la degradación por hidrólisis alcalina y el efecto nefasto de las bacterias y enzimas salivares en ese sentido.

Baumgartner et al.<sup>91</sup> (2007) no encontraron diferencias significativas entre el sistema Resilon y la obturación con gutta-percha y el AH Plus al evaluar la filtración del *Enterococcus faecalis*.

Shipper *et al.*<sup>108</sup> (2004) demostraron a través de la penetración del *Streptococcus mutans* y *Enterococcus faecalis* una filtración significativamente mayor de la gutta-percha obturada con el sistema adhesivo Epiphany comparativamente a la obturación con conos resilon y el mismo sistema adhesivo.

Tay *et al.*<sup>104</sup> (2005) concluyeron que no hubo diferencias significativas en la calidad del sellado apical entre dientes obturados con conos y cemento de Resilon y con gutta-percha y cemento AH Plus, ambos por la técnica de gutta calentada.

Onay *et al.*<sup>42</sup> (2006) dividieron una muestra de 70 monorradiculares en cuatro grupos distintos, de acuerdo con los materiales obturadores utilizados: cemento AH Plus con gutta-percha (grupo 1), cemento AH Plus con Resilon (grupo 2), sistema Resilon (grupo 3) y sistema adhesivo Epiphany con gutta-percha (grupo 4). Todos fueron obturados por la técnica de condensación lateral. El grupo 3 presentó mayor filtración que la gutta-percha cuando fue utilizada con el Epiphany o con el AH Plus. La gutta-percha obturada con cemento Epiphany presentó mejor sellado que cuando fue utilizado con AH Plus, a pesar de no presentar diferencias significativas. En este estudio, el núcleo sólido gutta-percha presentó mejores resultados de sellado que el Resilon, aunque también sin diferencias significativas. En general, los autores constataron que el sistema Resilon no demostró propiedades de sellado apical superior a gutta-percha con cemento AH Plus.

Epley *et al.*<sup>100</sup> (2006) evaluaron la presencia de vacúolas en los conductos, cuando son obturados con la técnica de condensación lateral y vertical, utilizando el Sistema Resilon y la gutta-percha con el cemento Roth. Los autores constataron significativamente más vacúolas a 3 mm del apex, en los grupos en que se utilizó la gutta-percha y el cemento Roth, cuando son obturados con la técnica de condensación lateral. Todos los grupos no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Paqué e Sirtes<sup>44</sup> (2007) compararon la infiltración apical en 90 dientes obturados con gutta-percha y el cemento AH Pus con el Sistema Resilon en dos técnicas distintas de obturación y obtuvieron a corto plazo un sellado apical semejante. Sin embargo, después de 16 meses, la muestra obturada con Resilon presentó una infiltración apical estadísticamente superior.

Gulsahi *et al.*<sup>121</sup> (2007) no encontraron ninguna diferencia estadísticamente significativas en los 5 mm analizados, al comparar los vacúolos existentes en los conductos obturados con Resilon/Epiphany y gutta-percha/Epiphany, cuando se utiliza la técnica de condensación lateral.

Alicia Karr *et al.*<sup>49</sup> (2007) tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas en la penetración de gutta-percha y de Resilon en conductos laterales simulados hasta 7 mm apicales, utilizando la técnica de condensación vertical.

Bouillaguet *et al.*<sup>114</sup> (2008) utilizaron la técnica de filtración de flúidos para comparar la capacidad de sellado de cuatro cementos, el Pulp Canal Sealer, el AH Plus, el Epiphany y el GuttaFlow. Todos los cementos filtraron, siendo los dos últimos los que obtuvieron resultados significativamente menores de filtración después de 24 horas. Al fin de 1 año, no hubo alteraciones significativas en el sellado de los materiales estudiados.

Nunes *et al.*<sup>122</sup> (2008) evaluaron la adhesividad del cemento Epiphany y del AH Plus en la dentina radicular, previamente tratada con hipoclorito de sodio y EDTA. El AH Plus presentó resultados estadísticamente superiores al Epiphany independientemente del tratamiento realizado en las paredes de los conductos.

## 2.2 GuttaFlow:

El GuttaFlow<sup>®</sup> (Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) fue introducido en el mercado en 2004 y se caracteriza por ser un sistema de obturación de gutta-percha fluída en frío, compuesto por una matriz de polidimetilsiloxano. Curiosamente este material es utilizado en clínica hace muchos años como material de impresión en prótesis, gracias a su alta estabilidad dimensional posfraguado<sup>123</sup>.

Los sistemas de obturación que utilizan calor tienen como inconveniente el hecho de que la gutta-percha calentada sufre una contracción durante el proceso de enfriamiento, lo que puede provocar fallos de hermeticidad en la obturación. Una de las ventajas apuntadas a este sistema de obturación es utilizar gutta-percha en frío.

Este material posee buenas propiedades de biocompatibilidad<sup>124</sup>, baja solubilidad<sup>125</sup> y no se contrae, dilatándose ligeramente en el posfraguado (0,2%)<sup>84, 114, 123</sup>, que ocurre transcurridos sensiblemente 10 minutos<sup>125</sup>. Es un material de fácil retratamiento, radiopaco y que no necesita obligatoriamente de condensación, pudiendo ser utilizado con un cono principal o no<sup>126</sup>. Sus principales componentes son la gutta-percha, el óxido de zinc, sulfato de bario y un cemento basado en silicona.

La baja solubilidad de GuttaFlow es una característica importante que debe ser referenciada. Donnelly *et al.*<sup>125</sup> (2007) compararon la solubilidad de este material con los cementos basados en resina de metacrilato y constataron que el Guttaflow presenta una solubilidad inferior. El Epiphany fue uno de los cementos estudiados y alcanzó 8% de solubilidad, mientras que el AH Plus obtuvo 0,16% y el GuttaFlow 0,13%. Se sabe que la disolución de los cementos permite la formación de hiatos entre los materiales de obturación y las paredes radiculares, facilitando la microfiltración.

El GuttaFlow es una modificación del RoekoSeal Automix® (Roeko, Coltene/Whaledent, Langenau, Germany) que surgió 20 años antes<sup>126</sup>. Sus materiales son muy similares al GuttaFlow, excepto por el hecho de que sus componentes son mezclados por una pistola similar a las utilizadas en los materiales de impresión, y no por trituración<sup>123</sup>.

Elayouti *et al.*<sup>127</sup> (2005) evaluaron la adaptación del GuttaFlow a las paredes del conducto comparativamente al cemento AH Plus obturado por la técnica de condensación lateral y vertical. El Gutta-Flow presentó un resultado significativamente mayor en el número de vacúolos presentes, aunque en menor área. En todos los grupos, el nivel de menor adaptación del material obturador fue a 3 mm del apex.

De Deus *et al.*<sup>123</sup> (2007) constataron resultados estadísticamente mejores de sellado apical cuando utilizaron materiales basados en silicona (RoekoSeal y GuttaFlow) comparativamente a los cementos AH Plus y Pulp Canal Sealer.

Kontakiotis *et al.*<sup>128</sup> (2007) compararon, a corto plazo, la técnica GuttaFlow, la condensación lateral con gutta-percha y el cemento AH Plus y el System B, y costataron que, aunque después de 3 meses no hubiese diferencias estadísticamente significativas entre ellas, después de 12 meses, el GuttaFlow presentaba, de forma significativa, menor filtración. Los autores sugirieron que este resultado fue debido a la capacidad de expansión del GuttaFlow.

### 3- EL CONCEPTO DE ADHESIÓN EN LA OBTURACIÓN

Jeffrey y Saunders (1987) habrán sido los primeros investigadores en crear un estudio acerca de las ventajas de adhesión entre gutta-percha y el cemento obturador<sup>129, 130</sup>.

Adhesión se define como el estado por el cual dos superficies se mantienen unidas, a través de mecanismos químicos, físicos o mecánicos. El espacio virtual existente entre ellas se denomina interfaz<sup>61, 77, 122, 131</sup>.

La dentistería adhesiva viene sufriendo una creciente evolución de nuevos materiales y métodos. Estos conocimientos están siendo transportados a la endodoncia moderna, una vez que la introducción de sustancias resinosas aumenta la penetración intratubular y posibilita la adhesión. Siendo las fallas de obturación una de las principales causas de fracaso endodóncico, es comprensible que inúmeros estudios estén siendo desarrollados en el sentido de evaluar el interés de la utilización de materiales adhesivos en el tratamiento endodóncico<sup>39, 63, 74, 77, 96, 97, 129, 132-134</sup>.

La adhesividad de un cemento consiste en su capacidad de unirse a las paredes del conducto consiguiendo así, una unión entre éstas, los conos de gutta-percha y el propio cemento<sup>60-62</sup>, disminuyendo el espacio existente entre ellos, los riesgos de microinfiltración y el movimiento de los fluidos dentro de los conductos<sup>63</sup>. Los cementos deben, por tanto, sellar también las interfases existentes entre los materiales de obturación y así, contribuir para una obturación final tridimensional<sup>6</sup>.  
<sup>12, 34, 59, 122</sup>.

La capacidad de adhesión de los materiales de obturación sobre las paredes radiculares es influenciada por diversos factores como la metodología aplicada, el

tipo de irrigante y agentes quelantes utilizados durante el preparado biomecánico, el grado de deshidratación de la dentina radicular y el estrés de contracción causado por la polimerización de los cementos resinosos<sup>91, 122</sup>.

Es importante referir sin embargo que, una elevada capacidad adhesiva de un material obturador, no quiere decir necesariamente que éste presente mejores capacidades de sellado<sup>46, 135</sup>.

El desarrollo de nuevas tecnologías y materiales adhesivos ha suscitado un particular interés en la endodoncia actual. Sin embargo, es necesario no subestimar las limitaciones inherentes a estos materiales, cuando son utilizados a nivel radicular. La compleja anatomía canalicular y tubular, la deshidratación de la dentina, el efecto de contracción derivado de la polimerización, la dificultad de aplicación de los sistemas adhesivos hasta el nivel apical, donde el riesgo de filtraciones es muy elevado, y su interacción con los materiales irrigantes son solo algunos ejemplos de las dificultades presentes en la obturación endodóncica<sup>135</sup>.

#### **4- BARRILLO DENTINARIO**

En 1975, McCombo & Smith hablaron por primera vez del barrillo dentinario presente en las paredes de los conductos instrumentados<sup>136, 137</sup>.

El barrillo dentinario consiste esencialmente en un aglomerado de tejido inorgánico, mayoritariamente constituido por el calcio de la dentina, y el material orgánico constituido por colágeno, restos pulpares, fibras mineralizadas, proteínas coaguladas, células sanguíneas y microorganismos<sup>63</sup>.



Aunque no haya unanimidad de si debemos remover o no el barrillo dentinario <sup>12, 46, 63, 137-139</sup>, estudios evolucionan en el sentido de eliminarlo <sup>52, 136-141</sup>, intensificando los estudios de las soluciones irrigantes capaces de hacerlo, como es el caso de EDTA a 17% cuando es utilizado juntamente con hipoclorito sódico <sup>63, 142, 143</sup>.

Está demostrado por muchos autores que las bacterias residuales pueden sobrevivir y multiplicarse dentro del barrillo dentinario, re infectando todo el sistema canalicular <sup>61, 93, 131, 134, 136, 141, 143</sup>. La su eliminación ayuda el desmantelamiento de los biofilms bacterianos formados junto a las paredes de los conductos. Una vez destruidos los biofilms, las bacterias se vuelven mas susceptibles a los agentes irrigantes, como el hipoclorito sódico y la clorhexidina, siendo eliminadas más fácilmente <sup>7</sup>.

Sin embargo, Saleh *et al.* <sup>46</sup> (2008) constataron que la eliminación del barrillo dentinario no disminuye la filtración bacteriana en los conductos obturados con el AH Plus, el Apexit y el Sistema Resilon. No hubo diferencias significativas entre los cementos, en la presencia del barrillo dentinario, en cuanto que con su eliminación, el sistema RealSeal presentó peores resultados que el AH Plus.

Varios estudios también indican que el barrillo dentinario, interfiere en la adhesión del material a las paredes del conducto <sup>59, 60, 63, 122, 141, 142, 144</sup>. Sus resultados enaltecen la importancia de la eliminación del barrillo dentinario, sin el cual la penetración intradentaria de los cementos parece menor.

Eldeniz *et al.* <sup>63</sup> (2005) compararon la fuerza de adhesión a la dentina del cemento AH Plus, del Diaket y del Endo-Rez, en presencia y en ausencia del barrillo dentinario. A pesar de que todos presenten propiedades adhesivas, la eliminación del barrillo dentinario aumentó significativamente esas propiedades en todos los

cementos. El cemento AH Plus demostró la mayor fuerza de adhesión, con valores estadísticamente significativos.

Los sucesivos estudios acerca de las ventajas adhesivas de los cementos de resina también han incentivado a la eliminación del barrillo dentinario. Ellos afirman que este actúa como una barrera física en la adhesión y penetración intratubular del cemento, una vez que a su materia orgánica e inorgánica se adhiere fácilmente a la interfaz entre las paredes del conducto y el material obturador<sup>63, 142, 145</sup>.

Resumiendo, los autores<sup>137</sup> que defienden la remoción del barrillo dentinario afirman que este:

- puede poseer un diámetro y volumen imprevisible, debido a la cantidad de agua presente.
- contiene bacterias y toxinas así como tejidos necróticos.
- puede actuar como substrato para las bacterias, permitiendo su flujo por los túbulos dentinarios.
- puede limitar la penetración tubular de los agentes desinfectantes y de los materiales obturadores.

Con el apareamiento de nuevos materiales y técnicas de obturación, es necesario intensificar los estudios en el sentido de profundizar los conocimientos de las características y de las propiedades de esos procedimientos.

Específicamente, la penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentinarios no ha sido muy estudiada.

Pretendemos así, con este trabajo, aportar más información sobre la adaptación de nuevos materiales de obturación de los conductos radiculares a las paredes dentinarias, usando para eso un método de observación como la microscopía confocal, que permite visualizar el comportamiento del cemento de obturación tanto en las paredes radiculares como en el interior de los túbulos dentinarios.

## **OBJETIVOS**

## **1-OBJETIVO GENERAL**

Analizar la adaptación de tres sistemas endodóncicos de obturación a las paredes de los conductos radiculares y su penetración en los túbulos dentinarios, a través de la microscopía confocal.

## **2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Comparar la adaptación y penetración de cada sistema de obturación a la largo de los tres tercios radiculares (coronal, medio y apical), cuando es realizada sin la remoción del barrillo dentinario.

-Comparar la adaptación y penetración de cada sistema de obturación a lo largo de los tercios radiculares (coronal, medio y apical), cuando es realizada con la remoción del barrillo dentinario.

-Comparar la influencia del barrillo dentinario en la penetración tubular entre los diferentes sistemas de obturación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

## 1- MATERIAL

### 1.1- Muestra

Fueron utilizados 60 dientes monorradiculares, extraídos y almacenados en solución de formol a 10% hasta el momento de su utilización (fig. 1).

Después, todos los dientes lavados abundantemente con agua corriente.

La existencia de un único canal fue certificada por un previo análisis radiográfico. Ninguna raíz presentaba ningún tipo de carie, apex abierto, reabsorción o fractura.



Figura 1- Muestra

## 1.2- Instrumentos

1.2.1- La instrumentación fue hecha con el motor endodónico Nouvag TCM Endo III (SybronEndo, Orange, CA, USA). Con 300 rpm y con torque de 40 (fig.2.).



Figura 2- Motor endodónico Nouvag TCM Endo III

1.2.2- Las limas utilizadas fueron limas manuales nº 10k, 15k y 20k (Dentsply/mailefer-instruments SA, Ballaigues,Switzerland), seguidas de limas rotatorias de níquel titanio Hero Shaper® nº 30 de conicidad .06 y .04 y Hero 642® nº 35, 40 y 45 de conicidad .02 (Micro-Mega S.A., Besançon, France). Ambos sistemas poseen ángulo de corte positivo, sección en triple hélice y punta no cortante (fig.3).



Figura 3- Limas Hero Shaper y Hero 642



1.2.3- Disco diamantado Miltex Inc. Rietheim-Weilheim, Germany) de una sola cara, con área de corte de 0.10 mm, utilizado para corte de la muestra.

1.2.4- Para el pulimento final de los cortes efectuados se utilizaron discos de óxido de aluminio Sof-Lex® (3M-ESPE Dental Products, St. Paul, Minesota, USA), utilizándolos, conforme la indicación del fabricante, en la secuencia de la granulación media, fina y extrafina.

1.2.5- Condensador lateral de gutta-percha nº30 (Denstply/Maillefer-Instruments SA, Ballaigues, Switzerland).

### 1.3- Materiales de obturación

1.3.1- Conos de gutta-percha de conicidad .02 (Denstply/Maillefer-Instruments SA, Ballaigues, Switzerland) (fig.4).



Figura 4- Conos de gutta-percha



#### 1.3.4- Sistema RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, USA) (fig.6).



Figura 6- Sistema Resilon/RealSeal

El Resilon es un material basado de polímeros sintéticos de poliéster, conteniendo cristales bioactivos, oxicleto de bismuto, dimetacrilatos y sulfato de bario.

Los conos de resilon son utilizados junto con un sistema adhesivo dual, constituido por un primer y un cemento basado de resina de metacrilato, el RealSeal™ (SybronEndo, Orange, CA).

El primer es un adhesivo autocondicionante compuesto por monómeros de ácido sulfónico, hidroxietilmetacrilato (HEMA), agua, y un iniciador de polimerización. El cemento de resilon es constituido en su matriz por porbisphenol A-diglicidil dimetacrilato (Bis-GMA), Bis-GMA etoxilado, Dimetacrilato de uretano (UDMA), metacrilatos hidrofílicos. También podemos encontrar en su constitución hidróxido de calcio, sulfato de bario, cristales de bario y sílica.<sup>80, 113</sup>

### 1.3.5- Sistema GuttaFlow (Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) (fig.7).



Figura 7 – Sistema GuttaFlow

El GuttaFlow es un sistema de obturación de gutta-percha fluída en frío, compuesto por una matriz de polimetilsiloxano rellena con gutta-percha en polvo, de partículas inferiores a 30  $\mu\text{m}$ , un cemento basado de silicona (50% de cada) y nanopartículas de plata.

Sus principales componentes son la gutta-percha, el óxido de zinc, sulfato de bario y un cemento hecho de silicona. Las cápsulas del GuttaFlow son formadas por dos componentes, pasta-pasta y una base catalizador, que deben ser activadas antes de introducirlas en el conducto. Así, las partículas de polvo de gutta-percha son mezcladas de forma homogénea con un cemento cuando son activadas. Después, inyectamos suavemente el material GuttaFlow dentro del conducto, con la pistola dosificadora, hasta que el conducto quede totalmente relleno.

## **1.4- Colorante**

Solución de Rhodamina B isothiocyanato (C.I.45170) DC, fórmula  $C_{26}H_{31}ClN_2O_3$  (Sigma-Aldrich, St Louis State, MO, USA).

## **2- METODOLOGÍA**

### **2.1- Preparación de la muestra**

Los dientes fueron seccionados por la unión amelo-cementaria por un disco y sus coronas excluidas. Con una lima K nº10, efectuamos a permeabilización en toda la extensión del conducto, así como el del foramen apical. La longitud de trabajo fue determinado introduciendo la lima hasta ser visible el nivel del foramen apical y retirando después 1 mm a esa longitud.

### **2.2- Preparación biomecánica**

Todos los conductos fueron instrumentados por la técnica de rotación continua, con el sistema Hero Shaper<sup>®</sup>, seguido de las limas 35,40 y 45 del sistema Hero 642<sup>®</sup>. Después de la instrumentación volvimos a introducir una lima 10K a través del foramen de forma a asegurar que la permeabilidad apical se mantuvo.

Durante la instrumentalización todos los conductos fueron irrigados con hipoclorito de sodio a 5,25% entre los limados

### **2.3- Grupos de estudio**

Después de la correcta instrumentación de los conductos por la técnica mencionada, la muestra fue dividida aleatoriamente en 3 grupos correspondiendo cada grupo a un sistema de obturación, que por su vez fueron subdivididos en 2 subgrupos conforme a la eliminación o no del barrillo dentinario:

**Grupo A:** 20 dientes obturados por la técnica de condensación lateral con conos de gutta-percha y cemento de resina Ah Plus y subdivididos en:

**Subgrupo A1:** 10 dientes sin remoción de barrillo dentinario.

**Subgrupo A2:** 10 dientes con remoción de barrillo dentinario.

**Grupo B:** 20 dientes obturados por la técnica de condensación lateral con Sistema Resilon y subdivididos en:

**Subgrupo B1:** 10 dientes sin remoción de barrillo dentinario.

**Subgrupo B2:** 10 dientes con remoción de barrillo dentinario.

**Grupo C:** 20 dientes obturados con GuttaFlow y subdivididos en:

**Subgrupo C1:** 10 dientes sin remoción de barrillo dentinario

**Subgrupo C2:** 10 dientes con remoción de barrillo dentinario

Durante la preparación biomecánica, los subgrupos A1, B1 y C1 fueron irrigados con hipoclorito de sodio a 5.25%, sin remoción del barrillo dentinario y los subgrupos A2, B2 y C2 fueron irrigados con hipoclorito de sodio a 5.25%,

finalizando la irrigación con EDTA a 17% (Pulpodent Corporation, Watertown, MA, USA) durante 3 minutos, seguido nuevamente de hipoclorito de sodio para remoción del barrillo dentinario.

Todos los grupos fueron irrigados con agua destilada al final de la preparación biomecánica y secados con conos de papel antes de las obturaciones.

Fueron mezcladas partículas de Rhodamina B en solución a 0,1% con el cemento obturador en todos los grupos, durante la obturación.

## **2.4- Sistemas de Obturación**

### **2.4.1- Grupo A:**

Los dientes fueron obturados por la técnica de condensación lateral. Para la ejecución de esta técnica se seleccionó el cono principal de gutta-percha compatible con el último instrumento utilizado, alcanzando la totalidad de la longitud de trabajo. Se verificó trabamiento apical del cono principal, siendo después envuelto con el cemento AH Plus e introducido nuevamente en el conducto en la longitud determinada. Con la ayuda del condensador lateral, el cono principal fue compactado lateral y verticalmente, de forma a permitir la colocación de conos de gutta-percha secundarios. Los conos secundarios rellenaron con el cemento la totalidad de los espacios existentes en el conducto. Después del relleno total del conducto, se cortaron los conos de gutta-percha a la entrada de los conductos con un instrumento caliente.

#### 2.4.2- Grupo B:

Inicialmente, el primer fue introducido en el conducto con la ayuda de un cono de papel en toda la longitud de trabajo, y el exceso retirado con un cono de papel seco. Con la ayuda de una jeringuilla dosificadora, el cemento RealSeal fue mezclado y preparado. El cono principal de resilon fue seleccionado, respetando las reglas necesarias, y se procedió a la obturación de los conductos por la técnica de condensación lateral, de forma semejante al grupo anterior, pero con conos accesorios de resilon. Después de un total relleno del conducto, los conos y el cemento de resilon fueron polimerizados durante 40 segundos y cortados en la entrada del conducto con un instrumento caliente.

#### 2.4.3- Grupo C:

Se seleccionó el cono principal de gutta-percha como en los grupos anteriores. Las cápsulas de GuttaFlow fueron activadas por un vibrador de amalgama (automix, Kerr Dental, Romulus, MI, USA) durante 30 segundos y colocadas en la pistola dosificadora con puntas propias. Una pequeña cantidad de su contenido fue introducido en el cono principal previamente seleccionado en la longitud de trabajo y se relleno la totalidad del conducto con GuttaFlow. La gutta-percha fue compactada verticalmente en la entrada de los canales y los excesos cortados con un instrumento caliente.

### **2.5- Observación y análisis**

Todos los dientes fueron seccionados en el tercio apical, medio y coronal por un disco diamantado.



Después de pulir los cortes, la lectura de la penetración tubular de los tres sistemas de obturación fue hecha a través de un microscopio confocal a laser, que permitió visualizar la penetración de los materiales obturadores a través de los túbulos dentinarios, utilizando la fluorescencia de la Rhodamina B.

Las imágenes fotográficas digitales fueron obtenidas a través del programa Leica Confocal Software (Leica Microsystems Heidelberg GmbH) versión 2.6 Build 1538 Lcs Lite, siendo posteriormente archivadas.

Las mediciones fueron hechas siempre por el mismo observador, habiendo sido registradas y calculadas las siguientes informaciones:

- La máxima penetración tubular de cada sistema de obturación, o sea, buscamos el túbulo dentinario en el cual ha habido mayor profundidad de penetración y lo medimos en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) en toda su extensión, desde la pared radicular hasta su mayor profundidad alcanzada (fig 8).
- El porcentaje de perímetro (%) del conducto penetrado por cada sistema de obturación, o sea, medimos el perímetro total del conducto ( $\mu\text{m}$ ), y así calculamos el porcentaje de perímetro de conducto penetrado relativamente al perímetro total del conducto (fig. 9 y 10).

La figura nº 8 ejemplifica como medimos la máxima penetración tubular alcanzada por el cemento obturador: 624,31  $\mu\text{m}$ .

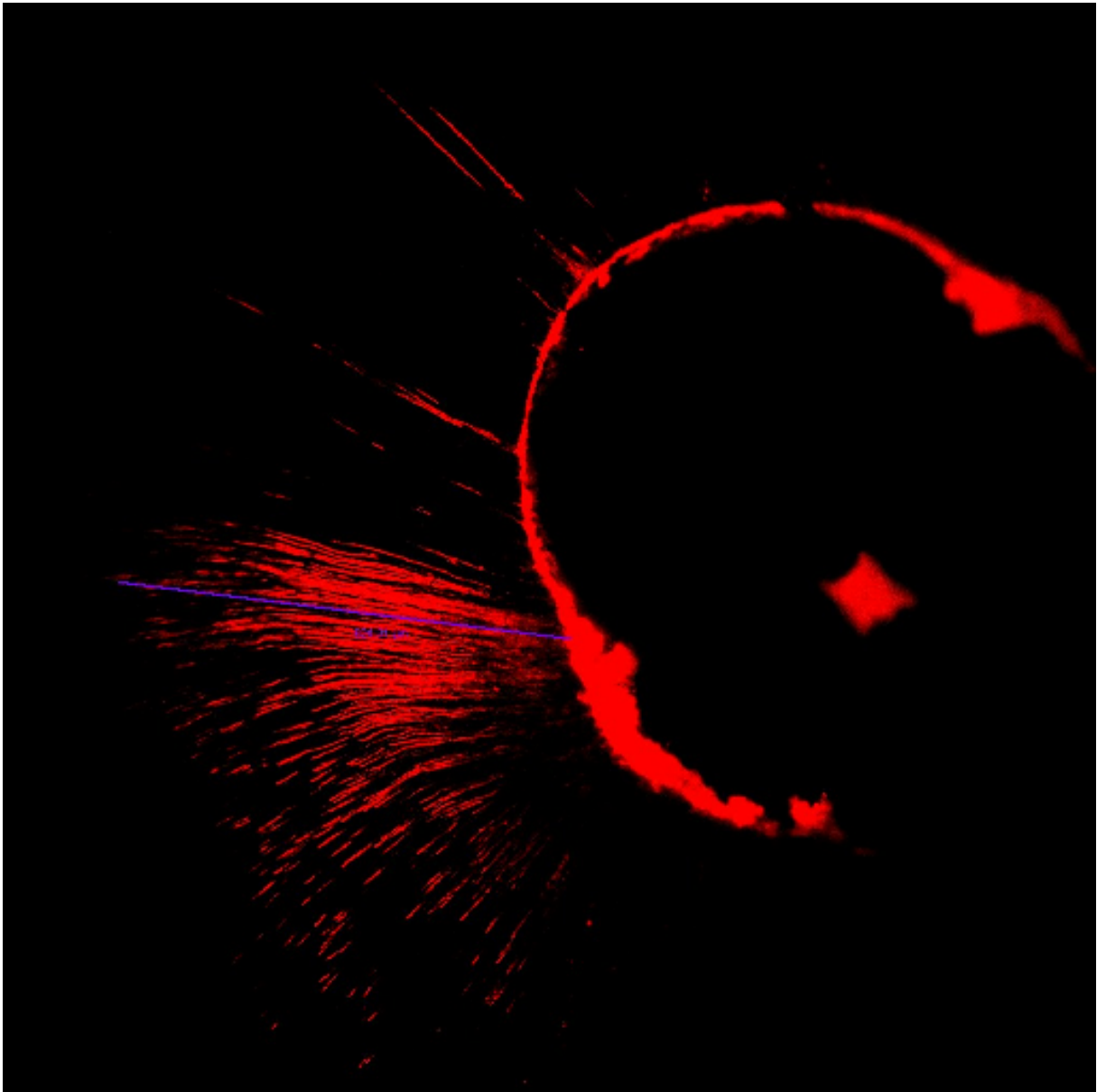


Figura 8- Medición de la máxima penetración tubular: 624,31 $\mu\text{m}$

La figura nº 9 y 10 ejemplifican como medimos el porcentaje de perímetro del canal:

a) La figura nº 9 muestra el perímetro total del canal: 3020 $\mu$ m.

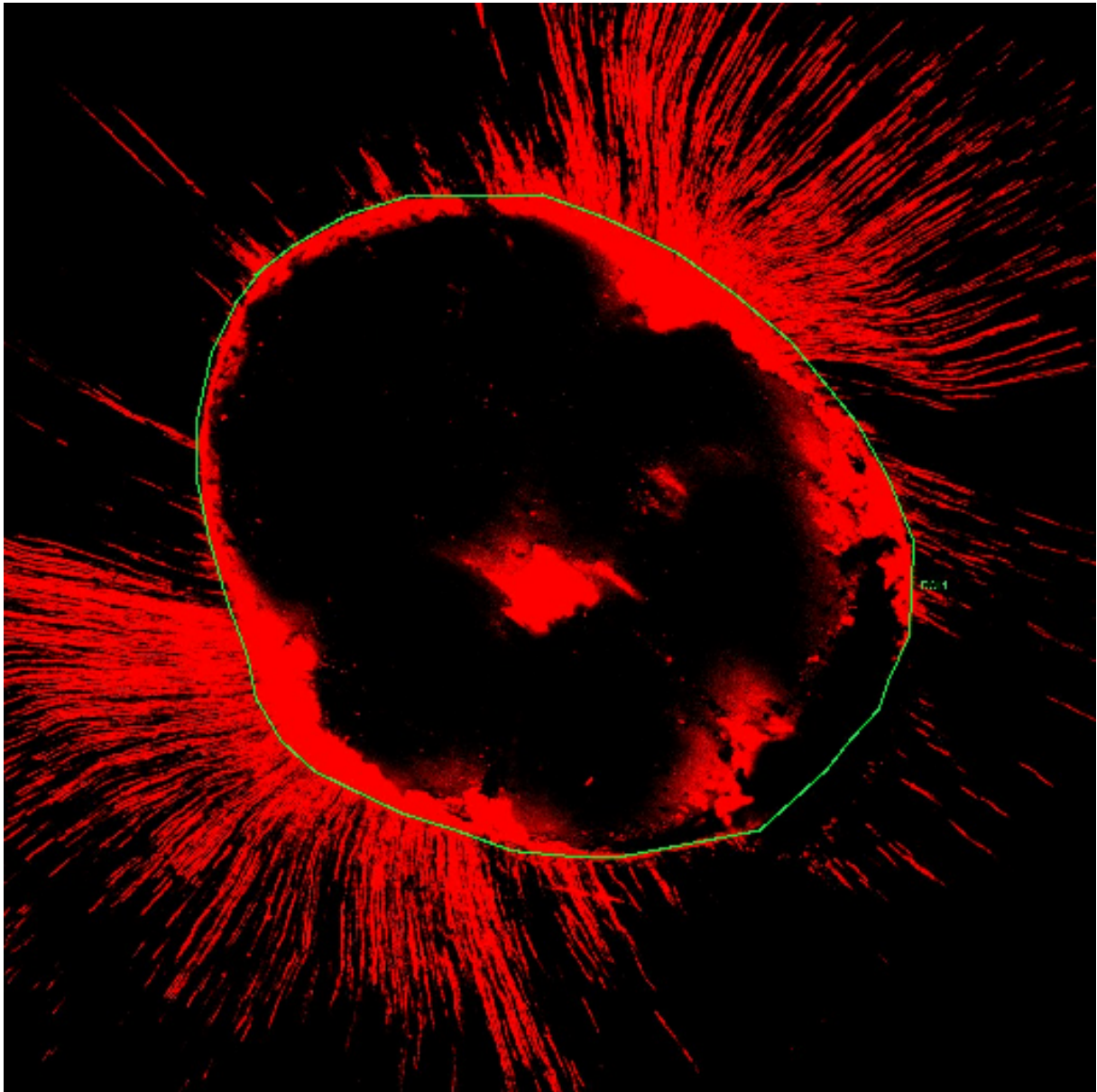


Figura 9 – Medición del perímetro total del conducto: 3020 $\mu$ m

La figura nº 10 muestra la suma de las superficies del canal en que hubo penetración tubular del cemento obturador: 2620,32  $\mu\text{m}$ .

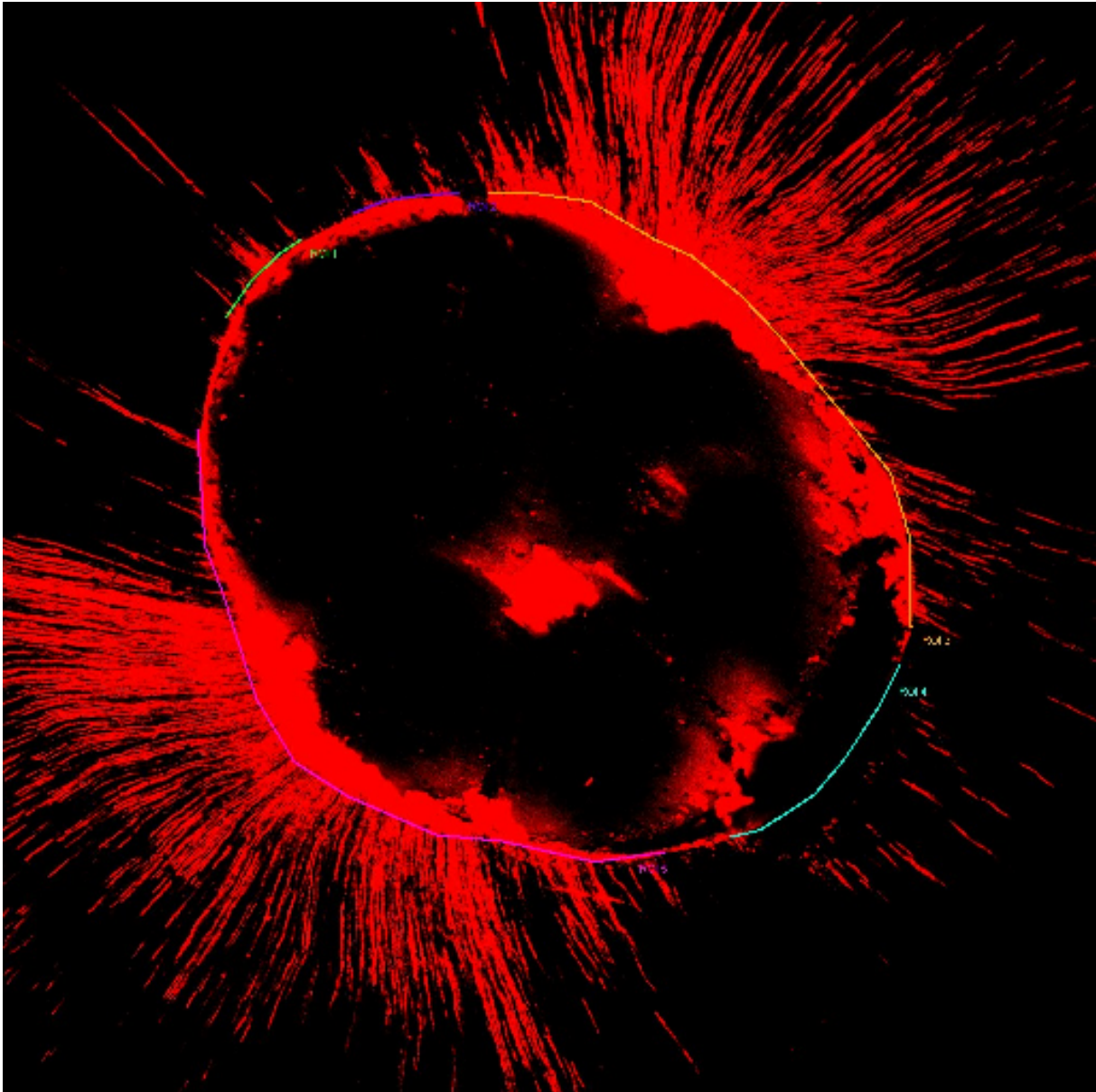


Figura 10- Medición de la superficie del conducto con penetración: 2620,32 $\mu\text{m}$

c) Por fin, calculamos el porcentaje del perímetro penetrado de aquel conducto: 87% de conducto penetrado.

Dichos datos fueron observados en un análisis estadístico SPSS® v.16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

### **3- ANÁLISIS ESTADÍSTICA**

Para describir los datos del estudio fueron utilizadas estadísticas descriptivas apropiadas. Las variables categóricas fueron descritas a través de frecuencias absolutas (n) y relativas (%), las variables continuas fueron descritas utilizando medianas, percentil 25 y percentil 75 (amplitud intercuartile), una vez que la distribución de éstas es asimétrica.

De forma a estudiar las asociaciones entre la máxima penetración y el perímetro de penetración fueron calculados los coeficientes de correlación de Spearman, por sistema de obturación, concretamente AH Plus, GuttaFlow y Resilón, y después por metodología utilizadas en cada sistema, respectivamente con y sin remoción de barrillo dentinario, una vez que estas no tenían distribución normal, siendo también presentados los respectivos diagramas de dispersión.

Para estudiar el efecto de los sistemas de obturación utilizados, concretamente AH Plus, GuttaFlow y Resilon, relativamente a la máxima penetración y a la porcentaje de perímetro penetrado sin remoción y con remoción de barrillo dentinario, para cada tercio del conducto, respectivamente, tercio coronal, medio y apical, fue aplicado una MANOVA no paramétrica una vez que estas dos variables no tienen una distribución normal (fallando el supuesto de normalidad para la aplicación del test paramétrico MANOVA). Para verificar en que variable, si en la máxima

penetración y/o porcentaje de perímetro penetrado, se verifican diferencias estadísticamente significativas, se aplicó el test de Kruskal-Wallis, seguida, caso haya diferencias, de las comparaciones múltiples de medias de las órdenes.

De modo a comparar las dos penetraciones, concretamente máxima penetración y porcentaje de penetración, del tercio coronal, medio y apical en cada sistema de obturación utilizado con y sin barrillo dentinario (esto es, comparar A1 entre si, A2 entre si, B1 entre si y así sucesivamente) fue aplicado el test no paramétrico de Friedman para 3 muestras emparejadas (coronal, media y apical). Para identificar las diferencias significativas a lo largo de la raíz, se procedió a la comparación múltiple de medias de las órdenes utilizando el Post-Hoc Test LSD, a través de la realización del test ANOVA a 2 factores (solo con los efectos principales).

En todos los test de hipótesis fue considerado un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha=5\%$ ). El análisis fue efectuado utilizando el programa de análisis estadística SPSS® V.16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*).



## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**



## 1- CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra inicial estaba formada por 60 dientes, que fueron distribuidos aleatoriamente por 3 grupos de 20 dientes cada, según el sistema de obturación aplicado, y éstos subdivididos todavía por 2 grupos según la remoción o no de barrillo dentinario. Sin embargo, el diente nº2 fue excluido, por imposibilidad de visualización y lectura de los cortes, que estaban dañados. Así, como muestra final tenemos 59 dientes. El grupo A1 (AH Plus/gutta-percha en la presencia del barrillo dentinario) está constituido por solo 9 dientes, en cuanto los restantes grupos están constituidos por 10 dientes cada (tab. 4 y 5).

---

Sistema de obturación	n	(%)
AH Plus	19	(32)
GuttaFlow	20	(34)
Resilon	20	(34)
Metodología, n (%)		
Ausencia de barrillo dentinario	30	(50)
Presencia de barrillo dentinario	30	(50)

---

Tabla 4 –Caracterización del sistema de obturación y de las metodologías utilizadas en el estudio (n=59).

Sistema de obturación	Metodología	n	(%)
AH Plus	Ausencia de barrillo dentinario	10	(53)
	Presencia de barrillo dentinario	9	(47)
GuttaFlow	Ausencia de barrillo dentinario	10	(50)
	Presencia de barrillo dentinario	10	(50)
Resilon	Ausencia de barrillo dentinario	10	(50)
	Presencia de barrillo dentinario	10	(50)

Tabla 5 - Caracterización de la metodología por sistema de obturación utilizada en el estudio (n=59).

## 2- RESULTADOS:

### 2.1- Máxima penetración tubular y porcentaje de perímetro penetrado:

Después de efectuar las mediciones de máxima penetración tubular ( $\mu\text{m}$ ) y de calcular el porcentaje de perímetro penetrado (%) para cada diente, se hicieron tablas para cada sistema de obturación (AH Plus/gutta-percha, sistema Resilon y Guttaflow), distribuidas por cada tercio radicular, según la presencia (tab. 6,8,10) o ausencia de barrillo dentinario (tab. 7,9,11).

**2.1.1- Grupo A1 – (AH Plus en presencia de barrillo dentinario):**

AH Plus/ Grupo A1						
Diente	Coronal		Medio		Apical	
	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)
1	829,61	96,27	435.65	61,36	0	0
2	-	-	-	-	-	-
3	1750	77,21	907.59	45,87	0	0
4	941,13	93,72	1000	86,84	0	0
5	968	91,36	624,31	86,77	0	0
6	727	55,71	204,08	12,26	0	0
7	1110	86,05	1000	20,61	58,54	9,53
8	1080	43,20	1100	71,78	0	0
9	1000	92,21	383.65	19,95	0	0
10	543,24	53,15	115,64	10,48	47.16	2,57

Tabla 6- Máxima penetración y porcentaje del perímetro penetrado en el Grupo A1, en los tercios coronal, medio y apical.

**2.1.2- Grupo A2 – (AH Plus en ausencia de barrillo dentinario):**

AH Plus/ Grupo A2						
Diente	Coronal		Medio		Apical	
	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)
11	745,44	66,87	450,62	52,38	25,88	2,3
12	987	91,62	711,38	96,48	222,51	11,49
13	1140	100,00	1000	100,00	323,63	29,65
14	805,62	89,67	1440	92,85	96	10,62
15	1740	93,89	1340	100,00	775,74	28,62
16	1300	96,36	789,09	71,50	0	0
17	1230	75,97	639,61	100,00	0	0
18	722,46	87,20	1050	100,00	539,69	14,53
19	1110	95,49	1000	82,40	0	0
20	1090	64,30	1000	81,01	0	0

Tabla 7- Máxima penetración y porcentaje del perímetro penetrado en el Grupo A2, en los tercios coronal, medio y apical.

**2.1.3- Grupo B1 – (Sistema Resilon en presencia de barrillo dentinario):**

Resilon/ Grupo B1						
Diente	Coronal		Medio		Apical	
	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)
21	1270	100,00	295,66	77,36	0	0
22	285,84	6,77	890,2	100,00	494,13	57,97
23	337,5	67,97	103,49	69,69	230,62	23,37
24	1430	100,17	1480	83,61	0	0
25	753,19	87,83	389,85	48,89	112,72	0,96
26	1160	100,00	540,16	50,72	1110	44,29
27	1460	100,00	806,36	100,00	0	0
28	1060	79,11	1320	79,87	602,25	30,44
29	623,14	93,89	800,41	100,00	0	0
30	428,52	97,26	791,93	90,48	734,65	94,00

Tabla 8- Máxima penetración y porcentaje del perímetro penetrado en el Grupo B1, en lo tercios coronal, medio y apical.

**2.1.4- Grupo B2 – (Sistema Resilon en ausencia de barrillo dentinario):**

Resilon/ Grupo B2						
Diente	Coronal		Medio		Apical	
	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)
31	3,42	15,07	123,41	3,76	0	0
32	132,72	35,71	1140	67,20	0	0
33	1460	100,00	1390	100,00	505,05	6,87
34	1270	86,39	4,6	20,85	0	0
35	652	14,37	1150	83,79	0	0
36	742,42	58,54	640,48	65,87	0	0
37	653,61	81,94	515,39	39,16	1370	100,00
38	56,51	4,43	375,16	8,95	0	0
39	602,78	83,08	1260	94,52	0	0
40	538,93	65,17	271,16	15,57	607,51	86,36

Tabla 9- Máxima penetración y porcentaje del perímetro penetrado en el Grupo B2, en lo tercios coronal, medio y apical.

**2.1.5- Grupo C1 – (GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario):**

GuttaFlow/ Grupo C1						
Diente	Coronal		Medio		Apical	
	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)
41	230,08	100,00	101,16	51,05	0	0
42	590,52	83,59	568,47	71,62	367,1	44,16
43	1080	74,42	196,53	73,25	0	0
44	399,62	75,63	462,42	100,00	285	17,41
45	215,33	97,21	171,28	6,14	0	0
46	377,22	2,70	146,59	15,65	0	0
47	0	0	0	0	0	0
48	892,67	18,43	784,68	41,31	82,14	22,01
49	210,6	59,94	0	0	0	0
50	0	0	136,49	20,89	0	0

Tabla 10- Máxima penetración y porcentaje del perímetro penetrado en el Grupo C1, en lo tercios coronal, medio y apical.

**2.1.6- Grupo C2 – (GuttaFlow en ausencia de barrillo dentinario):**

GuttaFlow/ Grupo C2						
Diente	Coronal		Medio		Apical	
	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)	Máxima penetración (µm)	Perímetro penetrado (%)
51	75,58	53,22	135,75	41,20	0	0
52	162,1	92,92	116,63	96,25	0	0
53	298,16	63,39	0	0	0	0
54	432,91	86,03	167,7	64,05	0	0
55	520,43	60,69	166,23	63,31	125,18	24,25
56	171,19	74,49	132,07	22,11	0	0
57	637	62,78	689,29	11,41	104	10,86
58	558	97,94	204,63	62,01	0	0
59	251,51	71,34	167,64	42,10	145,21	24,69
60	195,68	72,25	206	80,23	145,45	24,65

Tabla 11- Máxima penetración y porcentaje del perímetro penetrado en el Grupo C2, en lo tercios coronal, medio y apical.



## **2.2- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado de cada sistema de obturación entre los tercios coronal, medio y apical:**

Con base en las mediciones realizadas en cada corte en los diferentes sistemas de obturación (AH Plus/ gutta-percha, Sistema Resilon y GuttaFlow), fue determinado un valor medio de penetración. Seguidamente, para cada grupo de estudio, fueron realizadas tablas con los valores de máxima penetración y de perímetro de conducto penetrado, con el fin de comparar las penetraciones tubulares de cada sistema a lo largo de los tercios coronal, medio y apical.

### **2.2.1- AH Plus:**

Independientemente de la remoción o no de barrillo dentinario, la penetración tubular de AH Plus presentó diferencias estadísticamente significativas a lo largo de los tres tercios estudiados, cuando son comparados entre sí. El tercio coronal obtuvo siempre mayor penetración comparativamente al tercio medio y apical. Tanto en la máxima penetración como en el porcentaje de perímetro del conducto penetrado, el tercio apical obtuvo siempre valores estadísticamente inferiores (tab. 12, 13, 14, 15; graf. 1, 2, 3, 4)

### 2.2.1.1- Grupo A1 – (AH Plus en presencia de barrillo dentinario):

La penetración máxima del AH Plus en presencia del barrillo dentinario presenta valores estadísticamente significativos entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2)=14,889$ ;  $n=9$ ;  $P=0,001$ ); (tab. 12, graf. 1).

Estas diferencias estadísticamente significativas ocurren entre el tercio apical y el tercio coronal ( $p<0,001$ ) y medio ( $p<0,001$ ) y también entre los tercios coronal y medio ( $P=0,017$ ).

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
Máxima penetración						
Coronal	9	968,00	(829,61-	1.080,00)		
Medio	9	624,31	(383,65-	1.000,00)	14,889	0,001
Apical	9	0,00	(0,00-	0,00)		

Tabla 12 – Comparación de la máxima penetración del AH Plus y gutta-percha en la presencia del barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical ( $n=9$ ).  
med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

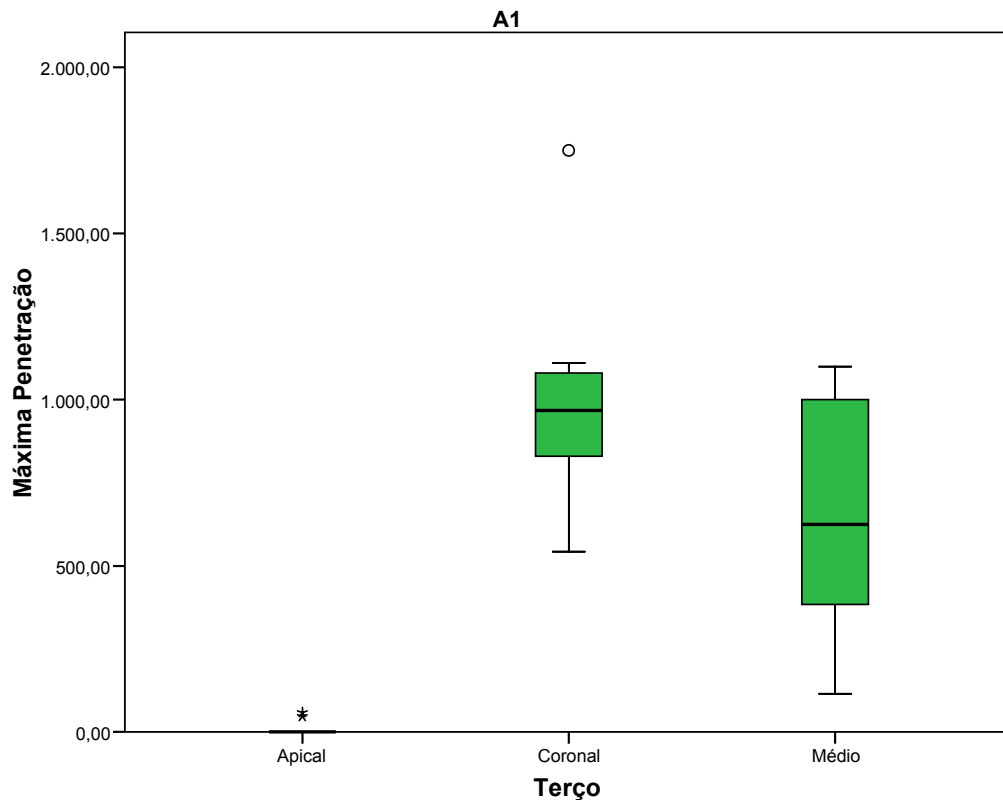


Gráfico 1 – Distribución de la máxima penetración del AH Plus en la presencia del barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio .

El porcentaje de perímetro penetrado utilizando el AH Plus/gutta-percha en presencia del barrillo dentinario también presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 16,222$ ;  $n=9$ ;  $p < 0,001$ ) ( Tab 13, graf.2.).

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y los tercios coronal ( $p < 0,001$ ) y medio ( $p < 0,001$ ) y también entre los tercios coronal y medio ( $p < 0,001$ ).

	n	med	(P25- P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
Porcentaje del perímetro penetrado					
Coronal	9	86,05	(55,71- 92,21)		
Medio	9	45,87	(19,95- 71,78)	16,222	<0,001
Apical	9	0,00	(0,00- 0,00)		

Tabla 13 – Comparación de la porcentaje del perímetro penetrado del AH Plus y gutta-percha en la presencia del barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=9). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

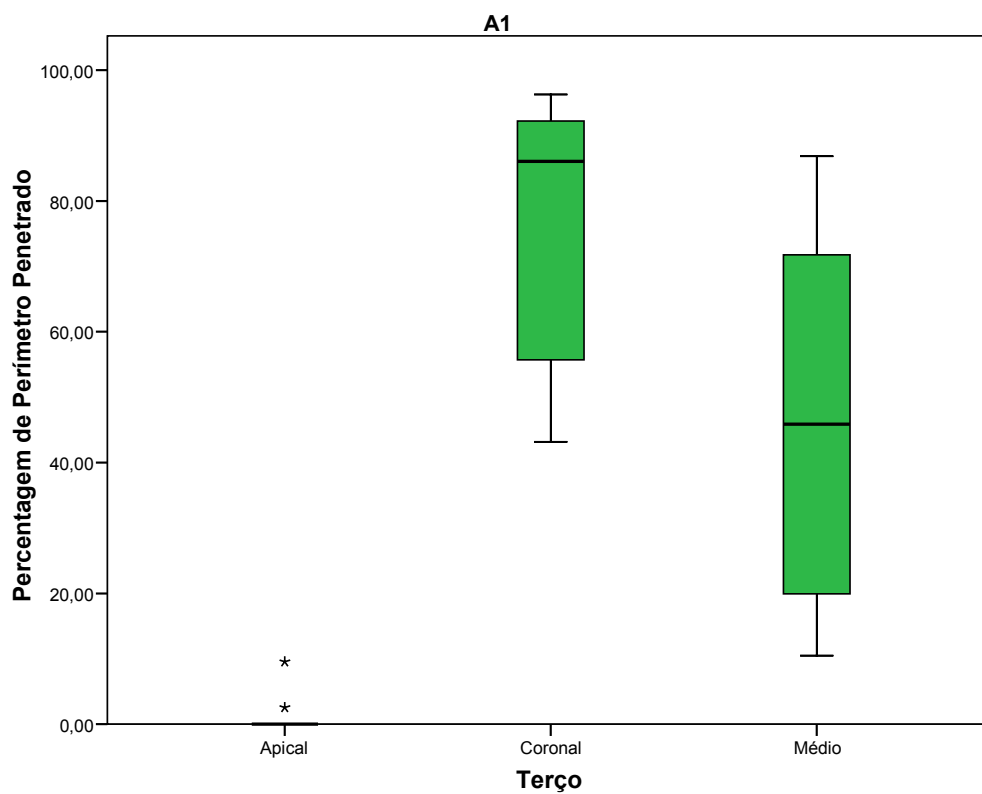


Gráfico 2 – Distribución de la porcentaje del perímetro penetrado del AH Plus en la presencia de barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

### 2.2.1.2- Grupo A2 – (AH Plus en ausencia de barrillo dentinario):

La penetración máxima del AH Plus en ausencia del barrillo dentinario presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 16,800$ ;  $n = 10$ ;  $p < 0,001$  (tab. 14, graf 3)

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y los tercios coronal ( $p < 0,001$ ) y medio ( $p < 0,001$ ) y también entre los tercios coronal y medio ( $p < 0,005$ ).

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
Maxima penetración						
Coronal	10	1.100,00	(805,62-	1.230,00)		
Medio	10	1.000,00	(711,38-	1.050,00)	16,800	<0,001
Apical	10	60,94	(0,00-	323,63)		

Tabla 14 – Comparación de la máxima penetración del AH Plus y gutta-percha sin barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical ( $n=10$ ).

med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

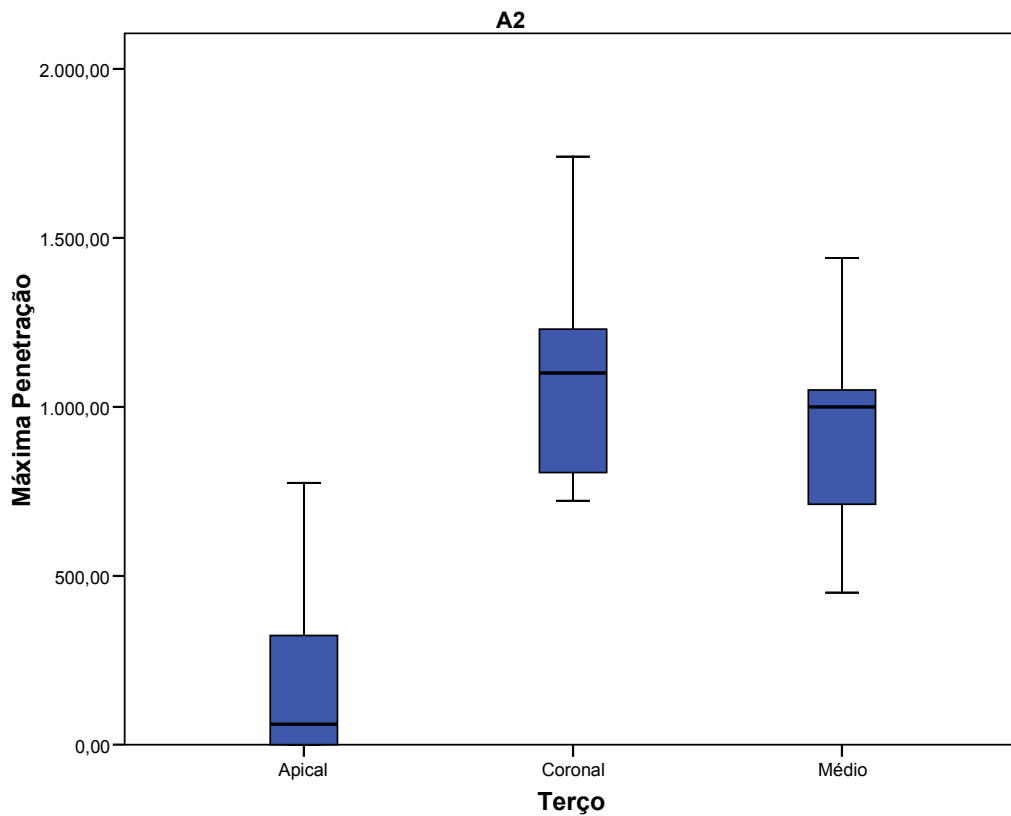


Gráfico 3 – Distribución de la máxima penetración del AH Plus sin barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

El porcentaje de perímetro penetrado utilizando el AH Plus en ausencia de barrillo dentinario también presenta diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 15,846$ ;  $n=10$ ;  $p < 0,001$  (tab. 15, graf.4).

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y los tercios coronal ( $p < 0,001$ ) y medio ( $P < 0,001$ ), no existiendo diferencias entre los tercios coronal y medio ( $p = 0,174$ ).

	n	med	(P25- P75)	$\chi^2(2)$	p¥
Porcentaje de perímetro penetrado					
Coronal	10	90,64	(75,97- 95,49)		
Medio	10	94,67	(81,01- 100,00)	15,846	<0,001
Apical	10	5,31	(0,00- 14,53)		

Tabla 15 – Comparación de la porcentaje de perímetro penetrado del AH Plus y gutta-percha sin barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=10). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman; ¥ Teste de Friedman.

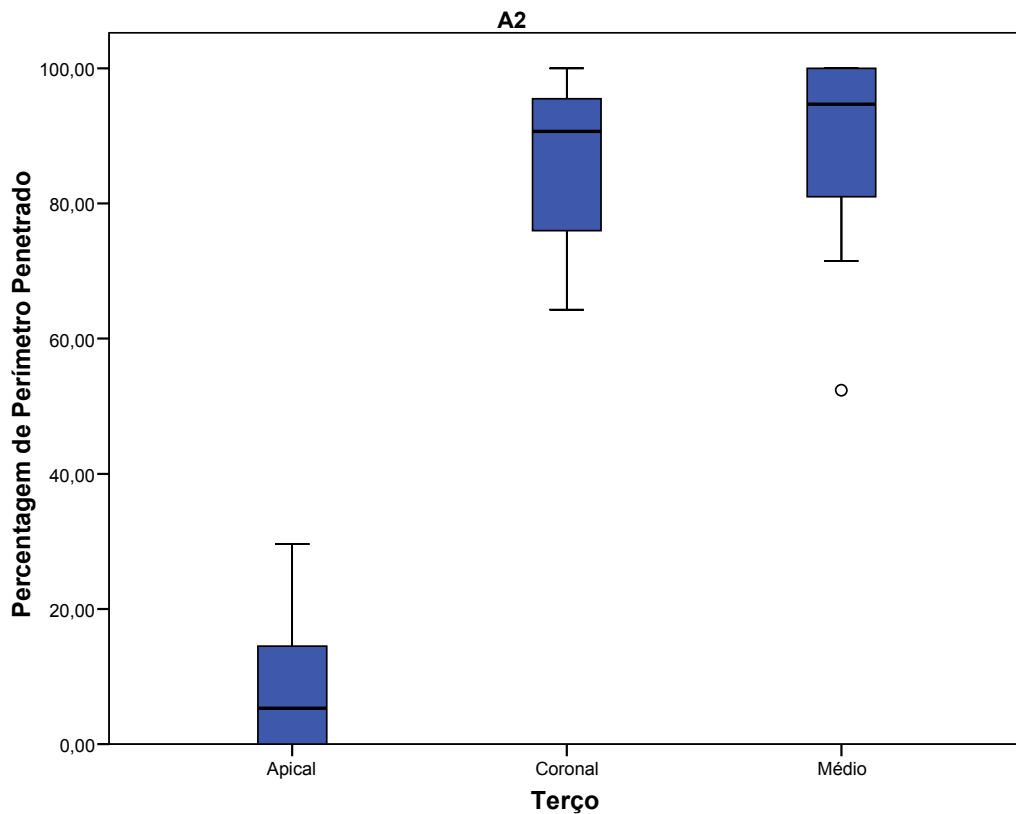


Gráfico 4 – Distribución de la porcentaje de perímetro penetrado del AH Plus sin barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

### **2.2.2- Sistema Resilon:**

Independientemente de la remoción o no del barrillo dentinario, no hubo diferencias estadísticamente significativas de penetración tubular de Resilon a lo largo del conducto, excepto en el tercio apical y cuanto al porcentaje de perímetro penetrado, cuando utilizado en la presencia de barrillo dentinario, en que hubo menor penetración de forma estadísticamente significativa (tab. 16,17,18,19 ; graf.5,6,7,8).

#### **2.2.2.1- Grupo B1 – (Resilon en presencia de *barrillo dentinario*):**

La máxima penetración alcanzada por el Resilon en presencia de barrillo dentinario no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 5.400$ ;  $n=10$ ;  $p=0,067$ ) (tab. 16, graf. 5)

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p¥
Máxima penetración						
Coronal	10	906,60	(428,52-	1.270,00)		
Medio	10	796,17	(389,85-	890,20)	5,400	0,067
Apical	10	171,67	(0,00-	602,25)		

Tabla 16 – Comparación de la máxima penetración del Sistema Resilon con barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=10).

med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman; ¥ Teste de Friedman.



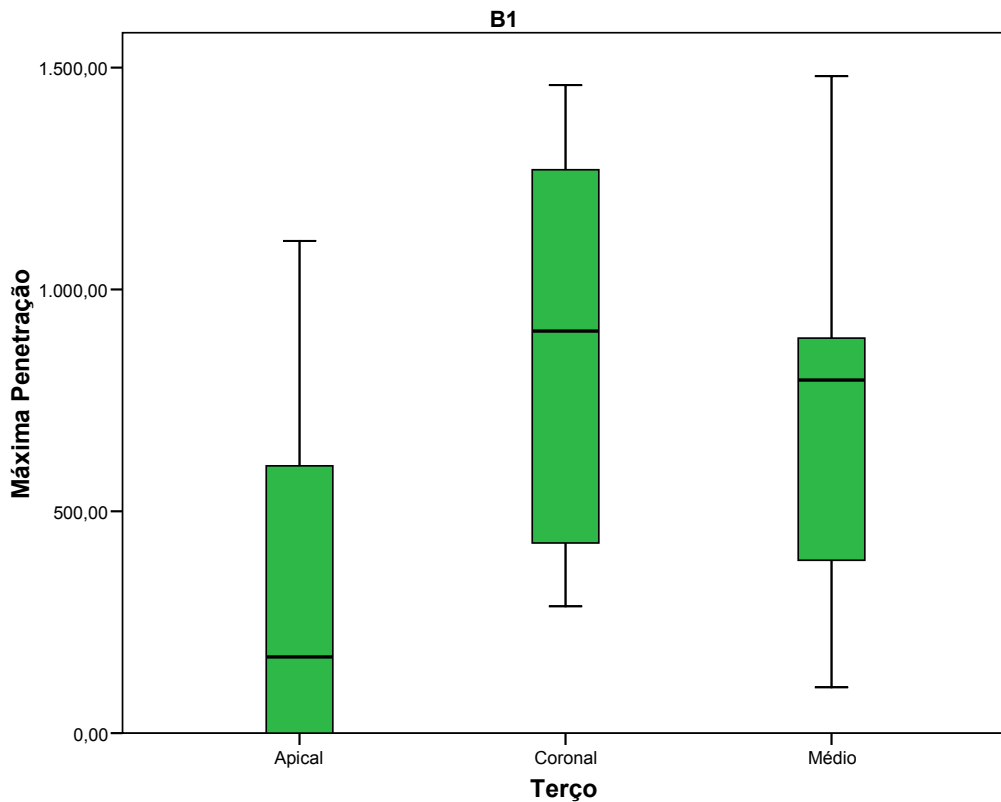


Gráfico 5 – Distribución de la máxima penetración del Sistema Resilon con barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

El porcentaje de perímetro penetrado por el Resilon, cuando en presencia de barrillo dentinario, presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 9,897$ ;  $n=10$ ;  $p=0,007$ ) (tab. 17, graf. 6).

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y coronal ( $p=0,001$ ) y entre apical y el tercio medio ( $p=0,003$ ), no existiendo diferencias entre coronal y el tercio medio ( $p=0,766$ ).

	n	med	(P25- P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
Porcentaje de perímetro penetrado					
Coronal	10	95,57	(79,11- 100,00)		
Medio	10	81,74	(69,69- 100,00)	9,897	0,007
Apical	10	12,16	(0,00- 44,29)		

Tabla 17 – Comparación de la porcentaje de perímetro penetrado del Sistema Resilon con barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=10). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

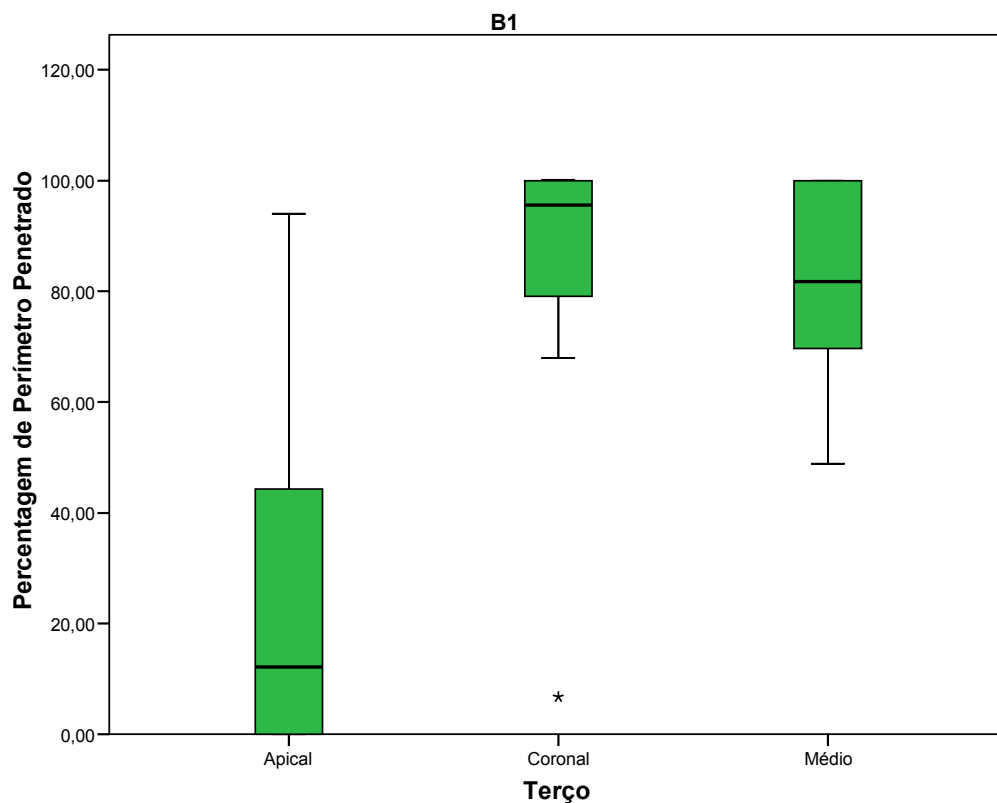


Gráfico 6 – Distribución de la porcentaje de perímetro penetrado con el Sistema Resilon con barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

### 2.2.2.2- Grupo B2– (Resilon en ausencia de barrillo dentinario):

La máxima penetración alcanzada por el Resilon en ausencia de barrillo dentinario no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 3,947$ ;  $n=10$ ;  $p=0,139$ ) (tab. 18 graf. 7).

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
Máxima penetración						
Coronal	10	627,39	(132,72-	742,42)		
Medio	10	577,93	(271,16-	1.150,00)	3,947	0,139
Apical	10	0,00	(0,00-	505,05)		

Tabla 18 – Comparación de la máxima penetración con el Sistema Resilon sin barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical ( $n=10$ ).  
 med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

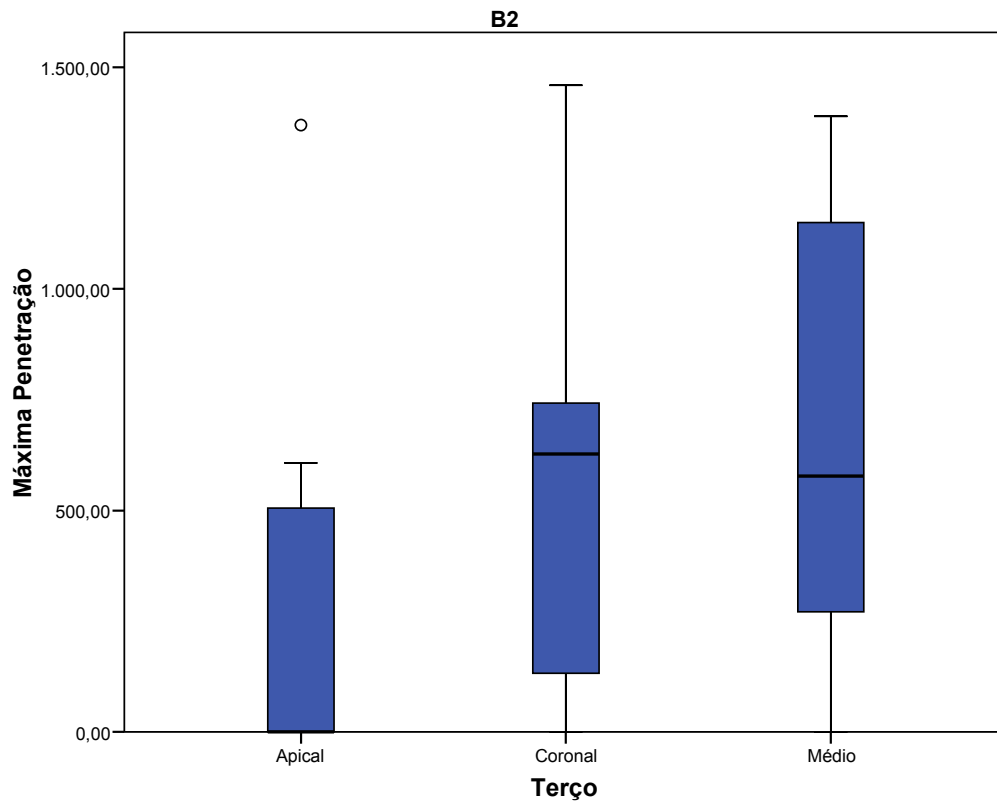


Gráfico 7 – Distribución de la máxima penetración del Sistema Resilon sin barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

El porcentaje de perímetro penetrado utilizando el Resilon y cuando en ausencia de barrillo dentinario no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 4,895$ ;  $n=10$ ;  $p=0,087$ ) (tab. 19, graf 8)

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
<b>Porcentaje</b>						
<b>de perímetro penetrado</b>						
Coronal	10	61,85	(15,07-	83,08)		
Medio	10	52,52	(15,57-	83,79)	4,895	0,087
Apical	10	0,00	(0,00-	6,87)		

Tabla 19 – Comparación de la porcentaje de perímetro penetrado del Sistema Resilon sin barrillo dentinarior entre los tercios coronal, medio y apical (n=10).  
 med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

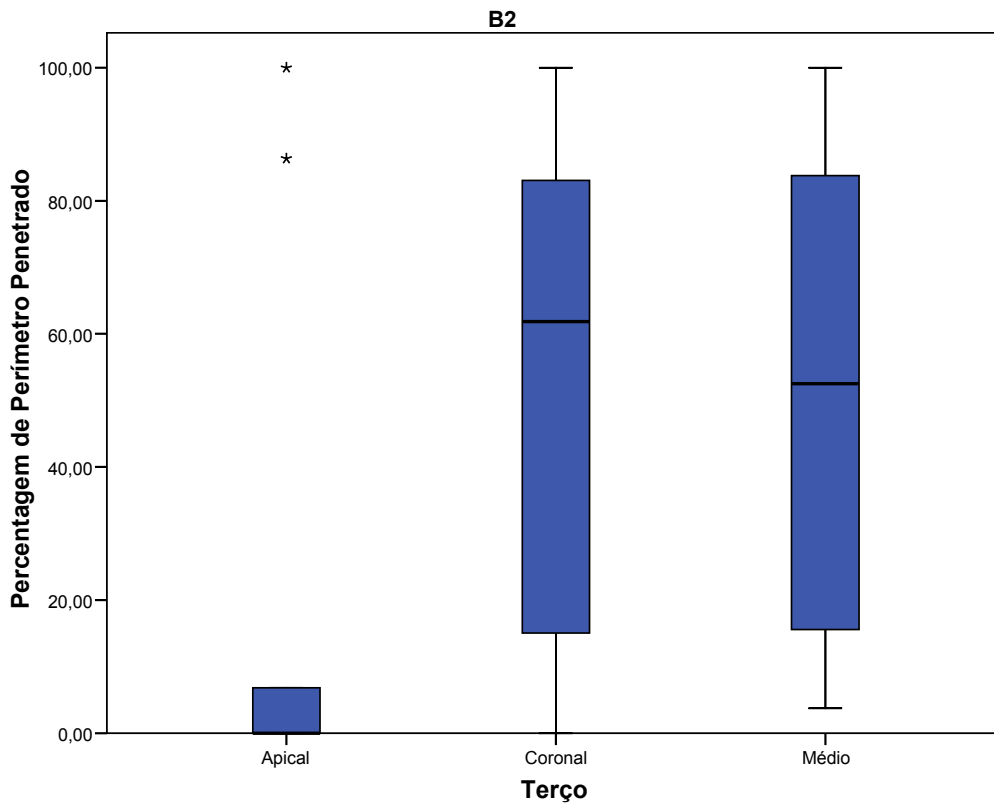


Gráfico 8 – Distribuição de la porcentaje de perímetro penetrado del Sistema Resilon sin barrillo dentinarior por tercios apical, coronal y medio.

### **2.2.3- GuttaFlow:**

El GuttaFlow presentó siempre menor penetración tubular a nivel apical comparándolo con el tercio coronal y medio. Esa diferencia fue siempre estadísticamente significativa, independientemente de la presencia o no del barrillo dentinario (tab. 20,21,22,23; graf. 9,10,11,12).

#### **2.2.3.1- Grupo C1 – (GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario):**

La máxima penetración del GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 11,677$ ;  $n=10$   $p=0.003$ ) (tab. 20, graf. 9).

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y coronal ( $p<0,001$ ) y entre el tercio apical y el tercio medio ( $p=0,002$ ), no existiendo diferencias significativas entre coronal y medio ( $p=0,187$ ).

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
<b>Máxima penetración</b>						
Coronal	10	303,65	(0,00-	590,52)		
Medio	10	158,94	(101,16-	462,42)	11,677	0,003
Apical	10	0,00	(0,00-	82,14)		

Tabla 20 – Comparación de la máxima penetración del Sistema Gutttaflow con barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=10).  
 med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

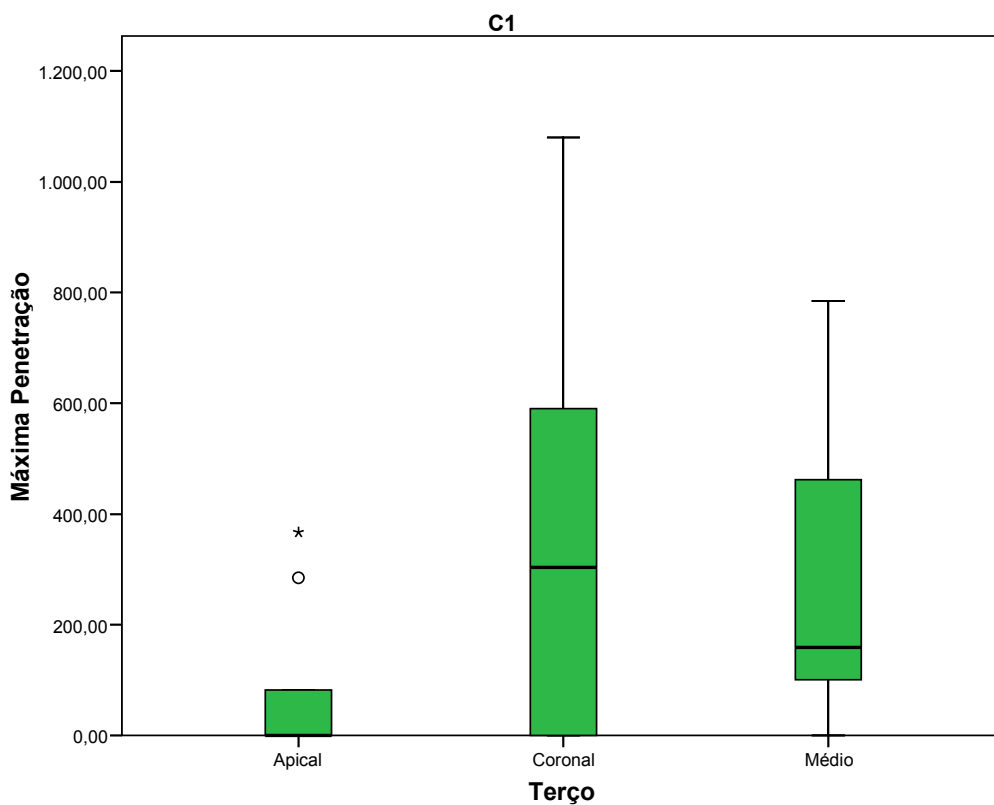


Gráfico 9 – Distribución de la máxima penetración del Sistema Gutttaflow con barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

El porcentaje de perímetro penetrado utilizando el GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 11,371$ ;  $n=10$ ;  $p=0,003$ ) (tab. 21 Graf. 10).

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y los tercios coronal ( $p<0,001$ ) y medio ( $p=0,009$ ), y entre los tercios coronal y medio ( $p=0,031$ ).

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p¥
Porcentaje de perímetro penetrado						
Coronal	9	74,42	(59,94-	83,59)		
Medio	9	41,31	(15,65-	71,62)	11,371	0,003
Apical	9	0,00	(0,00-	17,41)		

Tabla 21 – Comparación de la porcentaje de perímetro penetrado del Sstema Guttaflow con barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=9).  
med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman; ¥ Teste de Friedman.



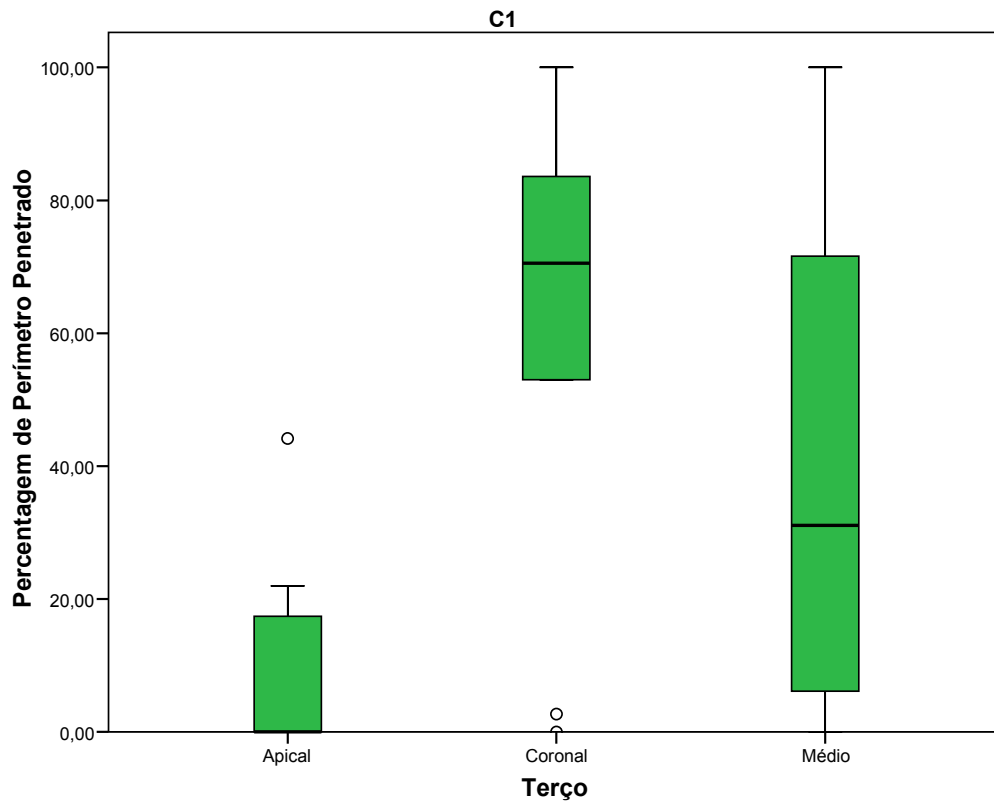


Gráfico 10 – Distribución de la porcentaje de perímetro penetrado del Sistema Guttaflow con barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

### 2.2.3.2- Grupo C2 – (GuttaFlow na ausência de *smear layer*):

La máxima penetración de GuttaFlow en ausencia de barrillo dentinario presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2)= 15,800$ ;  $n=10$ ;  $p=0,001$ ) (tab. 22, graf. 11).

Estas diferencia ocurren entre el tercio apical y los tercios coronal ( $p < 0,001$ ) y medio ( $p < 0,001$ ), no existiendo diferencias significativas entre coronal y tercio medio ( $p = 0,071$ ).

	n	med	(P25- P75)	$\chi^2(2)$	p $\neq$
<b>Máxima penetración</b>					
Coronal	10	274,84	(171,19- 520,43)		
Medio	10	166,94	(132,07- 204,63)	14,923	0,001
Apical	10	0,00	(0,00- 125,18)		

Tabla 22 – Comparación de la máxima penetración del Sistema Guttapflow sin barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=10). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman;  $\neq$  Teste de Friedman.

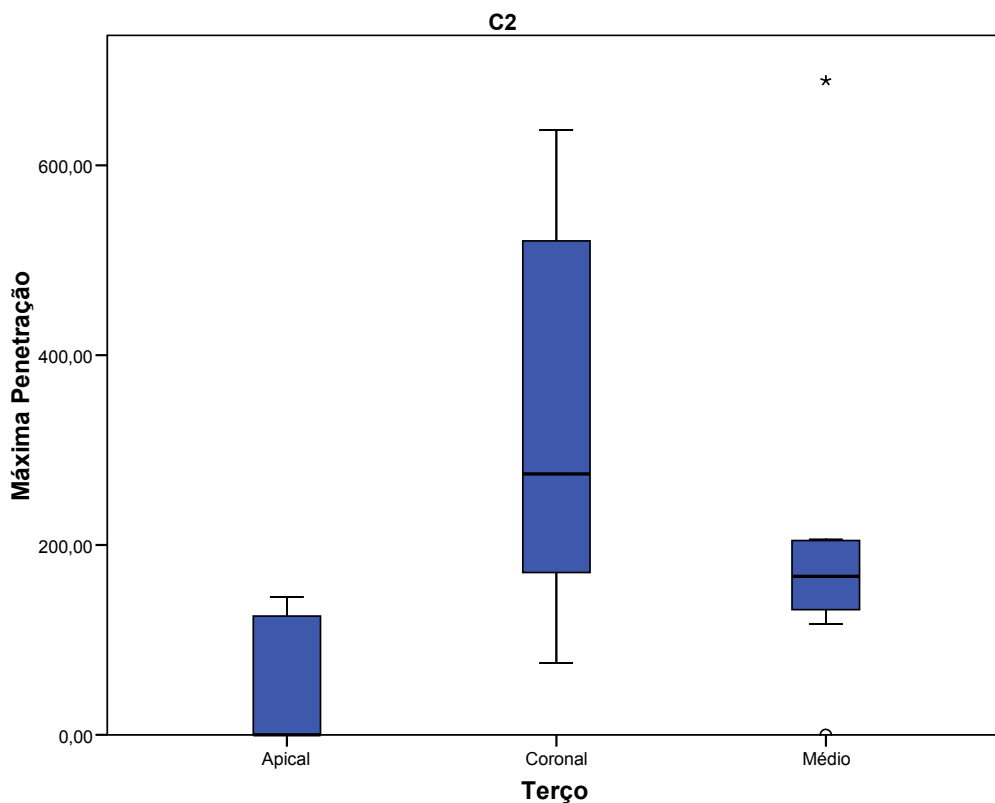


Gráfico 11 – Distribución de la máxima penetración del Sistema Guttapflow sin barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

El porcentaje de perímetro penetrado utilizando el GuttaFlow y en ausencia de barrillo dentinario presenta diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tercios coronal, medio y apical ( $\chi^2(2) = 15,800$ ;  $p < 0,001$ ) ( tab. 23, graf. 12).

Estas diferencias ocurren entre el tercio apical y coronal ( $p < 0,001$ ) y entre apical y el tercio medio ( $p < 0,001$ ), no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronal y medio ( $p = 0,081$ ).

	n	med	(P25-	P75)	$\chi^2(2)$	p¥
Porcentaje						
de perímetro penetrado						
Coronal	10	71,80	(62,78-	86,03)		
Medio	10	52,05	(22,11-	64,05)	15,800	<0,001
Apical	10	7,82	(0,00-	24,25)		

Tabla 23 – Comparación de la porcentaje de perímetro penetrado del Sistema Guttaflow sin barrillo dentinario entre los tercios coronal, medio y apical (n=10).  
med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de Friedman; ¥ Teste de Friedman.

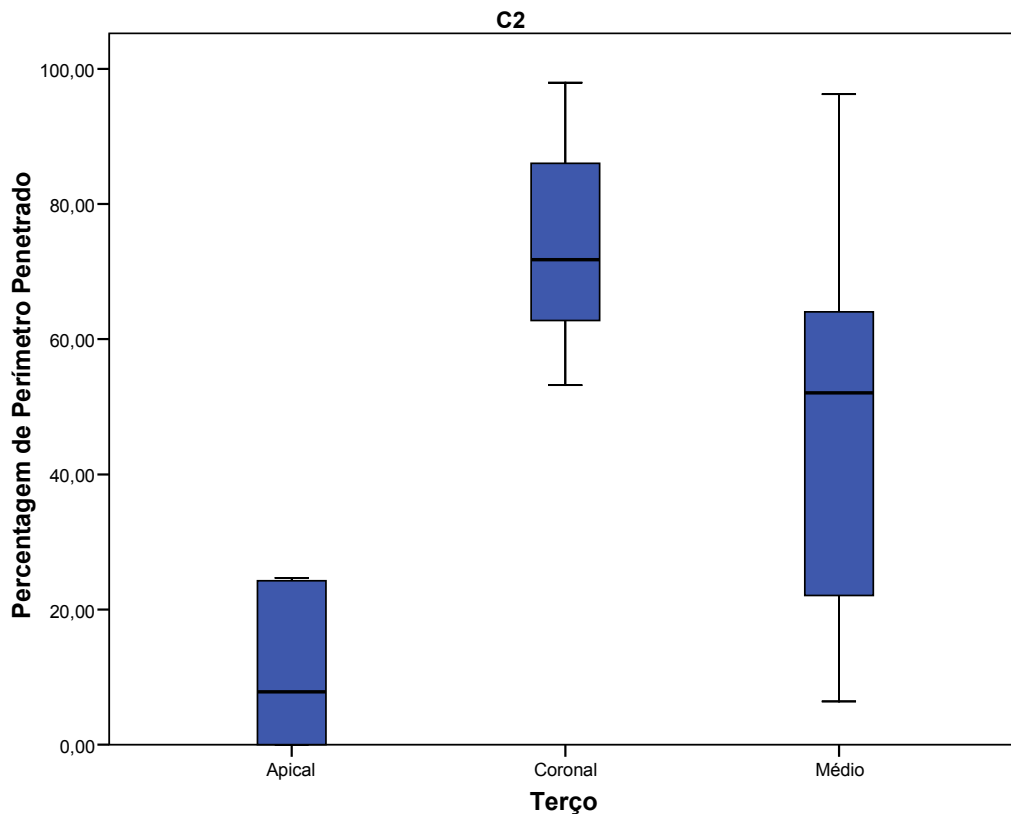


Gráfico 12 – Distribución de la porcentaje de perímetro penetrado del Sistema Guttaflow sin barrillo dentinario por tercios apical, coronal y medio.

Resumiendo, podemos afirmar que la penetración tubular de la gutta-percha cementada con AH Plus y la de GuttaFlow en los tubulos dentinarios del tercio apical es menor de forma estadísticamente significativa, cuando lo comparamos con los tercios medio y coronal de los conductos, tanto en presencia como en ausencia de barrillo dentinário.

Lo mismo no ocurre con el Resilon que, a pesar de presentar también menor penetración apical en ambas situaciones, no presentó diferencias estadísticamente significativas, excepto el perímetro de canal penetrado en presencia de barrillo dentinario.

### 2.3- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado entre los tres sistemas de obturación, en presencia de barrillo dentinario:

Las tablas 24, 25, 26 comprueban que existe relación entre la máxima penetración y el porcentaje de perímetro penetrado, en los tres tercios estudiados, en presencia de barrillo dentinario y independientemente del sistema de obturación utilizado, justificando así el test MANOVA.

\*\*Sin remoción de barrillo dentinario

---

Coronal: Porcentaje de perímetro penetrado	
Coronal: penetración	Máxima
Coefficiente de correlación	0,561**
p	0,002
N	29

---

Tabla 24 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio coronal sin remoción de barrillo dentinario.

\*\* . Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Medio: Porcentaje de perímetro penetrado	
Medio: penetración	Máxima
Coefficiente de correlación	0,610**
p	<0,001
N	29

Tabla 25 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio medio sin remoción de barrillo dentinario.

\*\* . Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Apical: Porcentaje de perímetro penetrado	
Apical: penetración	Máxima
Coefficiente de correlación	0,951**
p	<0,001
N	29

Tabla 26 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio apical sin remoción de barrillo dentinario.

\*\* . Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Con base en las mediciones de máxima penetración tubular ( $\mu\text{m}$ ) y el porcentaje de perímetro de canal penetrado (%) realizadas en cada corte en los diferentes sistemas de obturación (AH Plus y gutta-percha, sistemas Resilon y Guttaflow), fue determinado un valor medio de penetración para cada sistema. Después, fueron realizadas tablas en que se comparan estos valores entre los tres sistemas estudiados según los tercios coronal, medio y apical, cuando son realizados en presencia de barrillo dentinario (tab. 27, 28,29).

### **2.3.1- Tercio coronal en presencia de barrillo dentinario:**

De acuerdo con el test de MANOVA no paramétrica, existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio coronal entre los sistemas de obturación estudiados ( $\chi^2(4)=13,748$ ;  $n=29$ ;  $p=0,008$ ). Esa diferencia ocurre apenas en la máxima penetración ( $p=0,009$ ), cuya comparación múltiple de las medias de las órdenes revela que esa diferencia es estadísticamente significativa entre el GuttaFlow y el AH Plus ( $p=0,003$ ) y entre el GuttaFlow y el Resilon ( $p=0,007$ ) (tab. 27).

	Sistema de Obturación				TP	χ <sup>2</sup>	p
	Total (n=29)	AH Plus (n=9)	Guttaflow (n=10)	Resilon (n=10)			
	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)			
Coronal:					0,491	13,748	0,008#
Máxima penetración	753 (377- 1.080)	968 (830- 1.080)	304 (0- 591)	907 (429- 1.270)			0,009£
Porcentaje de perímetro penetrado	84 (60- 96)	86 (56- 92)	71 (53- 84)	96 (79- 100)			0,074£

Tabla 27 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio coronal, sin remoción de barrillo dentinario, por sistema de obturación utilizado (n=29).  
 med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai; χ<sup>2</sup> = N(N-1) – Estadística do Teste de MANOVA No-paramétrico; #-Teste de MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

Así, podemos afirmar que, en el tercio coronal y en presencia de barrillo dentinario, la obturación con gutta-percha y AH Plus fue lo que mas penetró en profundidad, con una media de 968µm de profundidad en los túbulos dentarios, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

El Resilon fue el sistema que obtuvo mayor porcentaje de penetración (media de 96% de perímetro penetrado), también sin diferencias estadísticamente significativas.

El GuttaFlow fue el sistema que presentó peores resultados en ambas mediciones, siendo estadísticamente significativo en lo que se refiere a la máxima penetración.



### 2.3.2- Tercio medio en presencia de barrillo dentinario:

De acuerdo con el test de MANOVA no paramétrica, existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio, entre los sistemas de obturación estudiados ( $\chi^2(4)=14,924$ ;  $n=29$ ;  $p=0,005$ ). Esa diferencia existe tanto en máxima penetración ( $p=0,015$ ) como en el porcentaje de perímetro penetrado ( $p=0,016$ ), cuya comparación múltiple de las medias de las órdenes revela, es estadísticamente significativa entre (tab. 28):

- El GuttaFlow y el AH Plus ( $p=0,012$ ) y entre el GuttaFlow y el Resilon ( $p=0,006$ ) en el caso de máxima penetración.

- El Resilon y el AH Plus ( $p=0,021$ ) y entre el Resilon y el GuttaFlow ( $p=0,005$ ), en el caso del porcentaje de perímetro penetrado.

	Sistema de obturación				TP	$\chi^2$	P
	Total (n=29)	AH Plus (n=9)	Guttaflow (n=10)	Resilon (n=10)			
	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)			
Medio:					0,533	14,924	0,005#
Máxima penetración	462 (171- 806)	624 (384- 1.000)	159 (101- 462)	796 (390- 890)			0,015£
Porcentaje de perímetro penetrado	61 (21- 84)	46 (20- 72)	31 (6- 72)	82 (70- 100)			0,016£

Tabla 28 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio medio, sin remoción de barrillo dentinario, por sistema de obturación utilizado (n=29).  
 med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de MANOVA No-paramétrico; #-Teste de MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

En el tercio medio y en presencia de barrillo dentinario, el Resilon fue el sistema de obturación que presentó mejor penetración tubular en las dos mediciones, siendo estadísticamente significativo en lo que se refiere al porcentaje de perímetro penetrado.

El GuttaFlow volvió a presentar los peores resultados de penetración, siendo estadísticamente significativo en lo que se refiere a la máxima penetración.

### 2.3.3- Tercio apical en presencia de barrillo dentinario:

Aplicando el test de MANOVA no paramétrica, concluimos que no existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio apical entre los sistemas de obturación ( $\chi^2(4)=7,317$ ;  $n=28$ ;  $p=0,120$ ), por lo que no se descarta la hipótesis nula de la igualdad de las distribuciones de la máxima penetración y porcentaje de perímetro penetrado en el tercio apical en los tres sistemas de obturación (tab. 29).

	Sistema de obturación												TP	$\chi^2$	P	
	Total (n=28)	AH Plus (n=9)			Guttaflow (n=9)			Resilon (n=10)								
	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)				
Apical:														0,271	7,317	0,120#
Máxima penetración	0 (0- 172)	0 (0- 0)	0 (0- 82)	172 (0- 602)												0,070£
Porcentaje de Perímetro Penetrado	0 (0- 20)	0 (0- 0)	0 (0- 18)	12 (0- 44)												0,116£

Tabla 29 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio apical, sin remoción de barrillo dentinario, por sistema de obturación utilizado (n=29).  
med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de MANOVA No-paramétrico; #-Teste de MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

A pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas podemos afirmar que el Resilon presentó mejores resultados.

#### 2.4- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado entre los tres sistemas de obturación, en ausencia de barrillo dentinario.

Las tablas 30,31y 32 comprueban que existe relación entre la máxima penetración y el porcentaje de perímetro penetrado, en los tres tercios estudiados, en ausencia de barrillo dentinario y independientemente del sistema de obturación utilizado, justificando una vez más el test MANOVA.

\*\*Con remoción de barrillo dentinario:

		Coronal: Porcentaje de perímetro penetrado
Coronal: penetración	Máxima	
Coeficiente de correlación		0,617**
p		<0,001
N		30

Tabla 30 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio coronal con remoción de barrillo dentinario.

\*\* Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Medio:	
Porcentaje	
de perímetro penetrado	
Medio: Máxima penetración	
Coeficiente de correlación	0,677**
p	<0,001
N	30

Tabla 31 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio apical con remoción de barrillo dentinario.

\*\* . Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Apical:	
Porcentaje	
de perímetro penetrado	
Apical:	Máxima
penetración	
Coeficiente de correlación	0,897**
p	<0,001
N	30

Tabla 32 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio apical con remoción de barrillo dentinario.

\*\* . Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Del mismo modo, también fueron realizadas tablas en que se comparan los valores medios de penetración entre los sistemas estudiados según los tercios coronal, medio y apical, cuando son realizados en ausencia de barrillo dentinario (tab. 33, 34,35).

#### **2.4.1- Tercio coronal en ausencia de barrillo dentinario:**

De acuerdo con el test de MANOVA no paramétrico, existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio coronal entre los sistemas de obturación estudiados ( $\chi^2(4)=19,256$ ;  $n=30$ ;  $p<0,001$ ). Esa diferencia ocurre tanto en la máxima penetración ( $p=0,001$ ) como en el porcentaje de perímetro penetrado ( $p=0,034$ ), cuya comparación múltiple de las medias de las órdenes revela que esa diferencia es estadísticamente significativa entre (tab. 33):

-El AH Plus y e GuttaFlow ( $p<0,001$ ) y entre el AH Plus y el Resilon ( $p=0.002$ ), en el caso de la máxima penetración.

-Solo el Resilón y el AH Plus ( $p=0,009$ ), en el caso del porcentaje de perímetro penetrado.

	Sistema de Obturación				TP	$\chi^2$	p
	Total	AH Plus	Guttaflow	Resilon			
	(n=30)	(n=10)	(n=10)	(n=10)			
	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)			
Coronal:						0,664	19,256 <0,001#
Máxima penetración	644 (252- 1.090)	1.100 (806- 1.230)	275 (171- 520)	627 (133- 742)			0,001£
Porcentaje de perímetro penetrado	75 (63- 92)	91 (76- 95)	72 (63- 86)	62 (15- 83)			0,034£

Tabla 33 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio coronal, con remoción de barrillo dentinario, por sistema de obturación utilizado (n=30). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de MANOVA No-paramétrico; #-Teste de MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

El sistema de obturación AH Plus y gutta-percha fue el sistema que presentó mayor penetración tubular en el tercio coronal en la ausencia de barrillo dentinario, siendo estadísticamente significativo en lo que se refiere a la profundidad, alcanzando una media de 1100 $\mu$ m. En cuanto al porcentaje de perímetro, esta diferencia solo se verificó relativamente al Resilon.

#### **2.4.2- Tercio medio en ausencia de barrillo dentinario:**

De acuerdo con el test de MANOVA no paramétrica, existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio entre los sistemas de obturación ( $\chi^2(4)=18,627$ ;  $n=29$ ;  $p<0,001$ ) esa diferencia ocurre tanto en la máxima penetración ( $p=0,002$ ) como en el porcentaje de perímetro penetrado ( $p=0,007$ ) cuya comparación múltiple de las medias de las órdenes revela que esa diferencia es estadísticamente significativa entre (tab. 34):

-El GuttaFlow y el AH Plus ( $p<0,001$ ) y entre el GuttaFlow y el Resilon ( $p=0,006$ ), en caso la máxima penetración.

-El AH Plus y el Resilon ( $p=0,005$ ) y entre el AH Plus y el GuttaFlow ( $p=0,002$ ), en caso de porcentaje de perímetro penetrado.



	Sistema de Obturación				TP	χ <sup>2</sup>	P
	Total (n=30)	AH Plus (n=10)	Guttaflow (n=10)	Resilon (n=10)			
	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)	med (P25- P75)			
Medio:					0,643	18,647	<0,001#
Máxima penetración	578 (168- 1.000)	1.000 (711- 1.050)	167 (132- 205)	578 (271- 1.150)			0,002£
Porcentaje de perímetro penetrado	67 (39- 95)	95 (81- 100)	52 (22- 64)	53 (16- 84)			0,007£

Tabla 34 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio medio, con remoción de barrillo dentinario, por sistema de obturación utilizado (n=30).  
 med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai; χ<sup>2</sup> = N(N-1) – Estadística do Teste de MANOVA No-paramétrico; #-Teste de MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

En el tercio medio y en la ausencia de barrillo dentinario, el AH Plus continuó siendo un sistema de obturación que presentó mejores resultados de penetración, siendo estadísticamente significativo en lo que se refiere al perímetro penetrado, con 95% de media. Los dientes obturados con GuttaFlow fueron los que presentaron peores resultados de profundidad.

### 2.4.3- Tercio apical en ausencia de barrillo dentinario:

Aplicando el test de MANOVA no paramétrica, concluimos que no existen diferencias estadísticamente significativas en el tercio apical entre los sistemas de obturación utilizados ( $\chi^2(4) = 8,410$ ;  $n=30$ ;  $p=0,098$ ), por lo que no se descarta la hipótesis nula de igualdad de las distribuciones de máxima penetración y porcentaje de perímetro penetrado en el tercio apical en las tres técnicas aplicadas (Tab. 35).

	Sistema de Obturación				TP	$\chi^2$	P
	Total (n=30)	AH Plus (n=10)	Guttaflow (n=10)	Resilon (n=10)			
	med (P25- P75)	med (P25- P75)	Med (P25- P75)	med (P25- P75)			
Apical:					0,290	8,410	0,098#
Máxima penetración	0 (0- 145)	61 (0- 324)	0 (0- 125)	0 (0- 505)			0,535£
Porcentaje de perímetro penetrado	0 (0- 15)	5 (0- 15)	8 (0- 24)	0 (0- 7)			0,682£

Tabla 35 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio apical, con remoción de barrillo dentinario, por sistema de obturación utilizado (n=30).  
med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do Teste de MANOVA No-paramétrico; #-Teste de MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

Podemos afirmar que, en la ausencia de barrillo dentinario, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres sistemas estudiados en el tercio apical.

## 2.5- Comparación de la máxima penetración y del porcentaje de perímetro penetrado entre los tres sistemas de obturación, según la presencia y ausencia de barrillo dentinario:

Las tablas 36.37 y 38 comprueban que existe relación entre la máxima penetración y el porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio coronal, medio y apical de los sistemas de obturación estudiados, independientemente de la eliminación o no de barrillo dentinario.

Sistema de obturación			Coronal: Máxima penetración	Coronal: Porcentaje de perímetro penetrado
AH Plus	Coronal: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,348
		p	-	0,145
		N	19	19
Guttaflow	Coronal: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,483*
		p	.	0,031
		N	20	20
Resilon	Coronal: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,779**
		p	-	<0,001
		N	20	20

Tabla 36 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración de la porcentaje del perímetro penetrado, en el tercio coronal, por sistema de obturación aplicado. \*. Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.05 (2-tailed). \*\*. Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Sistema de obturación			Medio: Máxima penetración	Medio: Porcentaje de perímetro penetrado
AH Plus	Medio: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,612**
		p	-	0,005
		N	19	19
Guttaflow	Medio: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,447*
		p	-	0,048
		N	20	20
Resilon	Medio: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,711**
		p	-	<0,001
		N	20	20

Tabla 37 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio medio, por sistema de obturación aplicado. \*\*. Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Sistema de obturación			Apical: Máxima penetración	Apical: Porcentaje de perímetro penetrado
AH Plus	Apical: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,957**
		p	-	<0,001
		N	19	19
Guttaflow	Apical: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,887**
		p	-	<0,001
		N	19	19
Resilon	Apical: Máxima penetración	Coeficiente de correlación	1,000	0,977**
		p	-	<0,001
		N	20	20

Tabla 38 – Coeficiente de correlación de Spearman entre la máxima penetración y la porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio coronal, por sistema de obturación aplicado. \*\*. Coeficiente de Correlación significativo para un nivel de 0.01 (2-tailed).

Nuevamente con base en los valores medios de penetración de los sistemas de obturación estudiados, fueron realizadas tablas y gráficos para cada tercio radicular (coronal, medio y apical), en que se comparó la influencia del barrillo dentinario en la máxima penetración tubular y en el porcentaje de perímetro penetrado de los diferentes sistemas de obturación (tab 39, 40, 41 y graf. 13, 14, 15, 16, 17,18).

### **2.5.1- Tercio coronal en presencia y ausencia de barrillo dentinario:**

La penetración tubular en el tercio coronal de los tres sistemas de obturación estudiados no fue influenciada por la presencia del barrillo dentinario, de forma estadísticamente significativa.

Sin embargo, el AH Plus obtuvo mayor perímetro penetrado en los conductos obturados y mayor profundidad tubular cuando removemos el barrillo dentinario (tab. 39 Graf. 13 y 14)

El Resilon obtuvo resultado inverso, teniendo siempre mejores resultados en presencia del barrillo dentinario, obteniendo una media de 96% de penetración en los conductos obturados (tab. 39, Graf. 13 y 14).

	Metodología						TP	$\chi^2$	p
	Total (n=20)		Ausencia de barrillo dentinario (n=10)		Presencia de Barrillo dentinario (n=10)				
	med	(P25- P75)	med	(P25- P75)	med	(P25- P75)			
<b>AH Plus (n=19)</b>									
Coronal:							0,091	1,638	0,441#
Perímetro penetrado (%)	90	(67- 94)	91	(76- 95)	86	(56- 92)			0,278§
Máxima penetración ( $\mu\text{m}$ )	1.000	(806- 1.140)	1.100	(806- 1.230)	968	(830- 1.080)			0,367§
<b>GuttaFlow (n=20)</b>									
Coronal:							0,012	0,0228	0,600#
Perímetro penetrado (%)	72	(60- 85)	72	(63- 86)	71	(53- 84)			
Máxima penetración ( $\mu\text{m}$ )	275	(167- 539)	275	(171- 520)	304	(0- 591)			
<b>Resilon (n=20)</b>									
Coronal:							0,287	5,453	0,065#
Perímetro penetrado (%)	83	(47- 99)	62	(15- 83)	96	(79- 100)			
Máxima penetración ( $\mu\text{m}$ )	653	(383- 1.215)	627	(133- 742)	907	(429- 1.270)			

Tabla 39 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio coronal por tipo de metodología em cada técnica utilizada (n=20). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do teste da MANOVA No-paramétrica; #-Teste da MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

Distribución de la máxima penetración tubular en el tercio coronal, por sistema de obturación utilizado, en presencia y ausencia de barrillo dentinario:

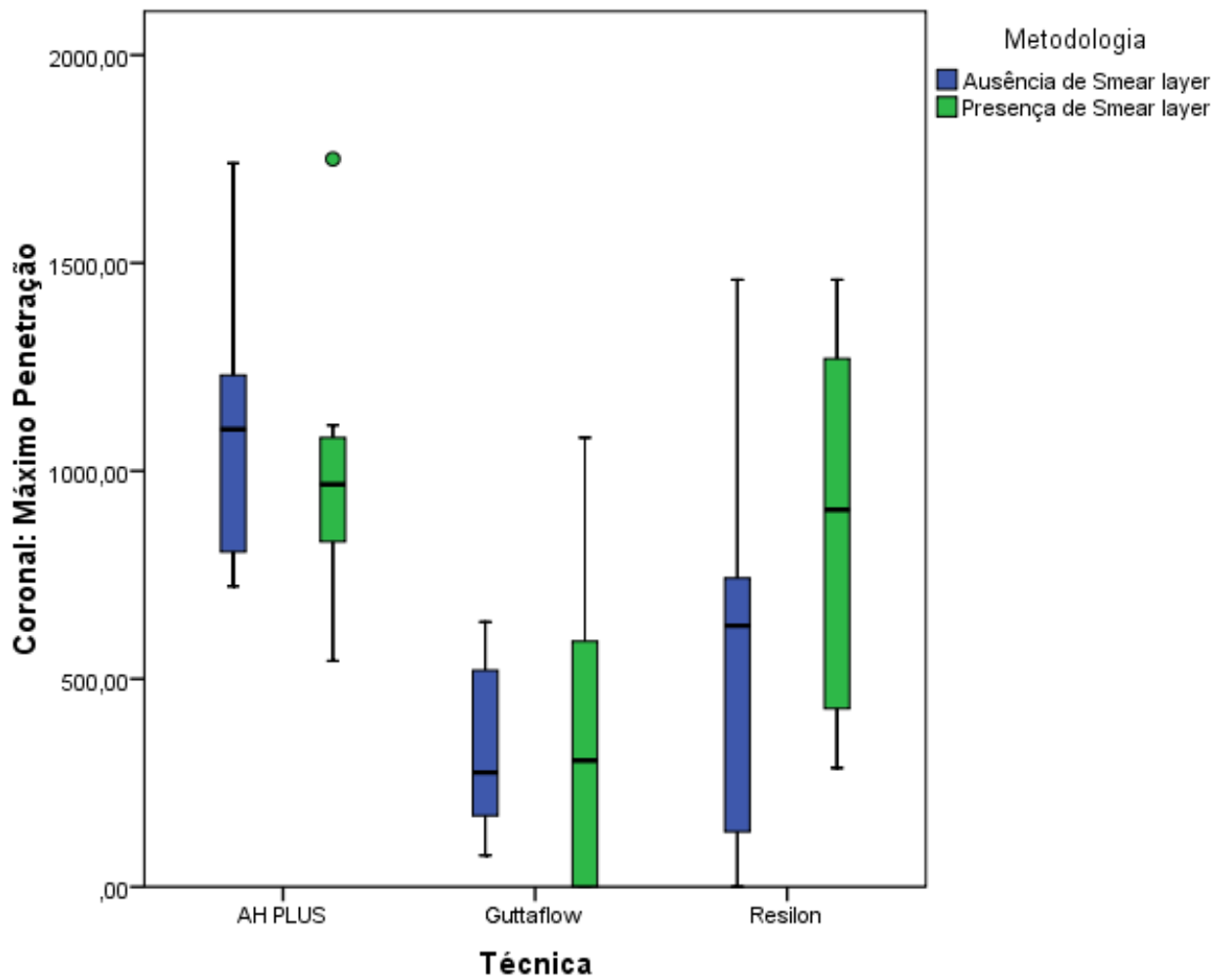


Gráfico 13 - Distribuição de la máxima penetración, en el tercio coronal.



Distribución del porcentaje de perímetro penetrado en el tercio coronal, por sistema de obturación utilizado, en presencia y ausencia de barrillo dentinario:

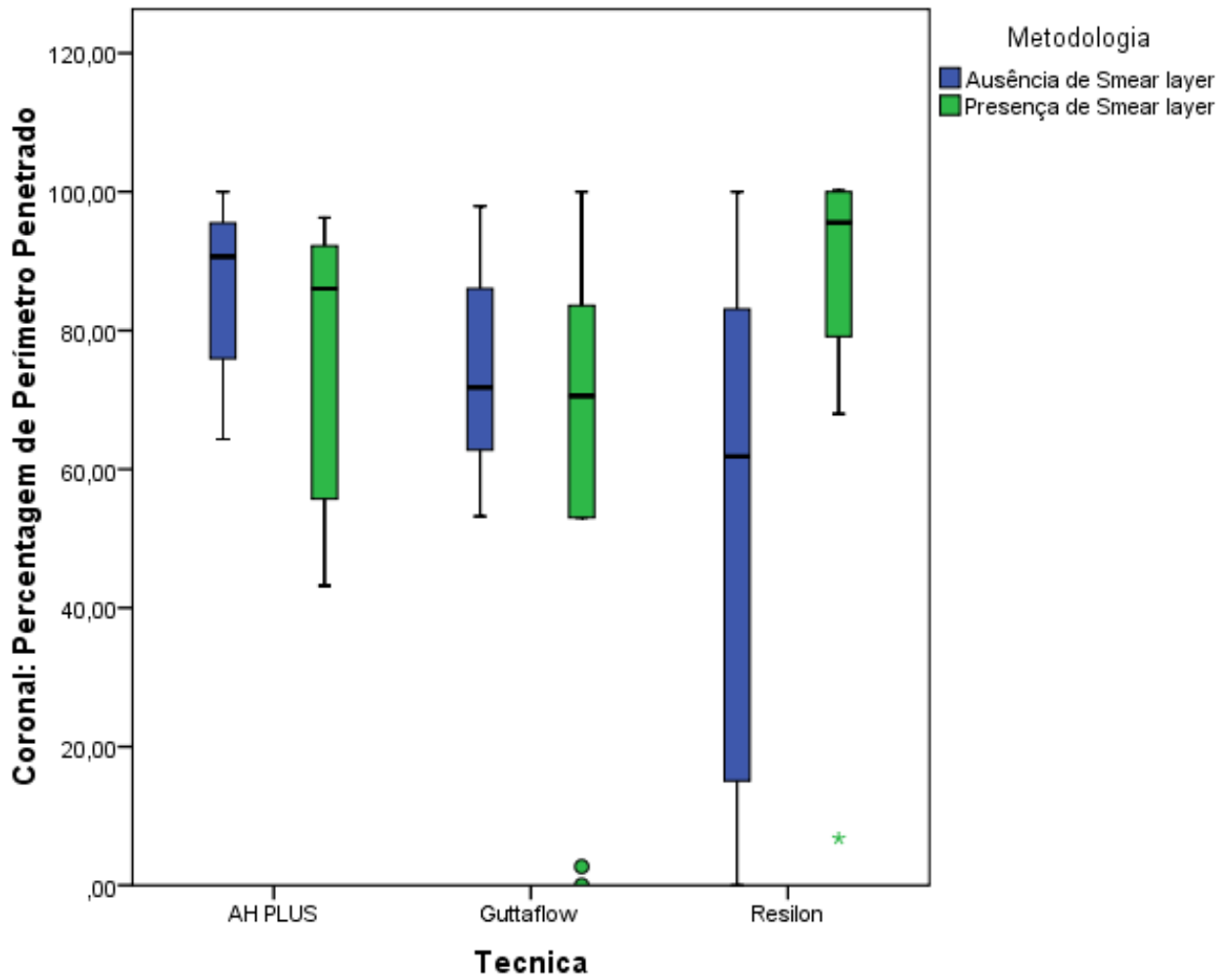


Gráfico 14- Distribuição de la porcentaje del perímetro penetrado, en el tercio coronal.

**2.5.2- Tercio medio en presencia y ausencia de barrillo dentinario:**

En el tercio medio, la eliminación del barrillo dentinario favoreció la porcentaje de perímetro penetrado del AH Plus y gutta-percha, siendo estadísticamente significativo, obteniendo una media de 95% de penetración del conducto. También la profundidad tubular alcanzada fue superior, aunque sin valores estadísticamente significativos (tab. 40, graf. 15, 16).

El Resilon, por su parte, obtuvo nuevamente resultados inversos. Cuando el barrillo dentinario no fue eliminado, el perímetro penetrado fue de 82%, siendo superior de forma estadísticamente significativa, cuando comparado con su penetración en la ausencia del barrillo dentinario. También la profundidad tubular alcanzada fue superior, aunque sin valores estadísticamente significativos (tab. 40, graf. 15, 16).

La penetración tubular del GuttaFlow en el tercio medio no fue influenciada por el barrillo dentinario (tab. 40 graf. 15, 16).

	Metodología						TP	$\chi^2$	P
	Total (n=20)		Ausencia de barrillo dentinario (n=10)		Presencia de barrillo dentinario (n=10)				
	med	(P25- P75)	med	(P25- P75)	med	(P25- P75)			
<b>AH Plus (n=19)</b>									
Medio:							0,432	7,774	0,021#
Perímetro penetrado (%)	81	(46- 96)	95	(81- 100)	46	(20- 72)			0,001§
Máxima penetración ( $\mu\text{m}$ )	908	(451- 1.000)	1.000	(711- 1.050)	624	(384- 1.000)			0,092§
<b>Guttaflow (n=20)</b>									
Medio:							0,054	0,026	0,600#
Perímetro penetrado (%)	42	(14- 68)	52	(22- 64)	31	(6- 72)			
Máxima penetración ( $\mu\text{m}$ )	167	(124- 205)	167	(132- 205)	159	(101- 462)			
<b>Resilon (n=20)</b>									
Medio:							0,262	4,978	0,083#
Perímetro penetrado (%)	74	(44- 93)	53	(16- 84)	82	(70- 100)			0,009§
Máxima penetración ( $\mu\text{m}$ )	716	(335- 1.145)	578	(271- 1.150)	796	(390- 890)			0,074§

Tabla 40 – Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje de perímetro penetrado en el tercio medio por tipo de metodología en cada técnica utilizada (n=20). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai;  $\chi^2 = N(N-1)$  – Estadística do teste da MANOVA No-paramétrica; #-Teste da MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

Distribución de la máxima penetración tubular en el tercio medio, por sistema de obturación utilizado, en presencia y ausencia de barrillo dentinario:

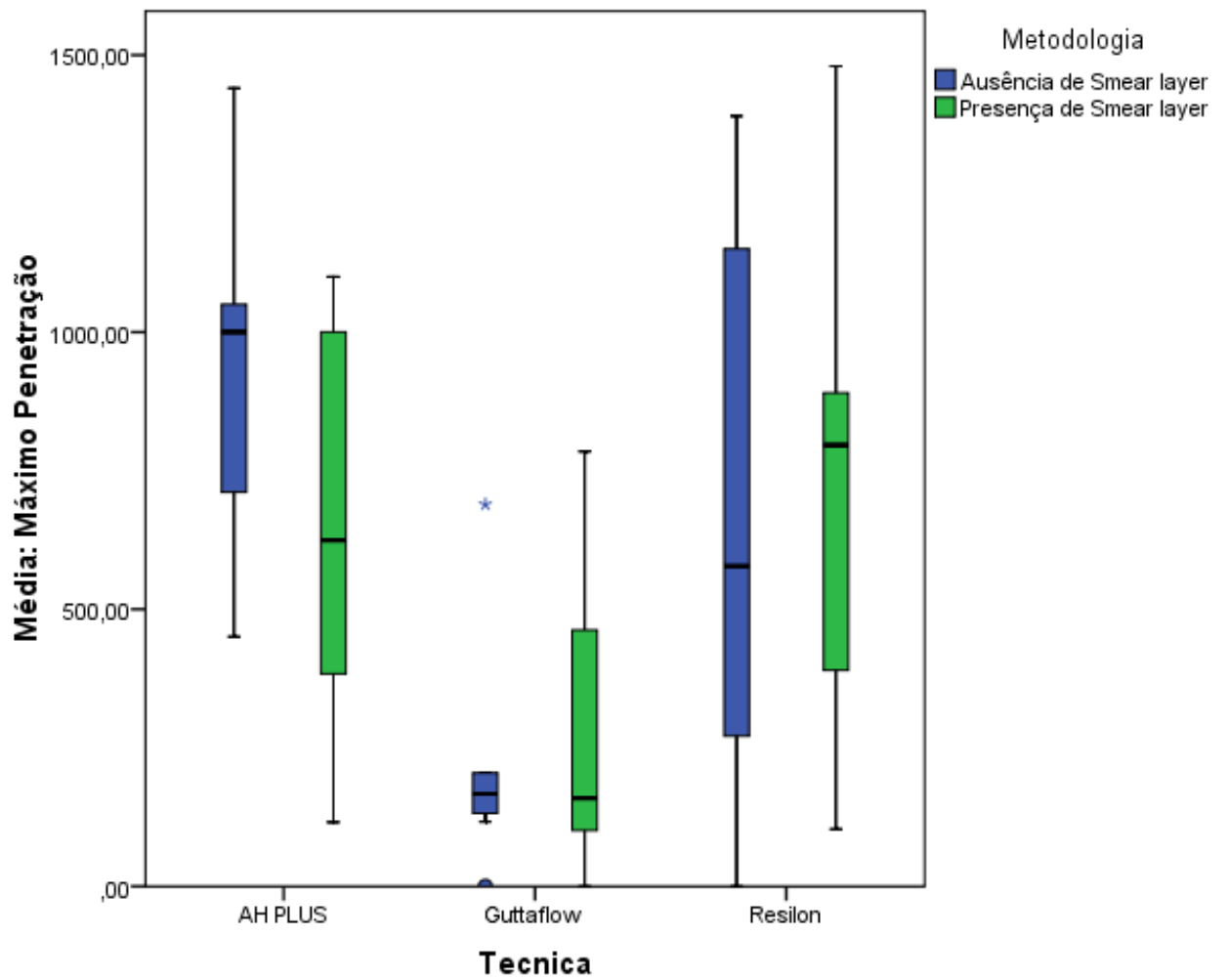


Gráfico 15- Distribuição da máxima penetração, em el tercio medio.

Distribución del porcentaje de perímetro penetrado en el tercio medio, por sistema de obturación utilizado, en presencia y ausencia de barrillo dentinario:

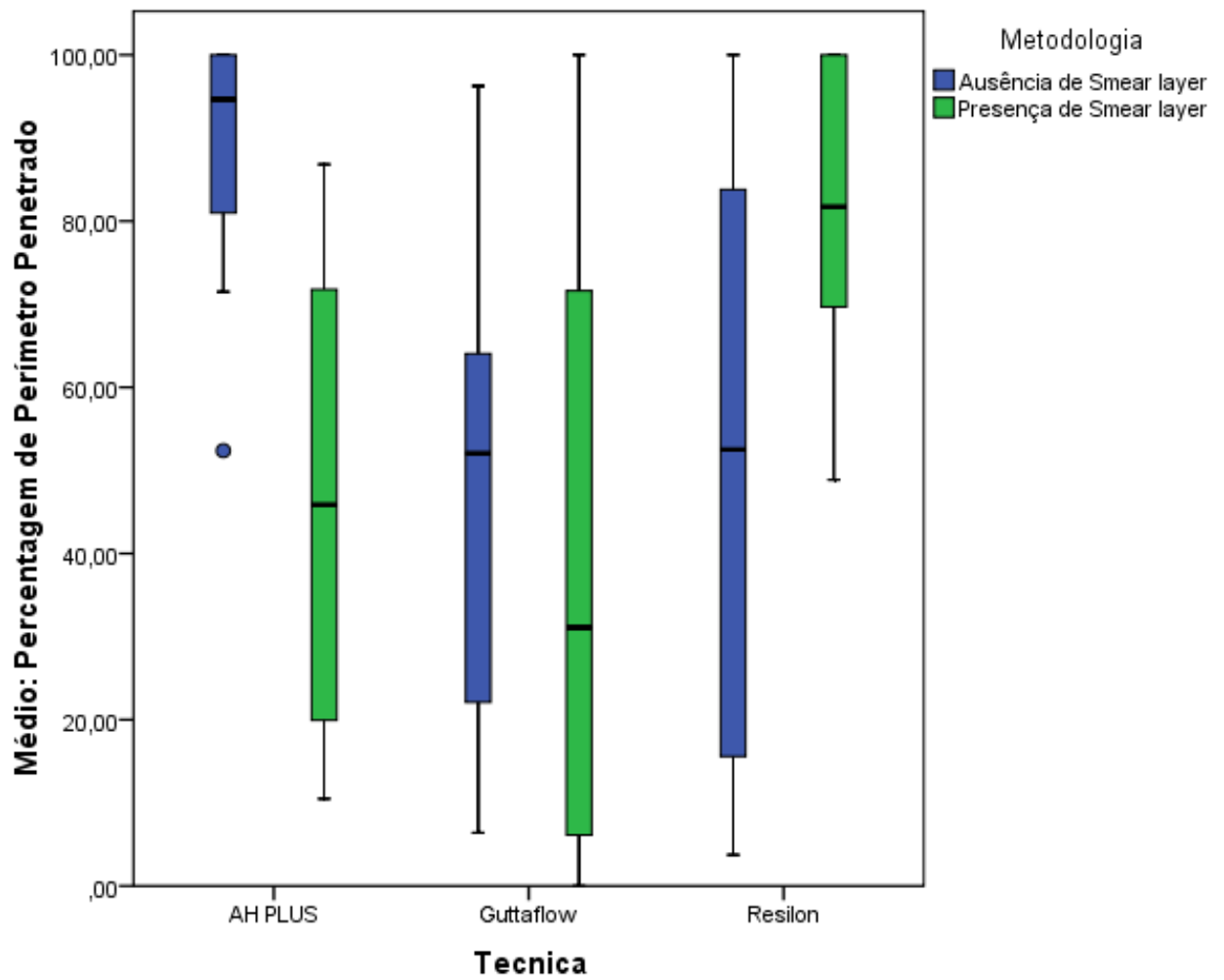


Gráfico 16- Distribuição de la porcentaje del perímetro penetrado, en el tercio medio.

### **2.5.3- Tercio apical en presencia y ausencia de barrillo dentinario:**

En el tercio apical, la presencia de barrillo dentinario no influenció de forma estadísticamente significativa la penetración tubular de ninguno de los tres sistemas de obturación estudiados (tab. 41, graf. 16,17).

Sin embargo, es de destacar que continuamos obteniendo mejores resultados de penetración de Resilon cuando no eliminamos el barrillo dentinario y el inverso con el AH Plus (tab. 41, graf. 17, 18).

La penetración tubular del GuttaFlow en el tercio apical no fue influenciada por el barrillo dentinario (tab. 41, graf. 17, 18).

	Metodología						TP	χ <sup>2</sup>	p
	Total (n=20)		Ausencia de barrillo dentinario (n=10)		Presencia de barrillo dentinario (n=10)				
	med	(P25- P75)	med	(P25- P75)	med	(P25- P75)			
<b>AH Plus (n=19)</b>									
Apical:							0,223	4,014	0,134#
Perímetro Penetrado (%)	0	(0- 11)	5	(0- 15)	0	(0- 0)			0,098£
Máxima penetración (µm)	0	(0- 96)	61	(0- 324)	0	(0- 0)			0,063£
<b>Guttaflow (n=20)</b>									
Apical:							0,032	0,576	0,750#
Perímetro Penetrado (%)	7	(0- 22)	8	(0- 24)	0	(0- 17)			
Máxima penetración (µm)	0	(0- 125)	0	(0- 125)	0	(0- 82)			
<b>Resilon (n=20)</b>									
Apical:							0,056	1,064	0,587#
Perímetro Penetrado (%)	0	(0- 37)	0	(0- 7)	12	(0- 44)			
Máxima penetración (µm)	0	(0- 554)	0	(0- 505)	172	(0- 602)			

Tabla 41- Comparación de la máxima penetración y de la porcentaje del perímetro penetrado en el tercio apical por tipo de metodología en cada técnica utilizada (n=20). med – mediana; P25-Percentil 25; P75 – Percentil 75; TP – Traço de Pillai; χ<sup>2</sup> = N(N-1) – Estadística do teste da MANOVA No-paramétrica; #-Teste da MANOVA No-paramétrico; £-Teste Exacto de Kruskal-Wallis; §Teste de Mann-Whitney.

Distribución de la máxima penetración tubular en el tercio apical, por sistema de obturación utilizado, en presencia y ausencia de barrillo dentinario:

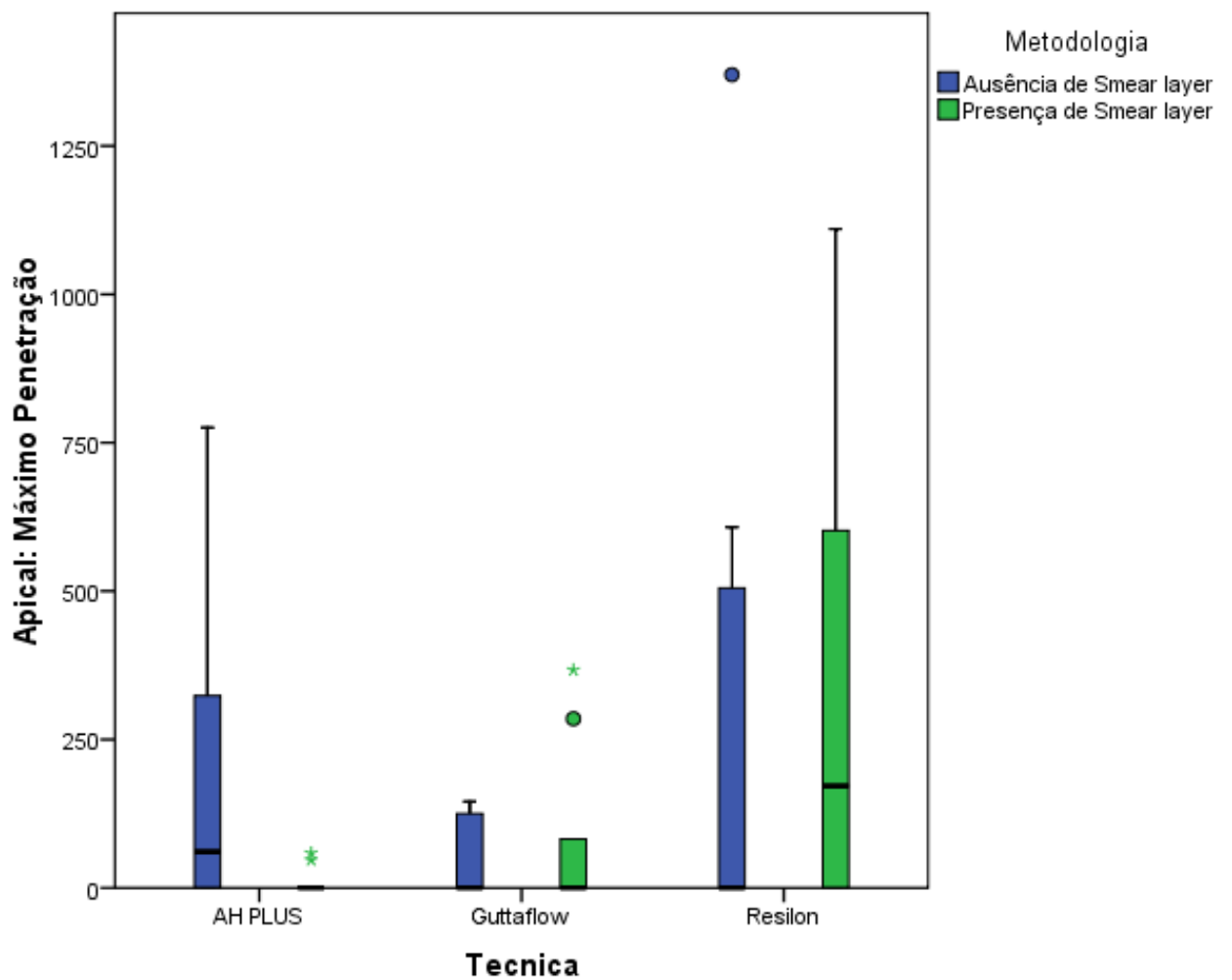


Gráfico 17 - Distribuição de la máxima penetración, en el tercio apical.



Distribución del porcentaje de perímetro penetrado en le tercio apical, por sistema de obturación utilizado, en presencia y ausencia de barrillo dentinario:

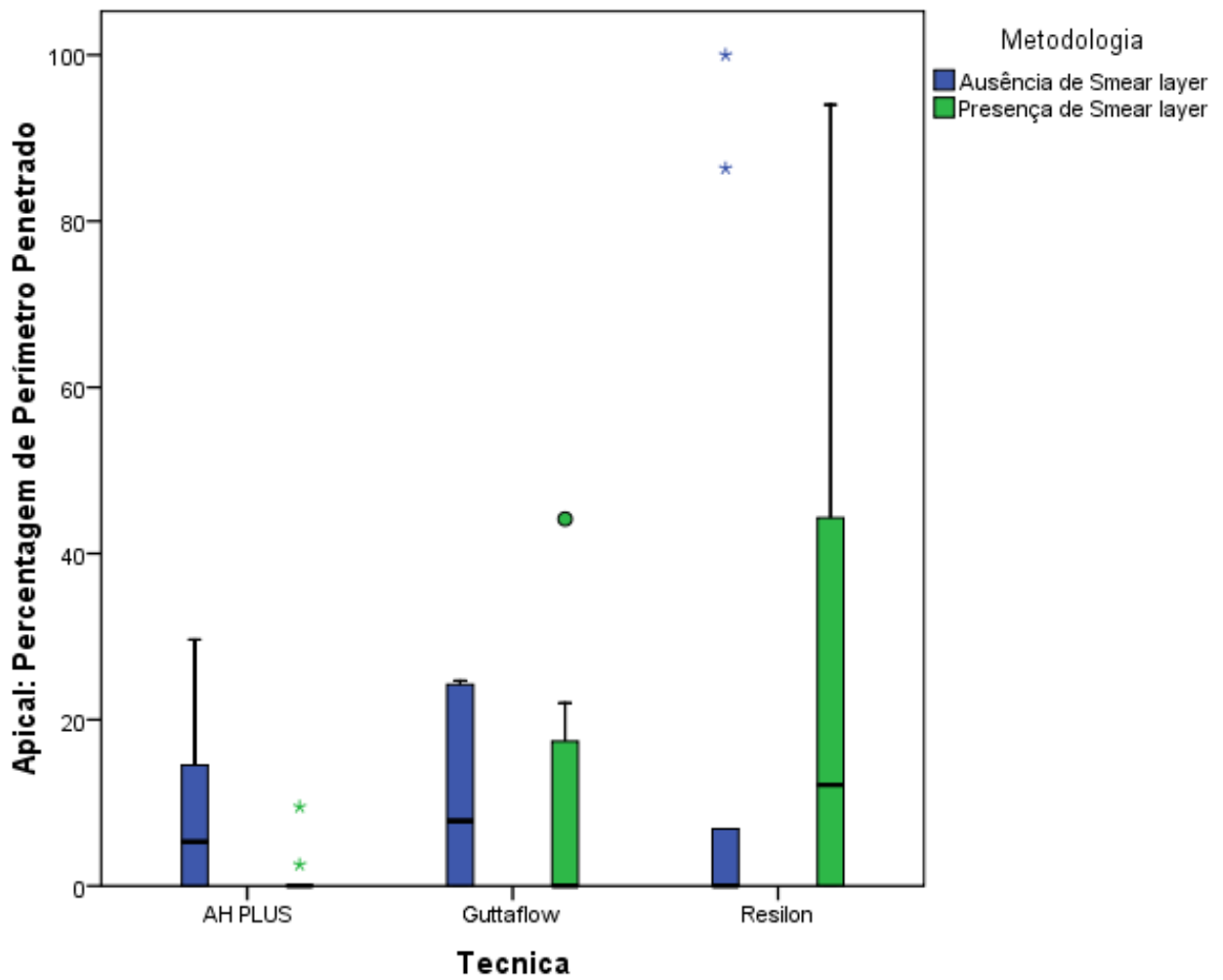


Gráfico 18 - Distribuição de la porcentaje del perímetro penetrado, en el tercio apical.

En resumen, podemos afirmar que:

El barrillo dentinario no influenció la penetración tubular del AH Plus, excepto en el tercio medio cuando calculamos el perímetro de conducto penetrado, en que se obtuvo mejores resultados con su eliminación. Sin embargo, podemos decir que, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, este sistema obtuvo siempre mejor penetración tubular en ausencia del barrillo dentinario.

Sorprendentemente, el Resilon presentó siempre peores resultados con la remoción del barrillo dentinario, siendo estadísticamente significativo en cuanto a porcentaje de perímetro penetrado, en el tercio medio.

El barrillo dentinario no influenció la penetración tubular de GuttaFlow.

Para finalizar nuestros resultados, elegimos algunas imágenes fotográficas digitales obtenidas en este trabajo, a través del programa Leica Confocal Software (Leica Microsystems Heidelberg GmbH). Después de archivadas, todas las imágenes fueron observadas y sometidas a mediciones.

Este software nos permite visualizar imágenes de microscopio con y sin fluorescencia y la sobreposición de ambas, facilitando la comprensión y visualización de la penetración tubular. Seleccionamos entonces para cada sistema de obturación, algunas imágenes en que podemos visualizar la adaptación de los cementos obturadores a las paredes radiculares y la su penetración en los túbulos dentinarios.

Imágenes de Microscopía Confocal Láser del Grupo A1- (AH Plus con gutta-percha en presencia de barrillo dentinario)



Figura 11- Imagen sin fluorescencia (grupo A1)

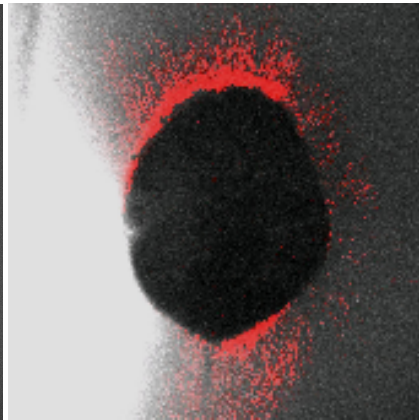


Figura 12- Imagen con fig. 11 y 13 sobrepostas (grupo A1)

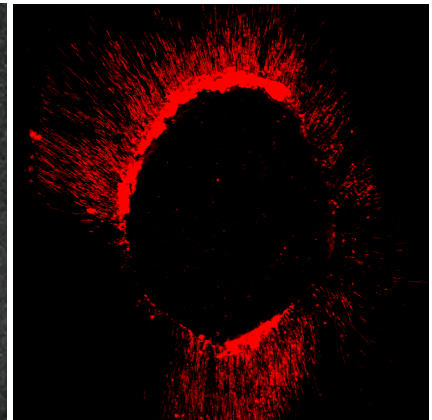


Figura 13- Imagen con fluorescencia (grupo A1)

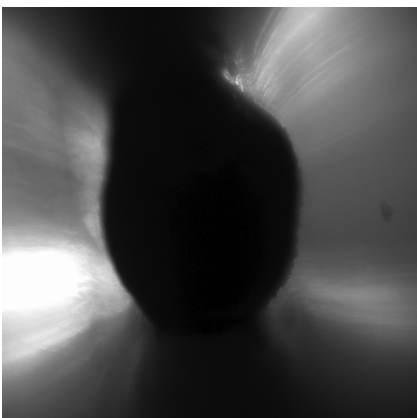


Figura 14- Imagen sin fluorescencia (grupo A1)

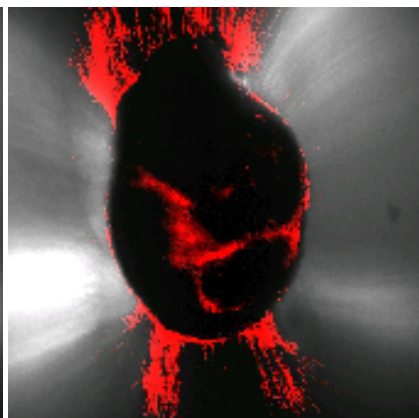


Figura 15- Imagen con fig. 14 y 16 sobrepostas (grupo A1)



Figura 16- Imagen con fluorescencia (grupo A1)

Imágenes de Microscopía Confocal Láser del Grupo A2- (AH Plus con gutta-percha en ausencia de barrillo dentinario):

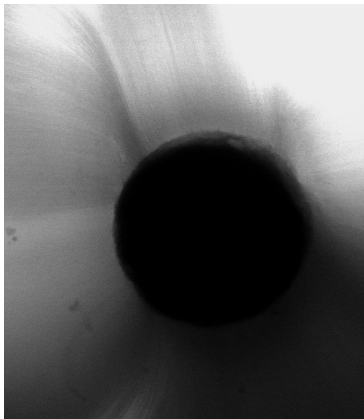


Figura 17- Imagen sin fluorescencia (grupo A2)

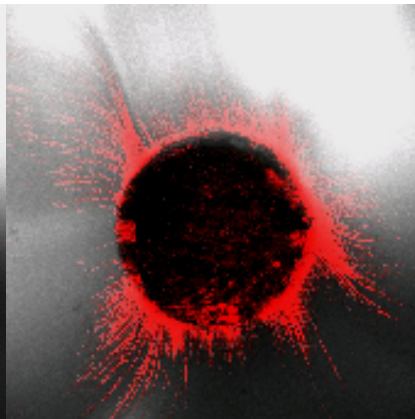


Figura 18- Imagen con fig. 17 y 19 sobrepostas (grupo A2)

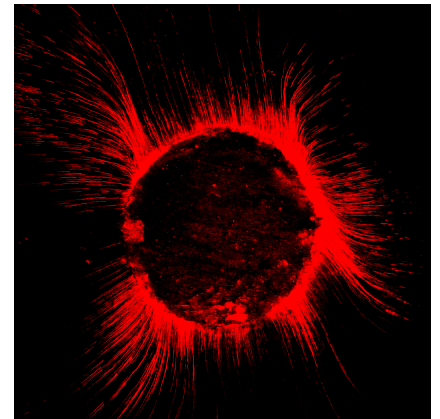


Figura 19- Imagen con fluorescencia (grupo A2)

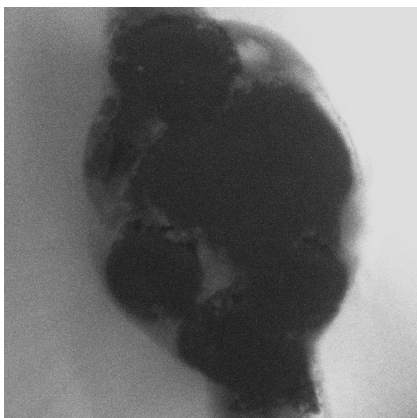


Figura 20- Imagen sin fluorescencia (grupo A2)

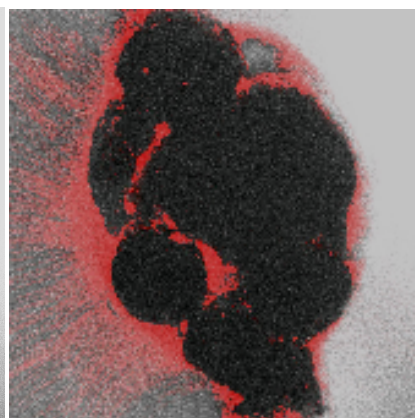


Figura 21- Imagen con fig. 20 y 22 sobrepostas (grupo A2)

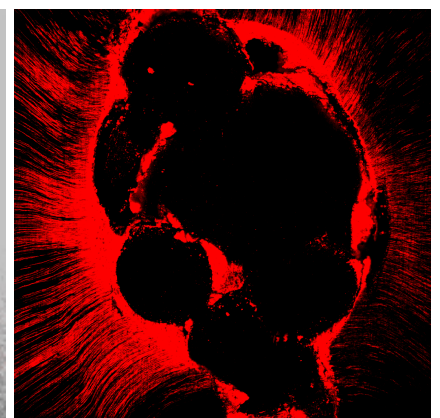


Figura 22- Imagen con fluorescencia (grupo A2)

Imágenes de Microscopía Confocal Láser del Grupo B1- (Sistema Resilon en presencia de barrillo dentinario):

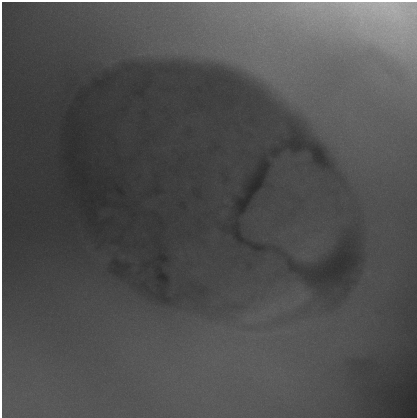


Figura 23- Imagen sin fluorescencia (grupo B1)

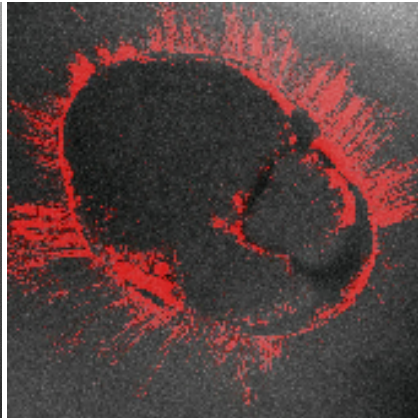


Figura 24- Imagen con fig. 23 y 25 sobrepostas (grupo B1)

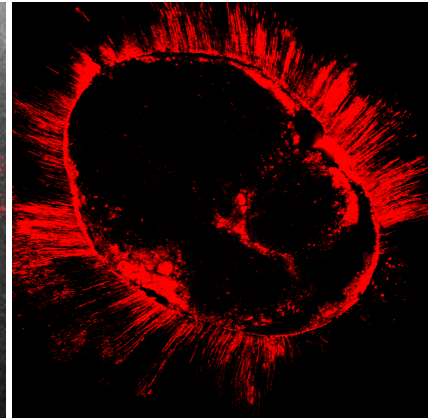


Figura 25- Imagen con fluorescencia (grupo B1)

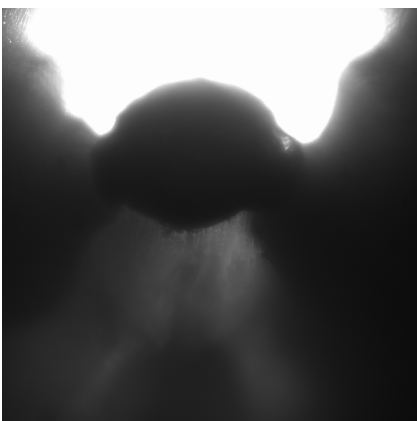


Figura 26- Imagen sin fluorescencia (grupo B1)

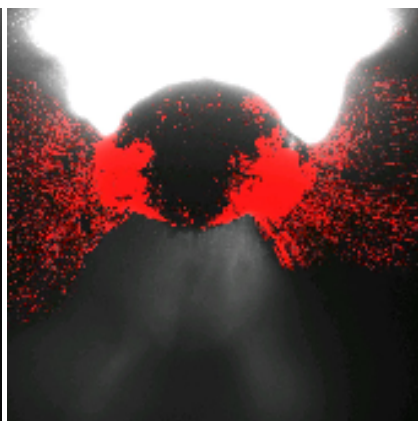


Figura 27- Imagen con fig. 26 y 28 sobrepostas (grupo B1)

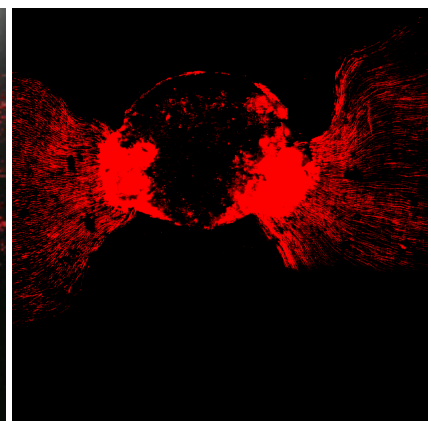


Figura 28- Imagen con fluorescencia (grupo B1)

Imágenes de Microscopía Confocal Láser del Grupo B2- (Sistema Resilon en ausencia de barrillo dentinario):

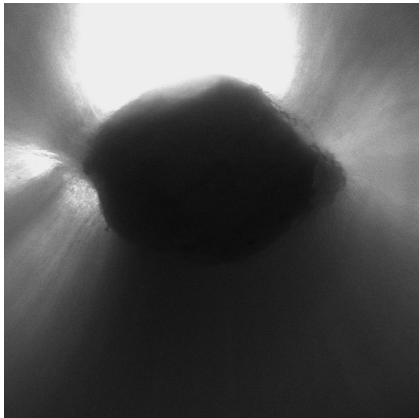


Figura 29- Imagen sin fluorescencia (grupo B2)

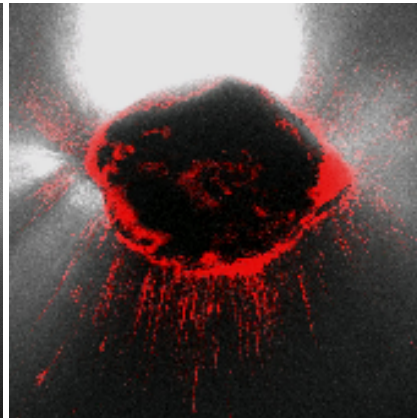


Figura 30- Imagen con fig. 29 y 31 sobrepuestas (grupo B2)

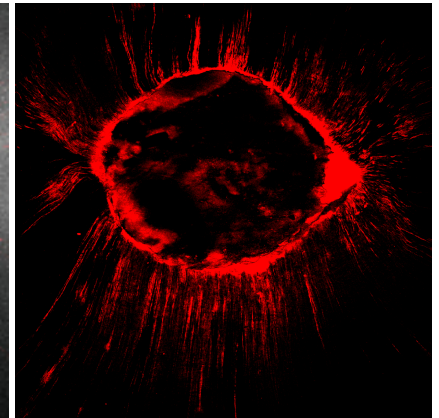


Figura 31- Imagen con fluorescencia (grupo B2)

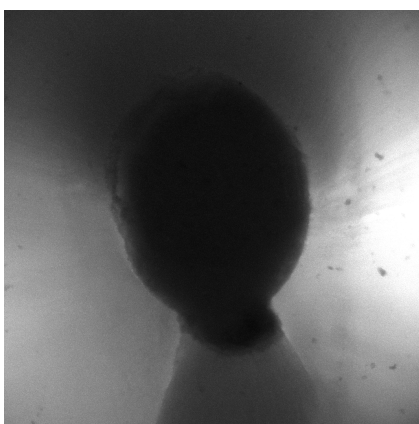


Figura 32- Imagen sin fluorescencia (grupo B2)

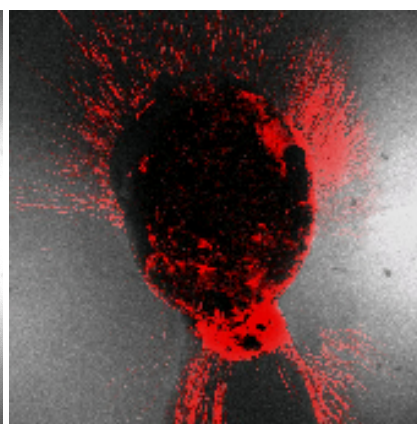


Figura 33- Imagen con fig. 32 y 34 sobrepuestas (grupo B2)

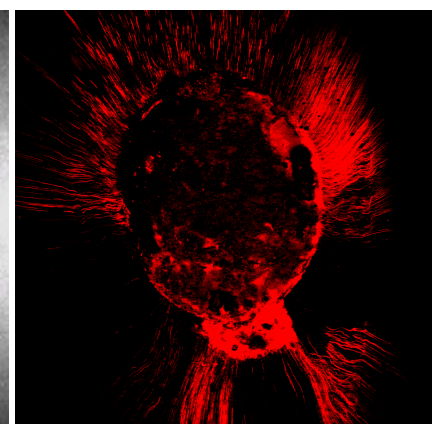


Figura 33- Imagen con fluorescencia (grupo B2)

Imágenes de Microscopía Confocal Láser del Grupo C1- (Sistema GuttaFlow en presencia de barrillo dentinario):

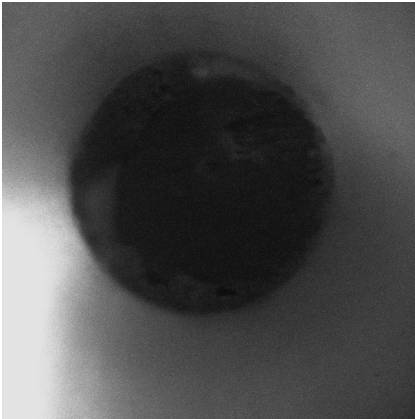


Figura 34- Imagen sin fluorescencia (grupo C1)

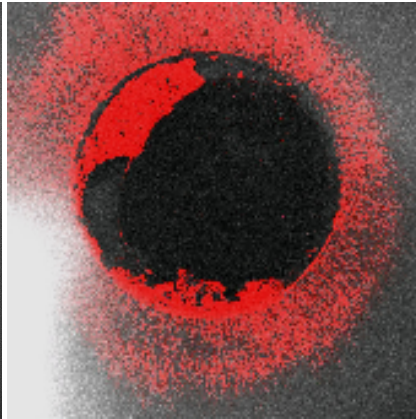


Figura 35- Imagen con fig. 34 y 36 sobrepostas (grupo C1)

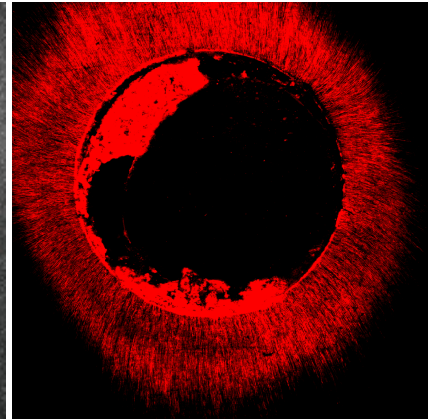


Figura 36- Imagen con fluorescencia (grupo C1)

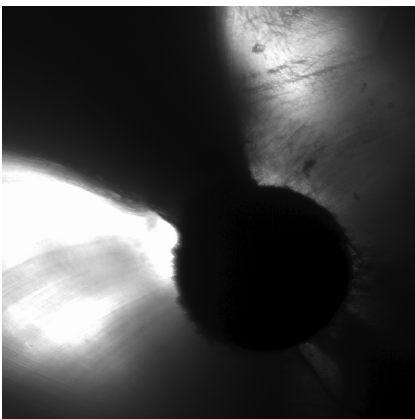


Figura 37- Imagen sin fluorescencia (grupo C1)

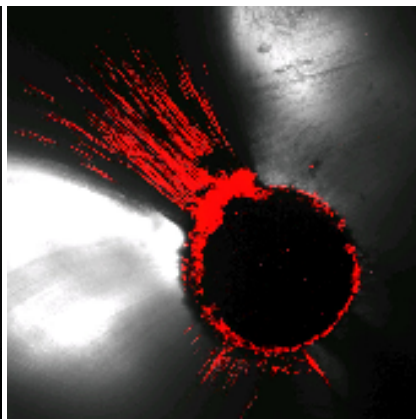


Figura 38- Imagen con fig. 37 y 39 sobrepostas (grupo C1)

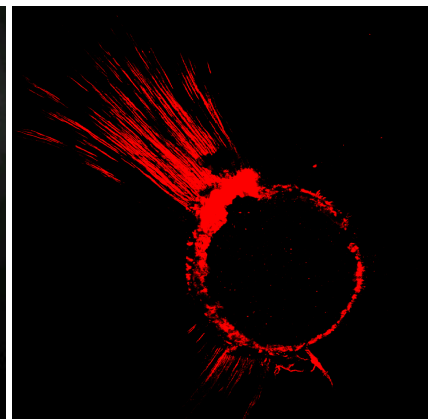


Figura 39- Imagen con fluorescencia (grupo C1)

Imágenes de Microscopía Confocal Láser del Grupo C2- (Sistema GuttaFlow en ausencia de barrillo dentinario):

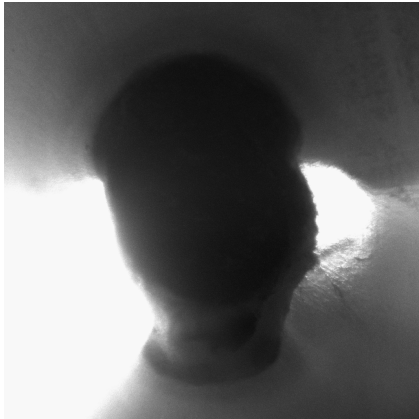


Figura 40- Imagen sin fluorescencia (grupo C2)

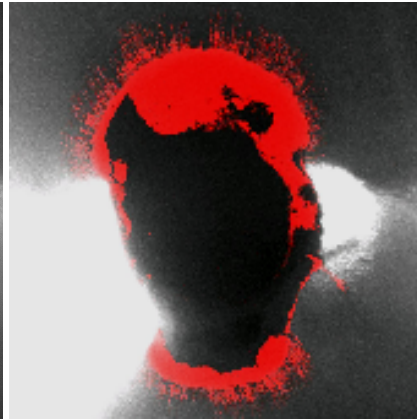


Figura 41- Imagen con fig. 40 y 42 sobrepuestas (grupo C2)

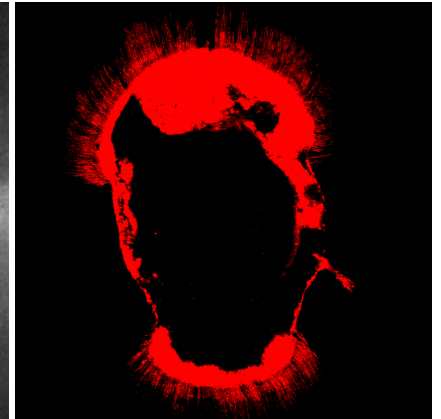


Figura 42 -Imagen con fluorescencia (grupo C2)

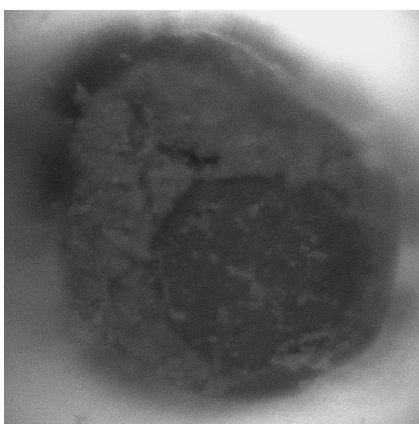


Figura 43- Imagen sin fluorescencia (grupo C2)

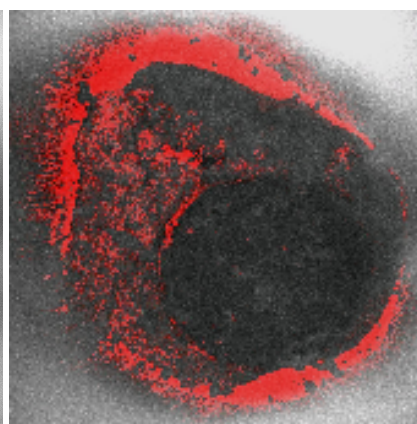


Figura 44- Imagen con fig. 43 y 45 sobrepuestas (grupo C2)

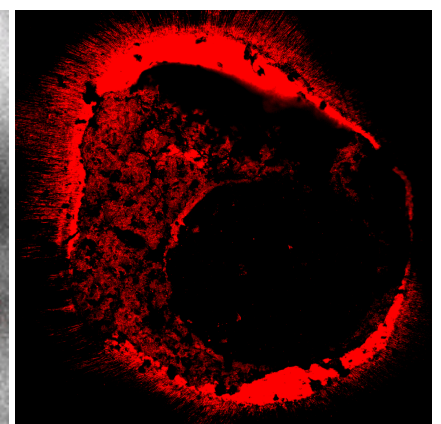


Figura 45 -Imagen con fluorescencia (grupo C2)





## **DISCUSIÓN**

La endodoncia moderna sigue principios básicos, con fundamentos científicos bien estructurados. La patología pulpar y periapical tiene como causa principal la infección microbiana y la presencia de sus toxinas dentro del sistema canalicular<sup>59</sup>,

60, 63, 141, 142, 144

El principal objetivo del tratamiento endodóncico es la obturación tridimensional de todo el sistema canalicular. El sellado eficaz y su mantenimiento a largo plazo son los principales requisitos para el éxito del tratamiento endodóncico.

Este sellado debe prevenir el flujo de bacterias y sus toxinas para los tejidos periapicales, aislar los microorganismos que resistan a la preparación biomecánica y que permanecerán dentro de los conductos y proporcionar un ambiente biológicamente adecuado a la cicatrización de los tejidos de soporte, previniendo así la reinfección<sup>46</sup>.

La gutta-percha constituye el núcleo sólido de elección de la obturación hace casi 150 años. Desde entonces se viene defendiendo su utilización junto con un cemento obturador que debe ocupar un pequeño espacio en los conductos obturados, al contrario del núcleo sólido.

Además de biocompatibles, los cementos endodóncicos deben sellar las interfases entre los materiales de obturación y las de éstos con la pared del canal y poseer la capacidad de penetrar en los conductos accesorios no rellenados por el núcleo sólido<sup>28</sup>.

Los estudios han demostrado que, hasta hoy, todavía ningún material de obturación posee todas las propiedades deseables para ese fin<sup>7, 14, 58, 64, 65, 73</sup>.

**1- EN CUANTO AL PROCEDIMIENTO:**

La diversidad de metodología de investigación conduce por veces a resultados no consensuales en los estudios de microfiltración de los materiales de obturación<sup>37</sup>.

La microscopía confocal (creada por Marvin Minsky en 1955) permite visualizar la penetración de los materiales obturadores a través de los túbulos dentinarios, utilizando la fluorescencia en la adquisición de imágenes<sup>1, 6, 8</sup>. La Rhodamina B (Sigma-Aldrich, St. Louis State, MO, USA) fue mezclada con los cementos estudiados siendo utilizada en este trabajo como colorante.

Un estudio piloto comparó dos materiales obturadores con y sin partículas de Rhodamina B mezcladas y no constató diferencias de penetración entre ellos, lo que excluye la posibilidad de que este colorante influya en las propiedades de sellado y los materiales estudiados<sup>7, 9</sup>.

Comparada con la microscopía electrónica de varrido, la microscopía confocal láser presenta la ventaja de ser menos destructiva para la muestra y producir menos artefactos<sup>7, 9</sup>.

Este trabajo tiene como objetivo principal determinar la adaptación y penetración de tres sistemas de obturación en los túbulos dentinarios radiculares. Al penetrar en los túbulos, los materiales favorecen la tridimensionalidad tan pretendida en la endodoncia, obteniendo mejor sellado, impidiendo el paso de los fluidos bacterianos entre el sistema canalicular y el periapex.

Los canalículos y los túbulos dentinarios constituyen uno de los principales medios de comunicación entre el medio pulpar y periapical, atravesando la dentina radicular desde la pulpa hasta la pared externa de la raíz. Sin embargo, como sabemos, los canalículos poseen una trayectoria curva muy similar a un S, lo que dificulta su observación en toda la su extensión, cuando efectuamos un único corte<sup>146</sup>.

A través de las secciones efectuadas por el microscopio confocal, podemos visualizar sus diferentes disposiciones y sus sinuosos trayectos, y así encontrar la máxima extensión tubular alcanzada por el cemento, aunque ésta no sea continua en la misma sección.

Para el efecto, realizamos cortes transversales en los tercios coronal, medio y apical de toda la muestra, y medimos la máxima penetración tubular alcanzada por el cemento de cada sistema obturador. Consideramos así, esta técnica de visualización apropiada para este estudio.

De igual forma, esta técnica todavía nos hace posible una visualización tridimensional de los cortes, a través de la sobreposición de las secciones. Así sobrepunemos todas las secciones y calculamos la penetración del cemento existente alrededor de todo el conducto radicular, o sea, el perímetro de canal penetrado con base en el perímetro total del mismo.

A través de las dos mediciones, podemos concluir cual sistema de obturación obtuvo mayor adaptación y penetración tubular, en cuanto a su máxima penetración a lo largo de los túbulos dentinarios y también en cuanto su porcentaje de perímetro penetrado.

Esta técnica de visualización ya fue utilizada por Gharib *et al*<sup>9</sup> y por Patel *et al*.<sup>7</sup> Estos autores también utilizaron la microscopia confocal y la Rhodamina B en sus estudios. Gharib realizó un estudio sobre la penetración tubular y el porcentaje de perímetro penetrado del Resilon a lo largo de los tres tercios radiculares, a través de la Rhodamina B impregnada en el cemento Epiphany. Patel apenas mezcló Rhodamina B en el primer RealSeal y comparó su penetración tubular con un cemento convencional de óxido de zinc eugenol.

La revisión bibliográfica realizada para este trabajo ha sido hecha hasta final de año de 2008, utilizando palabras clave como: Resilon, AH Plus, GuttaFlow, *dentinal tubules*, *filling endodontic materials*, *endodontic sealers*.

La técnica de obturación elegida en este trabajo fue la técnica de condensación lateral por ser universalmente conocida, de fácil ejecución, y frecuentemente utilizada en los estudios comparativos de materiales de obturación<sup>7, 14, 63, 73, 104, 147, 148</sup>.

El hipoclorito sodico es el irrigante endodóncico de excelencia gracias a sus propiedades antibacterianas. Sin embargo, el oxígeno liberado por el hipoclorito sodico es un factor relevante cuando utilizamos materiales adhesivos, una vez que inhiben la polimerización de las resinas y consecuentemente disminuyen la adhesión<sup>80, 117, 122, 135</sup>. Siendo así, después de finalizar la preparación biomecánica, para que el hipoclorito sodico no fuese el último irrigante en ser utilizado, todos los conductos fueron irrigados con agua.

## 2- EN CUANTO A LOS RESULTADOS:

La complejidad anatómica radicular, con sus múltiples forámenes, deltas apicales, conductos laterales y accesorios, justifican por si solos la dificultad que existe en obtener un buen sellado endodóncico. Venturi *et al.* examinó 222 dientes obturados por la técnica de Schilder y constató que 66,8% de los conductos laterales encontrados se hallaban en el tercio apical<sup>48</sup>.

La dentina coronaria difiere de la dentina radicular. A nivel apical, la pared radicular es compuesta por una menor cantidad de túbulos dentinarios, que están dispuestos de forma irregular, lo que dificulta todavía más la adaptación de los materiales resinosos. La presencia de tejidos de cemento radiculares en las paredes también interfiere con una formación de la camada híbrida y, consecuentemente, con las capacidades adhesivas de estos materiales en el tercio apical, disminuyendo el sellado<sup>44, 103, 117, 135, 149</sup>.

En todos los sistemas de obturación estudiados en este trabajo, y independientemente de la presencia o no del barrillo dentinario, el tercio coronal presentó siempre los mejores resultados, en cuanto que en apical fueron siempre peores.

El AH Plus obturado con gutta-percha presentó siempre diferencias estadísticamente significativas de penetración entre los tercios radiculares, tanto en la presencia como en la ausencia de barrillo dentinario. También el GuttaFlow obtuvo estos resultados en todas las comparaciones efectuadas entre el tercio apical y los otros tercios radiculares. El sistema Resilon, también estudiado en nuestro trabajo, apenas presentó penetración estadísticamente inferior en el tercio

apical y en presencia de barrillo dentinario y en cuanto al porcentaje de perímetro penetrado (tab. 12 a 23 y graf. 1 a 12).

Resilon es el único sistema de obturación que posee un sistema adhesivo incorporado. Presenta un adhesivo auto condicionante, que está compuesto por un primer ácido que penetra en el barrillo dentinario y desmineraliza la dentina, seguido de un cemento de resina de polimerización dual. El barrillo dentinario es así modificado e incorporado en la camada híbrida <sup>135</sup>.

Este nuevo sistema de obturación se basa en los mismos fundamentos de adhesión que las restauraciones de resina compuestas. Se trata, por lo tanto, de un concepto totalmente diferente de la gutta-percha. Los fabricantes defienden que junto con el primer y el adhesivo, el Resilon posee la capacidad de crear un monobloque de adhesión entre el cono y el cemento, y entre éstos y las paredes dentinarias del conducto, conocido como RMS "Resilon Monoblock System"<sup>25, 95, 108</sup>.

Sin embargo, estudios recientes demuestran que este concepto parece no ser tan real como inicialmente fue defendido. Las irregularidades en la anatomía radicular, la variabilidad de consistencia del cemento, la alta solubilidad y variabilidad dimensional, el estrés de contracción provocado por la polimerización, la dificultad de una aplicación correcta del sistema adhesivo en toda la pared radicular y la incompleta evaporación del solvente del primer son posibles causas apuntadas a los fallos de sellado del Resilon<sup>113, 114, 117</sup>.

La aplicación correcta del sistema adhesivo en los conductos radiculares es un problema clínico real. Muy difícilmente los túbulos dentinarios del tercio apical serán totalmente impregnados con resina. También la total evaporación del solvente es casi imposible. La colocación del primer en conos de papel puede minimizar estos problemas pero no los resuelve. Uno de los principales factores que influyen en la



integridad de la interfase entre la dentina y el material adhesivo es la penetración de la resina dentro de la dentina desmineralizada. Si la resina no se infiltra completamente en los túbulos dentarios, esa integridad va a fracasar<sup>117</sup>.

El Resilon es un polímero basado en policaprolactona. Las lipases liberadas por los microorganismos pueden romper las uniones ésteres de la policaprolactona, sirviendo de nutriente para las bacterias que sobrevivieran a la preparación biomecánica. Así siendo, el Resilon sufre procesos de degradación enzimática y hidrolítica a lo largo del tiempo<sup>7, 44, 103, 104, 115, 116</sup>.

Otro factor importante que no debe ser olvidado es el efecto del estrés de polimerización, que se verifica cuando las fuerzas de contracción de la polimerización exceden las fuerzas de adhesión del material adhesivo a la dentina<sup>135</sup>.

Las cavidades tridimensionales, como es el caso de los conductos radiculares en que todas las paredes tienen paredes opuestas, proporcionan más fácilmente una ruptura de adhesión, gracias al factor C elevado, que puede llegar a 100:1<sup>117, 135</sup>.

El factor de configuración cavitaria o el factor C es definido por la proporción entre las superficies adheridas y no adheridas en una cavidad<sup>46, 113, 135</sup>. Existe una relación entre el factor C y el desarrollo del estrés de concentración de las resinas, una vez que esa contracción produce espacios propicios a la filtración bacteriana. Cuanto menor sea el área de superficie libre, o sea, no adherida, menor será la capacidad de flujo del material, y mayores serán las tensiones generadas por la contracción de la polimerización de las superficies adheridas<sup>91, 150</sup>.

Así, el elevado factor C en espacios estrechos como es el caso de los conductos radiculares, es altamente desfavorable, por maximizar el efecto de contracción de la polimerización. Este hecho puede justificar que el sistema de obturación Resilon presente resultados inferiores de sellado en algunos estudios, cuando es comparado con la gutta-percha y el AH Plus<sup>42, 44, 46, 103, 104, 112, 150</sup>.

Como también los agentes adhesivos se degradan después de 3 meses, la microfiltración acaba seriamente comprometida<sup>44, 117</sup>.

En nuestro estudio, el AH Plus también fue un sistema de obturación que presentó mejores resultados de penetración tubular en la ausencia de barrillo dentinario, cuando comparado con los otros grupos de estudio, siendo estadísticamente significativo en el tercio coronal y medio (tab. 33, 34, 35).

Este resultado está en concordancia con Saleh *et al.*<sup>46</sup> (2008), que también constató mejores resultados del AH Plus relativamente al sistema Resilon en la ausencia de barrillo dentinario. Sin embargo, al contrario de ellos, en nuestro estudio el AH Plus presentó mejores resultados cuando eliminamos el barrillo dentinario que en su presencia, siendo estadísticamente significativo en el tercio medio (tab. 39, 40, 41, graf 13, 14, 15, 16, 17, 18)

Sorprendentemente, el Resilon presentó siempre resultados peores de penetración tubular con la eliminación del barrillo dentinario en nuestro estudio (tab. 39, 40, 41, graf.13,14,15,16,17,18). En el tercio medio, el porcentaje de perímetro penetrado de este material fue significativamente inferior, registrando apenas una media de 53%, en cuanto que en presencia de barrillo dentinario se obtuvo una media de 82 % de canal penetrado.

Cuando comparamos los tres sistemas de obturación en presencia de barrillo dentinario, constatamos que el sistema Resilon obtuvo casi siempre los mejores resultados de penetración, siendo excepción apenas en el tercio coronal en lo que se refiere a la máxima profundidad tubular alcanzada (tab. 27, 28, 29 e graf. 13, 14, 15, 16, 17, 18).

Una vez más, nuestros resultados están de acuerdo con Saleh *et al*<sup>46</sup> (2008). Los autores compararon la penetración bacteriana en dientes obturados con AH Plus con gutta-percha, Apexit con gutta-percha y sistema Resilon, en presencia y ausencia de barrillo dentinario. El Resilon presentó mejores resultados de sellado en presencia de barrillo dentinario que los que presentó con su eliminación, de forma estadísticamente significativa.

Una posible explicación puede estar relacionada con la desmineralización provocada por el EDTA en la superficie dentinaria de los conductos, lo que, como sabemos, limita las fuerzas de adhesión. En 1999, Saleh *et al.*<sup>151</sup> constataron que el EDTA disminuye de forma estadísticamente significativa la microdureza de las paredes dentinarias y en 2002<sup>152</sup>, afirmaron que la eliminación del barrillo dentinario con EDTA reduce significativamente la adhesión del AH Plus a las paredes radiculares. También en 2008<sup>46</sup>, en un trabajo todavía no publicado pero citado por el mismo autor, éste refiere que la fuerza de adhesión de Resilon también disminuye cuando estamos ante una dentina preconditionada con este irrigante.

Como se sabe, el sistema Resilon posee un primer auto condicionante que modifica el barrillo dentinario presente en la dentina radicular. Oddoni *et al.*<sup>148</sup> (2008) compararon la microfiltración apical y coronal del AH Plus obturado con gutta-percha con el sistema Resilon. Los autores utilizaron EDTA para eliminar el barrillo dentinario apenas en los dientes obturados con AH Plus, y consideraron el primer autocondicionante suficiente en el caso de Resilon, esto es, no utilizaron EDTA

para eliminar el barrillo dentinario en la obturación con el Sistema Resilon. Apenas encontraron diferencias estadísticamente significativas en apical, habiendo Resilon obtenido el mejor resultado.

Sin embargo es importante recordar que a pesar de que los estudios de materiales adhesivos normalmente inciden en fuerzas de adhesión, en endodoncia la capacidad de microfiltración es mucho más importante que la fuerza de adhesión. Schwartz<sup>135</sup> (2006) afirma que aunque un material tenga una fuerza de adhesión baja, si tiene buenas propiedades de sellado, continuará siendo un buen material de obturación.

La odontología adhesiva viene intensificando sus estudios en ese sentido. Son varios los trabajos científicos que demuestran que, buenos resultados de fuerzas de adhesión, no son obligatoriamente sinónimos de buenos resultados en los test de microfiltración<sup>153, 154</sup>.

Otro presupuesto fundamental demostrada por Saleh et al.<sup>155</sup> en 2003, fue que la retención micromecánica obtenida por la penetración tubular de los cementos endodóncicos no es el único factor decisivo para que haya adhesión de los mismos a las paredes radiculares. La penetración tubular depende claramente de las propiedades físico-químicas de estos cementos, mientras la adhesión a la pared dentinaria y a la gutta-percha depende de otros factores. En este estudio, los autores concluyeron que no hay relación directa entre la penetración tubular de los cementos endodóncicos y los valores de fuerzas de adhesión de los mismos cementos.

En este estudio, ha sido estudiada la capacidad de adaptación y penetración tubular de los sistemas de obturación y su capacidad de limpiar y rellenar los túbulos dentinarios, favoreciendo el sellado.

Patel *et al.*<sup>7</sup> (2007) realizó el primer estudio comparativo de la penetración del sistema Resilon y de otro material obturador convencional en los túbulos dentinarios (TubliSeal). Los autores obtuvieron una penetración tubular del cemento RealSeal considerablemente mayor. Sin embargo, hay que resaltar que las partículas de Rhodamina B fueron introducidas en el primer del RealSeal. El objetivo principal de nuestro trabajo es comparar la penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentarios, por eso la Rhodamina B fue mezclada con cemento y no con primer.

Gharib *et al.*<sup>9</sup> (2007) también estudiaron la penetración tubular del sistema Resilon en los tres tercios radiculares, a través de la microscopía confocal láser, en ausencia de barrillo dentinario y obtuvieron una penetración significativamente menor en el tercio apical comparativamente a los tercios medio y coronal. En nuestro trabajo, aunque el Resilon haya obtenido peores resultados de penetración en el tercio apical, esa diferencia solo fue estadísticamente significativa en lo que se refiere al perímetro de canal penetrado.

Veríssimo *et al.*<sup>103</sup> (2007), Wedding *et al.*<sup>111</sup> (2007) obtuvieron peores resultados de microfiltración con el Resilon cuando los compararon con otros cementos resinosos.

Fisher *et al.*<sup>156</sup> (2007) y Gesi *et al.*<sup>95</sup> (2005), constataron que el AH Plus y la gutta-percha presenta mayor capacidad de adhesión a las paredes radiculares que el Resilon.

La tabla 42 presenta los resultados de diversos estudios comparativos entre AH Plus y el Resilon, tanto a nivel de microfiltración como de fuerzas de adhesión, obtenidos en la PubMed y publicados entre 2005 y 2008.

	AH Plus	Resilon	Sin diferencias significativas	Fuerzas de adhesión	Microfiltración
Belli (2008)			x		x
Bouillaguet (2008)		x			x
De Deus (2008)	x				x
Fransen (2008)			x		x
Kaya (2008)	x			x	
Nunes (2008)	x			x	
Oddoni (2008)		x			x
Saleh (2008)			x		x
Almeida (2007)			x		x
Baumgartner (2007)			x		x
Bodrumlu (2007)		x			x
Bodrumlu (2007)			x		x
Fisher (2007)	x			x	
Kaya (2007)			x		x
Paqué (2007)	x				x
Raina (2007)			x		x
Veríssimo (2007)		x			x
Biggs (2006)			x		x
Bodrumlu (2006)		x			x
Grande 2006)			x		x
Onay (2006)			x		x
Stratton (2006)		x			x
Sagsen (2006)		x			x
Tunga (2006)		x			x
Ungor (2006)			x		x
Gesi (2005)			x	x	
Tay (2005)			x		x

Tabla 42- Estudios comparativos entre AH Plus y Resilon. Pesquisa obtenida en la PubMed y publicados entre 2005 y 2008.

Relativamente al GuttaFlow, este sistema de obturación fue el que presentó los peores resultados de adaptación, independientemente de la remoción o no del barrillo dentinario. Su máxima penetración tubular fue estadísticamente inferior al Resilon y al AH Plus en el tercio medio, cuando fue utilizado en presencia de barrillo dentinario (tab. 27, 28, 29).

Hammad *et al.*<sup>117</sup> (2008) compararon los valores de contracción después del fraguado de diferentes materiales de obturación y el GuttaFlow fue el único material que mostró expansión. Esta característica podría hacer suponer una mejor adaptación a las paredes radicales, lo que no ocurrió en nuestro estudio.

Una de las razones posibles para esta diferencia de resultados, puede ser la metodología aplicada en este estudio, una vez que no hubo compactación lateral del material obturador, como en los otros sistemas estudiados. Se optó antes por utilizar la técnica de cono único preconizado por los fabricantes.

El barrillo dentinario resulta de cualquier intervención practicada en el tejido dentinario en el que se corte una superficie mineralizada y posee gran capacidad de adherencia a las paredes del preparado<sup>131</sup>. Es, por lo tanto, resultado directo de la instrumentación de los conductos, no siendo encontrado en conductos que no fueron instrumentados<sup>63</sup>.

Algunos autores defienden que mantener el barrillo dentinario en los túbulos dentinarios limita la penetración y el flujo intertubular de las bacterias y sus toxinas, así como su colonización<sup>46</sup>. Sin embargo, otros estudios demostraron que el barrillo dentinario aloja las bacterias residuales y sus biofilms, impidiendo que los agentes irritantes o los medicamentos intraconductos ejerzan su función totalmente, actuando no solo como una reserva de sustrato para los microorganismos, como

una barrera física entre los materiales obturadores y las paredes radiculares, debiendo ser totalmente removido<sup>137</sup>.

Uno de los objetivos pretendidos en este trabajo es también evaluar la influencia del barrillo dentinario en la penetración tubular de los tres materiales de obturación estudiados. Podemos afirmar que, ante nuestros resultados, la eliminación del barrillo dentinario en el tercio coronal y apical no influyó la penetración de los sistemas de obturación de forma estadísticamente significativa (tab. 39, 41 y graf. 13, 14, 17, 18).

En el tercio medio, su eliminación aumentó de forma estadísticamente significativa la penetración tubular del AH Plus y produjo efecto inverso con el Resilon (tab. 40 y graf. 15, 16).

Sabemos que 60% de los fracasos endodóncicos están atribuidos a una mala obturación<sup>1-3, 5, 6, 8</sup> y que el movimiento de los fluidos intersticiales, los microorganismos y sus toxinas, constituyen la principal etiología de la patología endodóncica<sup>7, 14, 58, 64, 65, 73</sup>. Este estudio coincide con tantos otros que demuestran que ningún material obturador existente hasta hoy cumple todos los criterios de hermeticidad y aislamiento apical.

Es de extrema importancia que se intensifiquen los estudios acerca de los sistemas de obturación y sus materiales, así como los métodos de investigación.





## **CONCLUSIÓN**

Con base en la metodología aplicada, en los resultados obtenidos en este trabajo y respondiendo a los objetivos propuestos, podemos concluir que:

El Ah Plus con gutta-percha presentó diferencias estadísticamente significativas de penetración entre los tercios coronal, medio y apical, tanto en presencia como en ausencia de barrillo dentinario.

El GuttaFlow presentó diferencias estadísticamente significativas de penetración en el tercio apical comparativamente al resto del conducto, también en presencia y en ausencia de barrillo dentinario.

La penetración del Resilon/RealSeal apenas fue menor de forma estadísticamente significativa en el tercio apical, cuando fue comparado con el tercio coronal y medio, en presencia del barrillo dentinario.

En ausencia de barrillo dentinario, el AH Plus con gutta-percha fue el sistema de obturación que presentó mejor adaptación y penetración en los túbulos dentinarios de las paredes radiculares, siendo estadísticamente significativo en el tercio coronal. El porcentaje de perímetro de conducto penetrado también fue mayor de forma estadísticamente en el tercio medio.

En presencia de barrillo dentinario, el Resilon/RealSealer fue el sistema de obturación que presentó mejor adaptación y penetración en los túbulos dentinarios de las paredes radiculares, siendo estadísticamente significativo en el tercio medio, en cuanto al porcentaje de perímetro penetrado.

En presencia de barrillo dentinario, el GuttaFlow fue el sistema que presentó menor adaptación y penetración en los túbulos dentinarios en los tercios coronal y medio,

siendo estadísticamente significativo en cuanto a la máxima penetración tubular alcanzada. Cuando se eliminó el barrillo dentinario, se obtuvo el mismo resultado apenas en el tercio medio.

La eliminación del barrillo dentinario aumentó de forma estadísticamente significativa el porcentaje de perímetro penetrado del AH Plus, apenas en el tercio medio de los dientes estudiados.

La presencia del barrillo dentinario aumentó de forma estadísticamente significativa el porcentaje de perímetro penetrado del Resilon/RealSeal, apenas en el tercio medio de los dientes estudiados.

El AH Plus presentó siempre mejores resultados de penetración cuando removemos el barrillo dentinario que en su presencia, siendo estadísticamente significativo en el tercio medio en cuanto al porcentaje de perímetro penetrado. Al contrario, el Resilon obtuvo siempre sus mejores resultados cuando el barrillo dentinario no fue retirado, siendo también estadísticamente significativo en el tercio medio y en cuanto al porcentaje de perímetro penetrado.

En los tres sistemas de obturación estudiados, la adaptación y penetración de los túbulos dentinarios de las paredes radicales en el tercio coronal y apical, no es influenciada por la eliminación del barrillo dentinario de forma estadísticamente significativa.

Ante las condiciones de nuestro estudio, todos los sistemas de obturación (AH Plus con gutta-percha utilizada por la técnica de condensación lateral, GuttaFlow con técnica de cono único y Resilon/RealSeal por la técnica de condensación lateral complementada con procedimiento adhesivo) presentaron una penetración en los

túbulos dentinarios superior a 50% de perímetro en los tercios coronales de los conductos. La técnica de obturación influye la adaptación de los materiales de obturación a las paredes radicales y su penetración en los túbulos dentinarios.

La técnica de observación utilizada permite visualizar la disposición del material de obturación (cemento) en las paredes de los conductos y en el interior de los túbulos dentinarios. Siendo así, consideramos ser una técnica válida que aporta información acerca de los sistemas de obturación.

Sería conveniente un mayor número de estudios de forma a profundizar los conocimientos que nos permitan mejorar el tratamiento endodóncico.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Alves FRF. Compreendendo a etiologia microbiana das infecções endodônticas. *Rev. biociên. Taubaté* 2004;10:67-71.
2. Bevilacqua IM, Habitante SM, Cruz CW. Chlorhexidine: one alternative in treatment of endodontic infections- a review of literature. *Rev. biociên. Taubaté* 2004;10:139-45.
3. Richard Schwartz D. The Role of the Restorative Dentist in the Success or Failure of Endodontics. *Contemporary Endodontics* 2004;1:9-14.
4. Cobankara FK, Altinoz HC, Ergani O, Kav K, Belli S. In vitro antibacterial activities of root-canal sealers by using two different methods. *J Endod* 2004;30:57-60.
5. Silva LAB, Perasi FT, Ito IY, Yamashita JC, Bonifácio KC, Tanomaru Filho M. A presença de fungos nas infecções endodônticas. *Rev. da Faculd. de Odontologia* 2000;12:62-66.
6. Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. *Textbook of Endodontology*: Blackwell Publishing Lda; 2003.
7. Patel DV, Sherriff M, Ford TR, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Int Endod J* 2007;40:67-71.
8. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc* 2005;136:187-93; quiz 231.
9. Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *J Endod* 2007;33:957-61.
10. Gier RE, Mitchell DF. Anachoretic effect of pulpitis. *J Dent Res* 1968;47:564-70.
11. Leonardo MR, Silva RAB, Assed S, Nelson-Filho P. Importance of bacterial endotoxin (LPS) in endodontics. *J. Appl. Oral Sci* 2004;12:93-98.
12. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp*. St. Louis: Mosby; 1998.
13. Alves J, Walton R, Drake D. Coronal leakage: endotoxin penetration from mixed bacterial communities through obturated, post-prepared root canals. *J Endod* 1998;24:587-91.
14. De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J* 2000;33:25-7.
15. Ferreira MM, Sanches F, Rodrigues B, Gonçalves D, Dias JPM. Estudo Comparativo da Infiltração Apical de Canais Radiculares Obturados por Duas Técnicas Diferentes. *Rev. Port. Estomatol.Med.Dent. Cirur. Maxilofacial* 2006;47:133-8.
16. Pinheiro BC, Bramante AS, Hussne RP. Influence of the penetration of instruments, used in the active lateral condensation, in the quality of root canal filling. *J Appl Oral Sci* 2003;11:186-91.
17. Silva Neto UX, Brochado VH, J.F. GJ, D. WVP, Moraes IG. Apical seal by the Tagger and System B techniques. *Rev. FOB* 2001;9:145-49.
18. Oliver CM, Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endod J* 2001;34:637-44.

19. Albuquerque DS, Diniz AS, Matheus TCU. Clinical Appreciations About the Root Canal Flora. Rev. do CRO-PE 1999.
20. Teixeira KIR, Cortes ME. Estado actual de la indicación de antimicrobianos para la medicación intracanal. Acta odontol. venez 2005;43:177-80.
21. Grossman LI. Evaluation of Antifungal Agents for Endodontic Use. J. Dent. Res. 1967;46:215-17.
22. Ribeiro FC, A. C. Aspectos morfológicos dos biofilmes microbianos na osteomielite crônica supurativa e correlações endodôntica e parendodôntica. Rev. FOB 1999;7:41-47.
23. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974;18:269-96.
24. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. J Endod 2006;32:281-90.
25. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. J Endod 2005;31:91-6.
26. Teles AM, Paulo MF, Capelas JA, Melo P, Cunha LM. Estudo Comparativo da Capacidade de Selamento de Três Técnicas de Obturação de canais radiculares. Rev. Port. Estomatol.Med.Dent. Cirur. Maxilofacial 2005;46:203-10.
27. Kersten HW, Wesselink PR, Thoden van Velzen SK. The diagnostic reliability of the buccal radiograph after root canal filling. Int Endod J 1987;20:20-4.
28. Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. J Endod 2006;32:66-8.
29. Rodrigues-Ponce A. Endodoncia Consideraciones Actuales. Caracas Venezuela: Amolca; 2003.
30. Brosco VH, Bernardinelli N, Moraes IG. "In vitro" evaluation of the apical sealing of root canals obturated with different techniques. J Appl Oral Sci 2003;11:181-5.
31. Ingle J, Taintor J. Endodontia. Brasil: Editora Guanabara; 1989.
32. Justus YV. Lo más Nuevo en Obturación Tridimensional del Sistema Radicular Activ GP: Técnica de cono único. Rev. de la Soc. de Endod. de Chile 2006;13:4-6.
33. Kopper PM, Figueiredo JA, Della Bona A, Vanni JR, Bier CA, Bopp S. Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in post-prepared root canals. Int Endod J 2003;36:857-63.
34. Nielsen BA, Beeler WJ, Vy C, Baumgartner JC. Setting times of Resilon and other sealers in aerobic and anaerobic environments. J Endod 2006;32:130-2.
35. Almeida JF, Gomes BP, Ferraz CC, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. Int Endod J 2007;40:692-9.
36. Pommel L, About I, Pashley D, Camps J. Apical leakage of four endodontic sealers. J Endod 2003;29:208-10.
37. Verissimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. J Oral Sci 2006;48:93-8.



38. Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. An in vitro study of the cytotoxicity of two root canal sealers. *J Endod* 2000;26:228-9.
39. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod* 2000;26:230-5.
40. Moraes FG, Bramante CM, Moraes IGdea. Influence of the EDTA, Nd:YAG laser and association of both on the filling of artificial lateral root canals. *J. Appl. Oral Sci.* 2004;12:22-26.
41. Raymundo A, Portela CP, Leonardi DP, Baratto Filho F. Análise radiográfica do preenchimento de canais laterais por quatro diferentes técnicas de obturação. *RSBO* 2005;2:22-27.
42. Onay EO, Ungor M, Orucoglu H. An in vitro evaluation of the apical sealing ability of a new resin-based root canal obturation system. *J Endod* 2006;32:976-8.
43. Schafer E, T. Z. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J* 2003;36:660-69.
44. Paque F, Sirtes G. Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *Int Endod J* 2007;40:722-9.
45. Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM. Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. *J Endod* 2005;31:599-604.
46. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J* 2008;41:32-40.
47. Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. *J Endod* 2006;32:624-7.
48. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod* 2005;31:877-81.
49. Alicia Karr N, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of gutta-percha and Resilon in the obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod* 2007;33:749-52.
50. Saunders WP, Saunders EM. Assessment of leakage in the restored pulp chamber of endodontically treated multirrooted teeth. *Int Endod J* 1990;23:28-33.
51. Salazar-Silva J, Pereira RC, Ramalho LM. Temporary restoration: importance in endodontic success. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr JP* 2004;4:143-9.
52. Almeida YMEM. Estudo "in vitro" da infiltração marginal coronária em canais radiculares obturados. [Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2001.
53. Frederic Barnett D, Martin Trope D. Resilon: A Novel Material to Replace Gutta Percha. *Contemporary Endodontics* 2004;1:16-19.
54. Friedman CM, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and mechanical properties of gutta-percha endodontic points. *J Dent Res* 1975;54:921-5.
55. Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod* 2005;31:37-9.

56. Limkangwalmongkol S, Burtscher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J Endod* 1991;17:495-9.
57. Facer SR, Walton RE. Intracanal distribution patterns of sealers after lateral condensation. *J Endod* 2003;29:832-4.
58. De Moor RJ, Hommez GM. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta percha obturation techniques. *Int Endod J* 2002;35:275-82.
59. De Deus G, Gurgel Filho ED, Ferreira CM, Coutinho Filho T. Intratubular penetration of root canal sealers. *Pesqui Odontol Bras* 2002;16:332-6.
60. Pecora JD, Cussioli AL, Guerisoli DM, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera Junior A. Evaluation of Er:YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. *Braz Dent J* 2001;12:27-30.
61. Sousa Neto MD, al. e. Evaluation of the effect of EDTA, EGTA and CDTA on dentin adhesiveness and microleakage with different root canal sealers *Braz. Dent. J.* 2002;13:123-28.
62. Tunga U, Bodrumlu E. Assessment of the sealing ability of a new root canal obturation material. *J Endod* 2006;32:876-8.
63. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod* 2005;31:293-6.
64. De Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho-Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Aust Endod J* 2004;30:23-8.
65. Dultral F, Barroso JM, Carrasco LD, Capelli A, Guerisoli DMZ, Pécora JD. Evaluation of apical microleakage of teeth sealed with four different root canal sealers *J. Appl. Oral Sci.* 2006;14.
66. Ferreira FBA, Silva e Souza PAR, Vale MS, Tavano O. Radiopacidade de cimentos endodônticos avaliada pelo sistema de radiografia digital. *Rev. FOB* 1999;7:55-60.
67. Miletic I, Jukic S, Anic I, Zeljezic D, Garaj-Vrhovac V, Osmak M. Examination of cytotoxicity and mutagenicity of AH26 and AH Plus sealers. *Int Endod J* 2003;36:330-5.
68. Yoshimine Y, Yamamoto M, Ogasawara T, Koishi Y, Tanabe K, Hashiguchi I, et al. In vitro evaluation of the cytocompatibility of a glass-ionomer cement sealer. *J Endod* 2003;29:453-5.
69. Huang FM, Tai KW, Chou MY, Chang YC. Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. *Int Endod J* 2002;35:153-8.
70. Nassri MRG, Lia RCC, Bombana AC. Analysis of the tissue answer regarding two root canal sealers. *J. Appl. Oral Sci.* 2003;11:9-14.
71. Tronstad L. *Clinical Endodontics: A textbook*. New York: Trieme Medical Publishers, Inc; 2003.
72. Bernath M, Szabo J. Tissue reaction initiated by different sealers. *Int Endod J* 2003;36:256-61.

73. Cobankara FK, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J* 2002;35:979-84.
74. Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M. Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod* 1998;24:397-400.
75. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* 2005;31:584-9.
76. Hashieh IA, Pommel L, Camps J. Concentration of eugenol apically released from zinc oxide-eugenol-based sealers. *J Endod* 1999;25:713-5.
77. Khedmat S, Sedaghati M. Comparison of the Tensile Bond Strength of four root canal sealers. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences* 2006;3:1-5.
78. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson J, Leinfelder KF, Trope M. Dentinal bonding reaches the root canal system. *J Esthet Restor Dent* 2004;16:348-54.
79. Scelza MFZ, Scelza P, F. CR, A. C. Estudo Comparativo das Propriedades de Escoamento, Solubilização e Desintegração de Alguns Cimentos Endodônticos. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr JP* 2006;6:243-7.
80. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *Int Endod J* 2006;39:464-71.
81. McMichen FRS, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J* 2003;36:629-35.
82. Savioli RN, G SR, D PJ. Determinação do escoamento de alguns cimentos endodônticos. *Rev. Odont da Universidade de Ribeirão Preto* 1999;3.
83. De-Deus G, Coutinho-Filho T, Reis C, Murad C, Paciornik S. Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses. *J Endod* 2006;32(10):998-1001.
84. Orstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater* 2001;17:512-9.
85. Allan NA, Walton RC, Schaeffer MA. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *J Endod* 2001;27:421-3.
86. Huang TH, Kao CT. pH measurement of root canal sealers. *J Endod* 1998;24:236-8.
87. Martins AS, Ostroski MM, Silva Neto UX, Westphalen VPD, Fariniuk LF, Moraes IG. An in vitro evaluation of coronal leakage of different resin-based endodontic sealers. *Revista Odonto Ciência* 2006;21:179-84.
88. Grossman LI. An improved root canal cement. *J. Amer. dent. Ass.* 1958;56(3):381-5.
89. Dandakis C, Kaliva M, Lambrianidis T, Kosti E. An in vitro comparison of the sealing ability of three endodontic sealers used in canals with iatrogenic enlargement of the apical constriction. *J Endod* 2005;31:190-3.
90. Brandão CG, Moraes IG, Bramante CM. Apical sealing ability of Ionomeric endodontic sealers. *Rev. FOB* 2001;9:29-34.

91. Baumgartner G, Zehnder M, Paque F. Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany. *J Endod* 2007;33:45-7.
92. Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F. In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *J Endod* 2000;26:462-5.
93. Dultra F, Barroso JM, Carrasco LD, Capelli A, Guerisoli DMZ, Pécora JD. Evaluation of apical microleakage of teeth sealed with four different root canal sealers. *J. Appl. Oral Sci.* 2006;14.
94. Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod* 2003;29:658-61.
95. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod* 2005;31:809-13.
96. Karadag LS, Bala O, Turkoz E, Mihcioglu T. The effects of water and acetone-based dentin adhesives on apical microleakage. *J Contemp Dent Pract* 2004;5:93-101.
97. Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod* 1998;24:41-4.
98. Miletic I, Ribaric SP, Karlovic Z, Jukic S, Bosnjak A, Anic I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. *J Endod* 2002;28:431-2.
99. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J* 2003;36:54-63.
100. Epley SR, Fleischman J, Hartwell G, Cicalese C. Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *J Endod* 2006;32:541-4.
101. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning* 1988;10:128-38.
102. James BL, Brown CE, Legan JJ, Moore BK, Vail MM. An in vitro evaluation of the contents of root canals obturated with gutta percha and AH-26 sealer or Resilon and Epiphany sealer. *J Endod* 2007;33:1359-63.
103. Verissimo DM, do Vale MS, Monteiro AJ. Comparison of apical leakage between canals filled with gutta-percha/AH-Plus and the Resilon/Epiphany System, when submitted to two filling techniques. *J Endod* 2007;33:291-4.
104. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod* 2005;31:514-9.
105. Guelfand CS, Rodríguez Benítez MS. Uso clínico del Resilon: un nuevo material adhesivo para la obturación de los conductos radiculares. *Ciencia* 2006; 167.
106. Morante PRT. ¿Es el Resilon el nuevo material de obturación endodóntica? . *Ciencia* 2006;166.
107. Hassanloo A, Watson P, Finer Y, Friedman S. Retreatment efficacy of the Epiphany soft resin obturation system. *Int Endod J* 2007;40:633-43.

108. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2004;30:342-7.
109. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc* 2004;135:646-52.
110. Von Fraunhofer JA, Kurtzman GM, Norby CE. Resin-based sealing of root canals in endodontic therapy. *General Dentistry* 2006:243-6.
111. Wedding JR, Brown CE, Legan JJ, Moore BK, Vail MM. An in vitro comparison of microleakage between Resilon and gutta-percha with a fluid filtration model. *J Endod* 2007;33:1447-9.
112. Perdigao J, Lopes MM, Gomes G. Interfacial adaptation of adhesive materials to root canal dentin. *J Endod* 2007;33:259-63.
113. Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Tay FR, Pashley DH. Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *J Endod* 2007;33:944-7.
114. Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J* 2008;41:219-26.
115. Tay FR, Pashley DH, Williams MC, Raina R, Loushine RJ, Weller RN, et al. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod* 2005;31:593-8.
116. Hiraishi N, Yau JY, Loushine RJ, Armstrong SR, Weller RN, King NM, et al. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal-filling material to degradation. III. Turbidimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2007;33:952-6.
117. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. *J Endod* 2008;34:90-3.
118. Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, Weller RN, Ferrari M, Pashley DH, et al. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J* 2005;38:753-63.
119. Lin ZM, Jhugroo A, Ling JQ. An evaluation of the sealing ability of a polycaprolactone-based root canal filling material (Resilon) after retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:846-51.
120. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Yau JY, Yiu-fai M, Loushine RJ, et al. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. II. Gravimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2005;31:737-41.
121. Gulsahi K, Cehreli ZC, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M. Comparison of the area of resin-based sealer and voids in roots obturated with Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2007;33:1338-41.
122. Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J* 2008;19:46-50.

123. De-Deus G, Brandao MC, Fidel RA, Fidel SR. The sealing ability of GuttaFlow in oval-shaped canals: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J* 2007;40:794-9.
124. Bouillaguet S, Wataha JC, Tay FR, Brackett MG, Lockwood PE. Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers. *J Endod* 2006;32:989-92.
125. Donnelly A, Sword J, Nishitani Y, Yoshiyama M, Agee K, Tay FR, et al. Water sorption and solubility of methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod* 2007;33:990-4.
126. Kontakiotis EG, Tzanetakis GN, Loizides AL. A comparative study of contact angles of four different root canal sealers. *J Endod* 2007;33:299-302.
127. Elayouti A, Achleithner C, Lost C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *J Endod* 2005;31:687-90.
128. Kontakiotis EG, Tzanetakis GN, Loizides AL. A 12-month longitudinal in vitro leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:854-9.
129. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. *J Endod* 2003;29:191-3.
130. Jeffrey IW, Saunders WP. An investigation into the bond strength between a root canal sealer and root-filling points. *Int Endod J* 1987;20:217-22.
131. Martinez AA. Estudio *in vitro* de factores que afectan la durabilidad de la adhesión a dentina [Universidad de Granada 2006].
132. Tay FR, Hiraishi N, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Gillespie WT, et al. Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *J Endod* 2006;32:133-7.
133. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, et al. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod* 2005;31:659-64.
134. Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis L, Parissis-Messimeris S, Boutsioukis A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endod Dent Traumatol* 1998;14:191-5.
135. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *J Endod* 2006;32:1125-34.
136. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003;36:810-30.
137. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2007;33:96-105.
138. Von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. *Int Endod J* 2000;33:355-60.
139. Clark-Holke D, et al. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *Journal of Dentistry* 2003;31:275-81.

140. Farhad A, AElahi T. The Effect of Smear Layer on Apical Seal os Endodontically Treated Teeth. *Journal of Research in Medical Sciences* 2004;3:130-33.
141. Kokkas AB, Boutsoukias A, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod* 2004;30:100-2.
142. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *J Endod* 2005;31:107-10.
143. Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am* 1990;34:13-25.
144. Carlik J, Nunes MRL, Antoniazzi JH, Aun CE. Assesment of apical sealing in the root canal treated with acid irrigants *Endod. Clin. Pract. Educ. Res.* 1999;1.
145. Gomes de Moraes I, Bassili LO, Zanetti R. Apical leakage in root canal fillings performed with two types of cement following application of Nd: YAG Laser or EDTA solution in the root canal walls. *J Appl Oral Sci* 2003;11.
146. Love RM. Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. *Endodontics Topics* 2004;9:52-65.
147. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Akdogan G. Resistance to fracture of roots filled with three different techniques. *Int Endod J* 2007;40:31-5.
148. Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. *Braz Oral Res* 2008;22:211-5.
149. Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J* 2001;34:346-53.
150. Fares NH, Coutinho KQ, Couto MG, Couto-Júnior M, Nagem-Filho H. Tensões de Contração das Resinas Compostas Geradas durante a Polimerização. *Rev Port de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial* 2004;45:177-84.
151. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *J Dent* 1999;27:43-6.
152. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstavik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *Int Endod J* 2002;35:859-66.
153. Ateyah NZ, Elhejazi AA. Shear bond strengths and microleakage of four types of dentin adhesive materials. *J Contemp Dent Pract* 2004;5:63-73.
154. Heintze SD. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *J Adhes Dent* 2007;9 Suppl 1:77-106.
155. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Orstavik D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *J Endod* 2003;29:595-601.
156. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod* 2007;33:856-8.

## **VERSÃO EM PORTUGUÊS**







Universidad de Granada  
Departamento de Estomatología



## TESIS DOCTORAL

ADAPTACIÓN A LAS PAREDES DE LOS CONDUCTOS  
RADICULARES DE TRES SISTEMAS ENDODÓNCICOS DE  
OBTURACIÓN

**ADAPTAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS ENDODÔNTICOS DE  
OBTURAÇÃO ÀS PAREDES DOS CANAIS RADICULARES**

***Márcia Cristina Teixeira da Costa***

### **Dirección:**

Prof. Dra. D<sup>a</sup>. Rosa Pulgar Encinas (Universidad de Granada-España)

Prof. Dr. D. Leopoldo Forner Navarro (Universitat de València-España)

Programa de Doctorado

Granada 2009

## INTRODUÇÃO

### 1- Etiologia das lesões pulpares e periapicais

Qualquer lesão pulpar desencadeia em si uma resposta inflamatória. Os factores irritantes podem ser de natureza física, térmica, química ou biológica, no entanto, actualmente, os microorganismos são considerados os agentes etiológicos principais nas patologias pulpares e periapicais, tendo particular relevância tanto na indução como na manutenção do processo inflamatório <sup>1-9</sup>.

Quando o complexo dentino-pulpar é afectado, os tecidos reagem contra potenciais microorganismos invasores através de uma reacção imunológica. Se este processo não for erradicado através de processos naturais ou procedimentos operatórios, os microorganismos invadem o complexo dentino-pulpar vencendo as suas defesas naturais, causando patologia <sup>1</sup>.

A exposição pulpar, os túbulos dentinários, o periodonto e a anacorese hematogénica constituem vias de acesso microbiano ao complexo dentino-pulpar <sup>1, 10</sup>. A cavidade pulpar ao ser atingida é contaminada inicialmente por microorganismos aeróbios facultativos. No entanto, as bactérias associadas às cáries dentárias diferem das encontradas nas patologias endodônticas, uma vez que os organismos isolados nestas infecções são, na sua grande parte anaeróbios, independentemente do quadro clínico dos dentes afectados.

As infecções anaeróbias instalam-se após o comprometimento do suprimento sanguíneo local, ou após uma infecção antecedente provocada por bactérias aeróbias, as quais produziram um meio com baixo potencial de oxigénio. Entre os anaeróbios, os principais agentes infectantes nas necroses e periodontites apicais são os Gram-negativos e suas endotoxinas <sup>4, 11-13</sup>. Assim, as infecções endodônticas são polimicrobianas. Os microorganismos facultativos interactivam com os anaeróbios estritos, produzindo alterações do meio nutricional <sup>14</sup>.

Um dos factores decisivos para que um tratamento endodôntico falhe é a persistência de microorganismos dentro do sistema canalicular. As falhas de obturação produzem canais com

espaços vazios, que funcionam como verdadeiros tubos de ensaio, colectando líquidos tecidulares e exsudados inflamatórios provenientes da região periapical. A sua decomposição gera produtos irritantes para os tecidos envolventes, propiciando um excelente meio de cultura microbiana. Desta forma gera-se um verdadeiro círculo vicioso de inflamação, com o crescimento e multiplicação dos microorganismos residuais <sup>6, 15-18</sup>.

O primeiro relato na literatura referente ao papel de microorganismos nas doenças pulpares e periapicais é de Willoughby Dayton Miller, em 1894, considerado o pai da Microbiologia Oral. Ele demonstrou, por meio de material colectado de canais radiculares infectados, a presença e associação entre bactérias e essas patologias <sup>1, 19</sup>.

As espécies bacterianas mais frequentemente isoladas nas infecções endodônticas primárias são do género *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Fusobacterium*, *Eubacterium*, *Actinomyces*, *Peptostreptococcus*, *Streptococcus* e *Lactobacillus* <sup>19</sup>. As reinfecções, quando submetidas a culturas microbiológicas, apresentam uma flora diferente daquela existente em dentes com necrose e lesão periapical não tratados. Nesses casos encontra-se uma flora muito restrita, normalmente alcalino-resistentes, em que predominam os microorganismos anaeróbios facultativos Gram-positivos, que vivem em baixas condições nutricionais, como por exemplo o *Enterococcus faecalis* <sup>12, 20</sup>.

Já em 1967, Grossman<sup>21</sup> alertou para a presença de alguns fungos como a *Cândida albicans* que, apesar de presente na microflora normal da cavidade oral, também está presente em muitas infecções endodônticas e patologias periapicais como organismo oportunista <sup>4, 5, 12, 20</sup>.

Outra particularidade que não deve ser esquecida é a capacidade que esses microorganismos possuem em formar biofilmes microbianos. A acção dos biofilmes em dentes portadores de necrose pulpar e patologia periapical surge muitas vezes em consequência de áreas anatómicas mal instrumentadas e ainda infectadas, em que se formam colónias microbianas organizadas, com estratégias de sobrevivência peculiares <sup>22</sup>.

## **2- O propósito da endodontia**

Schilder introduziu a importância do conceito de “limpeza e modelagem”<sup>23</sup> e definiu como objectivo principal da endodontia, a total obturação do sistema canalicular<sup>24</sup>.

O propósito do tratamento endodôntico assenta na prevenção e eliminação da infecção bacteriana, através da correcta instrumentação e desinfecção do sistema de canais<sup>1, 2, 6, 25-27</sup>. Todas as fases do tratamento têm a sua importância, pois qualquer descuido de uma delas pode induzir ao fracasso de toda a terapêutica.

A remoção de todo o conteúdo canalicular com uma preparação biomecânica que estabeleça uma forma final correcta do canal, é indispensável para que se consiga uma obturação eficaz. É preciso estarmos cientes que uma instrumentação inadequada levará a uma obturação inadequada<sup>8, 12</sup>.

O preparo biomecânico constitui então uma fase extremamente importante no tratamento endodôntico. Deve remover todos os restos pulpares, bacterianos e outros, através de uma correcta instrumentação e desinfecção dos canais, com a utilização de agentes irrigantes próprios e eficazes.

Por fim, a obturação deve selar completamente todo o sistema radicular, impedindo a reinfecção, quer pela microinfiltração apical e coronal, quer pela sobrevivência dos microorganismos que resistiram aos passos anteriores<sup>4, 28</sup>.

## **3- O propósito da obturação**

Segundo se sabe actualmente, a obturação do canal radicular remonta a antes de 1800, quando era realizada apenas utilizando ouro. Existem registos de que o primeiro material obturador radicular a base de gutta-percha, “obturador de Hill”, foi patenteado em 1848 por Hill. No entanto, Bowman (1867) reivindicou para si na “St. Louis Dental Society” a primeira utilização da gutta-percha na obturação de canais de um molar extraído. Desde então houve uma série de evoluções e alterações tanto nos materiais, como nas técnicas utilizadas<sup>12</sup>.

Em 1887, a empresa S.S. White Company iniciou o fabrico de cones de gutta-percha. Mais tarde tornou-se óbvio a necessidade da utilização de um material obturador adicional, como o cimento, para preencher os espaços deixado pela gutta-percha. Este deveria ser altamente anti-séptico, daí o desenvolvimento de muitos cimentos à base de fenol. Assim, uma grande variedade de pastas e cimentos foram desenvolvidas posteriormente<sup>12</sup>.

Actualmente, obturação endodôntica define-se como sendo um preenchimento tridimensional de todo o sistema de canais radiculares, o mais próximo possível da junção cimento-dentinária. Devem ser utilizadas quantidades mínimas de um cimento endodôntico biologicamente compatível em conjunto com o material obturador principal, de forma a estabelecer um selamento adequado<sup>12, 29</sup>.

As falhas de obturação são responsáveis por cerca de 60% dos fracassos endodônticos. A reinfecção do sistema canalicular está frequentemente associada às falhas de selamento, quer coronais quer apicais<sup>9, 15, 18, 30-33</sup>.

Já em 1928, Hatton demonstrou que, mesmo após o preparo biomecânico, permanecem restos de tecido pulpar dentro dos canais<sup>34</sup>. Um ano mais tarde, Buckley afirmava que, devido à impossibilidade de se esterilizar toda a massa canalicular de dentina, as extremidades internas dos canalículos deveriam ser hermeticamente seladas, de modo a prevenir a infecção dos tecidos periapicais, sendo objectivo da obturação, a manutenção da saúde do periápice<sup>35</sup>.

O preparo biomecânico constitui uma fase extremamente importante no tratamento endodôntico uma vez que, se a microflora pulpar e periapical for controlada, a probabilidade de resolução das patologias é elevada<sup>36</sup>. No entanto, a sua efectividade anti-séptica é de carácter parcial e temporária. Está provado que, apesar das modernas técnicas de instrumentação e a utilização de irrigantes muito mais efectivos, existem bactérias que sobrevivem nos túbulos dentinários e canais laterais<sup>4, 28, 37</sup>. Assim, se o canal radicular permanecer vazio durante muito tempo, apesar de limpo e selado coronalmente, ocorrerá proliferação dos microorganismos remanescentes. Consequentemente, é cada vez mais consensual, que a obturação hermética e tridimensional de todo o sistema canalicular é, indubitavelmente, fundamental<sup>6, 27, 30, 31, 38-42</sup>.

Uma obturação ideal deve respeitar os seguintes pressupostos 6, 24, 43 44-46:

- Isolar as bactérias sobreviventes ainda existentes no sistema canalicular.
- Impedir a penetração destas bactérias e suas toxinas para os tecidos periapicais.
- Impedir que os líquidos intersticiais, provenientes do foramen apical, canais laterais ou cavidade oral cheguem às bactérias residuais e levem os nutrientes necessários à sua proliferação.
- Funcionar como uma barreira contra novas reinfecções.

No entanto, e apesar de todos os avanços científicos actuais, os estudos científicos continuam a demonstrar que nenhum material de obturação conseguiu, até hoje, impedir totalmente a microinfiltração apical e coronal, tornando utópico o conceito de hermeticidade que tanto se preconiza na obturação endodôntica<sup>4, 9, 20, 26, 27, 29, 44</sup>.

### **3.1- Limite apical da obturação**

Em 1931, Rickert & Dixon afirmavam que o principal objectivo do tratamento endodôntico estava na obtenção de um selamento apical o mais perto possível do limite cimento-dentinário<sup>18</sup>.

Ainda hoje está implementado que a instrumentação e obturação tem como limite a referência anatómica do limite cimento-dentinário (CDC), também chamada de constrição apical<sup>18</sup>. É o ponto mais estreito do canal e, portanto, o local onde o suprimento sanguíneo é menor. Representa a transição entre os tecidos pulpaes e peridontais<sup>12, 16, 47</sup>.

No entanto, o limite CDC é uma referência histológica e não clínica, e nem sempre corresponde à maior constrição da raiz como antes se pensava, podendo variar desde o ápex radiográfico até 3 mm coronalmente, dependendo da anatomia radicular de cada dente. Defende-se actualmente que uma obturação endodôntica ideal deve estar entre 0,5 a 1 mm do ápex radiológico<sup>12</sup>.

### 3.2- Infiltração apical

Caracteriza-se como infiltração apical a passagem de fluidos tecidulares pelo ápex do dente, formando nichos de proliferação bacteriana, e conseqüentemente, fontes de irritação para os tecidos periapicais, perpetuando um estado de inflamação.

Oliver & Abbott<sup>18</sup> (2001) estudaram a infiltração em 116 dentes tratados endodonticamente com historial de sucessos e fracassos. Os resultados demonstraram que 99,5% sofreram infiltração apical. No entanto, dentes com sucesso clínico durante 12 anos e que só foram extraídos por razões periodontais, evidenciaram infiltração do corante em 86% do canal obturado. Outra curiosidade foi que, amostras classificadas como endodontias clinicamente deficientes, apenas infiltraram 8,5% no estudo. Estes resultados demonstram que o facto de haver infiltração apical nos estudos científicos, não assegura necessariamente que haveria penetração bacteriana em condições clínicas normais. Demonstram também que, uma endodontia radiográfica e clinicamente boa pode apresentar um selamento apical insuficiente, e que endodontias radiograficamente más podem ser clinicamente satisfatórias.

A dificuldade em se adquirir um selamento total na obturação endodôntica deve-se fundamentalmente à complexidade anatómica radicular e aos seus múltiplos forâmenes apicais<sup>48, 49</sup>.

### 3.3- Infiltração coronária

Marshall e Massler em 1961 introduziram o conceito e a importância da infiltração coronária no fracasso endodôntico<sup>6, 50</sup>.

A infiltração coronária permite a passagem de fluidos e microorganismos provenientes da cavidade oral para a interface entre o material de obturação e as paredes do canal radicular. A recontaminação pode ocorrer em casos de recidiva de cáries, infiltrações das restaurações temporárias, demora na realização da restauração definitiva ou fracturas de estruturas dentárias e material restaurador. Daí advém a importância de restaurarmos definitivamente o dente tratado endodonticamente o mais rápido possível<sup>3, 6, 13, 33, 37, 51-53</sup>.



#### 4- Materias de Obturação:

Grossman classificou os materiais obturadores em plásticos, sólidos, cimentos e pastas. Em 1940, considerou que um material obturador ideal deve respeitar os seguintes requisitos<sup>31</sup>:

- Ser de fácil introdução no canal radicular
- Selar o canal na sua totalidade (lateral e coronalmente)
- Não sofrer contracção
- Ser impermeável à humidade
- Ser bacteriostático
- Não provocar discromias
- Não deve ser irritante para os tecidos periapicais
- Ser de fácil remoção quando necessário
- Ser esterilizável ou de fácil desinfecção
- Ser radiopaco.

Actualmente, o conceito de um material obturador ideal começa a tomar novas proporções. Para além de todas as propriedades defendidas por Grossman, pretende-se hoje também que:

- O material obturador se adapte à forma do canal instrumentado, isto é, seja capaz de preencher possíveis irregularidades que permanecem nas paredes dos canais instrumentados, que favorecem o alojamento de bactérias residuais.
- Exista um controle do material obturador, de forma a evitar a extrusão do mesmo através dos tecidos periapicais. Apesar de serem idealmente biocompatíveis, os materiais utilizados podem desencadear uma reacção de corpo estranho.
- O material obturador favoreça a estimulação regenerativa de todo o periodonto, especialmente após tratamentos invasivos ou patologias apicais.

As técnicas e os materiais obturadores actuais, por si só, ainda não são capazes de atingir todos os objectivos pretendidos numa obturação ideal. Na endodontia corrente, as microinfiltrações quer sejam coronais quer sejam apicais, ainda são uma constante, especialmente na interface entre as paredes do canal e os materiais de obturação<sup>25, 39</sup>.

#### 4.1- Gutta-percha

A gutta-percha é usada como material de obturação endodôntica há cerca de 150 anos. É um polímero, fundamentalmente polisopreno, extraída de uma árvore tropical encontrada em vários locais como a Malásia, Filipinas e selva Amazónia. Quimicamente existe em duas formas cristalinas distintas (alfa e beta), que podem ser convertidas uma na outra. A forma “alfa” provém directamente da árvore, enquanto que a maior parte da gutta-percha encontra-se comercialmente na forma cristalina “beta”. Quando os isómeros de poliisopreno são aquecidos acima de 68°C, a forma “alfa” transforma-se em “beta”. Quando a forma “beta” é aquecida aos 46°C, esta transforma-se em “alfa”, regressando rapidamente à fase “beta” quando arrefece, provocando contracção. As propriedades físicas das duas formas são semelhantes, no entanto a forma “alfa” tem um ponto de fusão de 74°C e a “beta” de 64°C<sup>29, 31</sup>.

À temperatura ambiente, 60% da gutta-percha é cristalina, sendo o resto uma estrutura amorfa<sup>54</sup>. Quando aquecida, amolece, deforma-se e expande ligeiramente, podendo tornar-se líquida se for submetida a temperaturas superiores a 65°C. Essa alteração volumétrica é de grande importância para a endodontia, uma vez que depois de se expandir, irá sofrer contracção.

Como todos os polímeros, a gutta-percha apresenta alguma elasticidade, mas se exposta à luz durante muito tempo, oxida-se tornando-se dura, quebradiça e frágil. Apresenta propriedades de dissolução em solventes orgânicos como o clorofórmio, xilol e eucaliptol.

Já em 1890, Swain enumerou os seus benefícios como material obturador, permanecendo até hoje como o material sólido de eleição na obturação endodôntica<sup>54</sup>. Possui propriedades fundamentais que justificam o seu uso incondicional tais como a sua biocompatibilidade, inércia, estabilidade dimensional, plasticidade quando aquecida e ser de fácil remoção quando pretendemos um retratamento ou colocação de espigão intrarradicular. Podemos afirmar também que possui alguma acção antibacteriana que advém do óxido de zinco contido nos cones<sup>6, 12, 16, 31, 55</sup>.

A gutta-percha possui diferentes formas de apresentação, podendo ser moldada e utilizada em diferentes técnicas de obturação:

a) Apresentação em cones:

Os cones de gutta-percha têm na sua composição apenas cerca de 20% deste material, sendo 60% a 75% constituído por óxido de zinco. Também possui outras substâncias em menor percentagem como ceras, agentes corantes, antioxidantes, e sais metálicos<sup>12, 54</sup>.

a.1) Cones standartizados:

São os cones clássicos utilizados na técnica de condensação lateral. Estão classificados segundo as normas ISO e apresentam conicidade de .02 disponíveis no tamanho 10 até 140. Actualmente existem também no mercado cones de gutta-percha com conicidades diferentes (.04 e .06), que acompanham a evolução recente dos instrumentos rotatórios em Níquel-Titânio.

a.2) Cones não standartizados:

Utilizam-se normalmente nas técnicas de obturação termoplásticas, podendo também ser utilizados como acessórios nas de condensação lateral. Estão disponíveis nos seguintes tamanhos: extra-fino (XF), fino-fino (FF), médio-fino (MF), fino (F), fino-médio (FM), médio (M), médio-grande (ML), grande (L) e extra-grande (XL).

b) Apresentação em bastões ou cartuchos:

Utilizadas nas técnicas termoplásticas de diferentes formas.

c) Exemplos de outras apresentações de gutta-percha:

Cones de gutta-percha revestidos por resina: EndoRez

Núcleos revestidos por gutta-percha: Thermafil e Soft-Core

Gutta-percha em pó: GuttaFlow

Não podemos considerar a gutta-percha como o material ideal de obturação, no entanto, continua a ser o que mais preenche os requisitos propostos por Brownlee em 1900, e reiterados por Grossman

em 1940<sup>12, 25</sup>. Juntamente com um cimento obturador, continua a ser o material de eleição na endodontia actual.

#### 4.2- Cimentos Endodônticos

Os cimentos endodônticos têm um papel primordial na obturação. Além de biocompatíveis, devem selar as interfaces entre os materiais de obturação e as destes com a parede do canal, conseguindo uma obturação tridimensional de forma hermética e estável. Devem possuir a capacidade de penetrar nos canais acessórios não preenchidos pela gutta-percha, e como vários estudos têm demonstrado, o seu uso é obrigatório, seja qual for a técnica de obturação utilizada<sup>6, 12, 37, 56-58</sup>.

Aos requisitos básicos estipulados por Grossman para os materiais de obturação descritos anteriormente, podemos acrescentar que os cimentos endodônticos devem respeitar também os seguintes pressupostos:

- Ser insolúvel
- Ter estabilidade dimensional
- Apresentar boa adesão às paredes do canal radicular
- Apresentar tempo de trabalho e presa satisfatório
- Apresentar capacidade de união às fases orgânicas e inorgânicas da dentina<sup>59</sup>
- Não deve ser mutagénico nem carcinogénico.

Pretende-se que um cimento tenha a capacidade de se ligar às paredes do canal, promovendo assim uma ligação entre estas, os cones de gutta-percha e o próprio cimento<sup>60-62</sup>, diminuindo o espaço existente entre eles, os riscos de microinfiltração e o movimento dos fluidos dentro dos canais<sup>63</sup>. Deve unir-se às fases orgânicas e inorgânicas da dentina, neutralizando os microorganismos e seus subprodutos, induzindo uma resposta cimentária sobre o foramen apical<sup>7, 12, 40, 59, 64</sup>.

Sabemos que a infiltração marginal apical é uma constante nas obturações endodônticas, seja em maior ou menor grau. Está directamente relacionada com os materiais de obturação e suas propriedades, já que deles depende para que se consiga a tão desejada hermeticidade<sup>65</sup>.

#### **4.2.1- Propriedades dos cimentos**

##### **4.2.1.1- Radiopacidade**

Como já foi referido, a única avaliação clínica possível do tratamento endodôntico é a imagem obtida a nível radiográfico. Assim, a radiopacidade dos materiais obturadores é uma das propriedades físicas fundamentais na avaliação do preenchimento do sistema canal. No entanto, a radiopacidade dos cimentos endodônticos não deve superar a dos cones de gutta-percha, uma vez que a adição de componentes radiopacificadores pode mascarar falhas e espaços vazios. Por outro lado, um cimento pouco radiopaco pode ser julgado ausente em áreas onde existe em pequenas quantidades<sup>66</sup>.

##### **4.2.1.2- Biocompatibilidade**

Podemos definir biocompatibilidade como sendo a compatibilidade dos materiais nos tecidos e líquidos tecidulares em que são utilizados.

Os cimentos endodônticos estão normalmente em grande proximidade com os tecidos periapicais, tornando de extrema importância as propriedades biológicas desses materiais<sup>67, 68</sup>. Além de prevenir o aparecimento de patologias e induzir a reparação tecidular, devem ajudar e estimular a reorganização celular das estruturas envolventes<sup>69</sup>.

Todos os cimentos existentes possuem alguma citotoxicidade durante a fase inicial de presa, tornando-se lentamente menos tóxicos. O tempo de presa pode variar de alguns minutos a vários dias<sup>6</sup>. No entanto, se forem demasiado irritantes, os tecidos periapicais podem ser afectados causando uma situação inflamatória persistente e mesmo necrose tecidual, prejudicando todo o

tratamento endodôntico<sup>70</sup>. Devem, portanto, ser o mais biocompatível possível e a sua extrusão apical deve ser evitada<sup>6, 71</sup>.

Cohen & Burns<sup>12</sup> alertaram para a contraindicação que deve existir nos cimentos endodônticos que apresentam corticosteróides e paraformaldeído. O primeiro é apenas utilizado para camuflar desnecessariamente sintomas clínicos pós-operatórios, e o segundo tem acção necrótica sobre os tecidos.

Autores como Tronstad<sup>71</sup> e Bernath<sup>72</sup> referem que sob o ponto de vista biológico, estas substâncias são inaceitáveis como materiais obturadores. O formaldeído provoca efeitos neurotóxicos irreversíveis, é um agente alergénico potente, pode manter uma inflamação crónica e causar necrose tecidular, não havendo nenhuma justificação para a sua utilização em endodontia.

#### **4.2.1.3- Selamento**

As infiltrações podem ocorrer nas interfaces entre os materiais de obturação (cimento e gutta-percha) e entre estes e as paredes radiculares<sup>28</sup>. O objectivo primordial da obturação é selar todo o sistema canalicular, dentro do limite adequado e de maneira hermética, tanto a nível lateral como apical, empregando materiais e técnicas que favoreçam a reparação do periápice. No entanto, todos os estudos têm demonstrado que, até hoje, nenhum material de obturação possui todas as propriedades desejáveis para esse fim<sup>7, 14, 58, 64, 65, 73</sup>.

Facer et al.<sup>57</sup> (2001) utilizaram a técnica de condensação lateral e testaram a distribuição de três cimentos obturadores ao longo do canal radicular: o óxido de zinco eugenol, o AH 26 e o Sealapex. Nenhum dos cimentos estudados selou de forma uniforme e contínua os espaços entre os cones de gutta-percha e entre estes e as paredes do canal, especialmente na zona apical. Os resultados demonstraram que os cimentos se concentram mais entre os cones de gutta-percha, permitindo espaços vazios na interface entre eles e as paredes radiculares.

Assim, a infiltração marginal apical, em maior ou menor grau, é uma constante nas obturações endodônticas. Está directamente relacionada com todas as outras propriedades dos cimentos, uma vez que delas depende para que se consiga a tão desejada hermeticidade<sup>65</sup>.

#### 4.2.1.4- Propriedades adesivas

É sabido que a gutta-percha não sela o canal quando usada isoladamente, uma vez que não possui propriedades de adesão<sup>7, 25, 29, 74-76</sup>. Assim, os cimentos endodônticos representam um importante papel na endodontia, sendo empregues como coadjuvantes da obturação<sup>36, 59, 70, 77</sup>.

Com o intuito de padronizar os estudos e uniformizar os resultados, a ADA/ANSI (American Dental Association) estabeleceu em 1984 um documento sob o título de Especificação nº57, em que determina uma série de regulamentos a serem cumpridos quando pretendemos estudar as propriedades físicas dos cimentos e materiais obturadores, como o escoamento, espessura, tempo de presa, radiopacidade, solubilidade, desintegração e estabilidade dimensional. No entanto a questão da adesão não encontrou consenso, ficando por isso sem regulamentação<sup>12, 61, 63</sup>.

Pode afirmar-se que o cimento possui propriedades adesivas quando tem a capacidade de unir os cones de gutta-percha entre si, e estes às paredes do canal, preenchendo as irregularidades e promovendo o selamento<sup>12, 34, 59</sup>. Após a presa, é frequente criarem-se pequenos hiatos entre os cimentos e a gutta-percha, favorecendo a penetração bacteriana<sup>7, 78</sup>.

Os cimentos também devem ter capacidade de coesão para manter os materiais unidos, devem melhorar a adesão e a adaptação da gutta-percha às paredes do canal, ajudar no seu preenchimento tridimensional e penetrar nos túbulos dentinários, unindo-se intimamente à dentina. O aumento da superfície de contacto entre os materiais e as paredes do canal, torna o selamento mais eficaz<sup>12, 59, 64</sup>.

#### 4.2.1.5- Escoamento

Entende-se por escoamento, a capacidade que um material possui de penetrar em pequenos espaços. Quanto maior for o escoamento, maior será a sua capacidade de penetrar tanto entre os cones de gutta-percha, como nos túbulos dentinários, nos canais laterais e canais acessórios<sup>79-81</sup>.

Para que se consiga um bom selamento, o cimento deve preencher todos os espaços vazios existentes tanto no canal principal como nos laterais, sem aumentar o risco de extrusão apical. Quanto mais fluido for o cimento, maior será o contacto com os tecidos periapicais, o que torna, mais uma vez, a biocompatibilidade imprescindível<sup>81</sup>.

O tempo de presa de um cimento, influencia directamente a sua capacidade de escoamento<sup>81</sup>. Segundo Grossman<sup>82</sup>, a adição de resina aumenta a plasticidade do cimento obturador, favorecendo assim o seu escoamento.

De Deus et al.<sup>83</sup> (2006) compararam a contaminação bacteriana ocorrida em obturações em que utilizaram duas espessuras diferentes de quatro cimentos endodônticos (Pulp Canal Sealer, Sealapex, EndoRez e AH Plus). Constataram que uma maior viscosidade do cimento compromete o escoamento, influenciando negativamente a sua capacidade de selamento. A única excepção foi o AH Plus que, além de ter apresentado sempre o melhor resultado, não apresentou diferenças significativas nas duas espessuras, o que pode dever-se às características inerentes a uma melhor estabilidade dimensional.

#### 4.2.1.6- Solubilidade

Entende-se por solubilidade a capacidade de uma substância em se dissolver noutra<sup>79</sup>. É de máxima importância que o cimento obturador possua baixa solubilidade. A sua degradação produz hiatos e vacúolos na interface entre o cimento e a dentina e entre o cimento e a gutta-percha, comprometendo o selamento. Estes espaços são fontes propícias de fluxo, desenvolvimento e colonização de bactérias residuais ou provenientes dos tecidos periapicais.<sup>43, 70, 79</sup>



Alguns estudos afirmam que os cimentos de resina epóxica apresentam menor solubilidade ao longo do tempo, quando comparado com os outros cimentos existentes<sup>43, 79, 81</sup>.

#### **4.2.1.7- Estabilidade Dimensional**

A estabilidade dimensional de um cimento é de grande importância na prevenção do fluxo das bactérias para os tecidos periapicais, uma vez que a sua instabilidade proporciona espaços na interface entre o cimento e a dentina e entre o cimento e a gutta-percha.

Orstavik et al.<sup>84</sup> (2001) demonstraram que as alterações dimensionais dos cimentos dão-se essencialmente nas primeiras quatro semanas. Os seus resultados demonstraram uma contracção entre 0,3% e 1% nos cimentos de óxido zinco eugenol, ao contrário dos cimentos de resina que sofreram uma expansão: o AH26 sofreu uma expansão inicial elevada entre 4% e 5%, e o AH Plus de 0,4%. Os cimentos de hidróxido de cálcio não sofreram alteração dimensional significativa. Também Versiane<sup>80</sup> (2006) constatou uma expansão de 1,3% no AH Plus e de 8,1% no Epiphany.

Idealmente um cimento não deveria sofrer expansão, que aumenta o risco de fractura, nem contracção, para não comprometer o selamento.

#### **4.2.1.8- Tempo de Presa**

O tempo de presa de um cimento é o tempo necessário para que este adquira as suas propriedades definitivas. Está directamente relacionado com o aumento ou diminuição da microinfiltração inicial num canal tratado endodonticamente. O ideal é que possibilite um tempo de trabalho necessário para uma correcta obturação, mas suficientemente curto para evitar infiltrações posteriores<sup>80</sup>.

O tempo de presa de um cimento depende basicamente dos seus constituintes, do tamanho das suas partículas, da temperatura ambiente e da humidade relativa local<sup>80, 81</sup>.

Allan et al.<sup>85</sup> (2001), realizaram um estudo comparativo entre o cimento de Roth's, o AH 26, o Sealapex e o Tubli-Seal pela técnica de condensação lateral, em que o primeiro ao fim de 8 semanas ainda não tinha atingido presa total, e os restantes só o conseguiram passado 4 semanas. Este estudo demonstra a importância do tempo de presa dos cimentos endodônticos na infiltração apical, uma vez que disso depende a sua susceptibilidade à degradação quando expostos aos fluidos periapicais.

Todas estas características deveriam ser tidas em conta na escolha de um cimento endodôntico, mas, assim como acontece com o material sólido, ainda não existe nenhum cimento obturador na actualidade que cumpra todos os requisitos anteriormente mencionados. No entanto, a capacidade de selamento e a biocompatibilidade são pressupostos essenciais e obrigatórios num cimento endodôntico<sup>86</sup>.

#### **4.2.2- Classificação dos cimentos endodônticos**

Os cimentos têm vindo a sofrer uma grande evolução ao longo dos tempos, sendo classificados segundo o seu componente químico principal<sup>7, 12, 14, 87</sup>:

##### **4.2.2.1- Cimentos de óxido zinco eugenol**

Cimento de Rickert

O cimento original de óxido de zinco-eugenol desenvolvido por Rickert em 1927, foi durante anos o cimento padrão da endodontia. Respeitava a maioria dos requisitos defendidos por Grossman, com excepção da prata que era adicionada para dar radiopacidade ao material que, como se sabe, causa discromias dentárias<sup>31</sup>.

Cimento de Grossman

Em 1936, Grossman inicia o seu estudo das substâncias a serem utilizadas como cimentos obturadores do canal radicular. Inicialmente, preconizou a utilização de um cimento à base de óxido

de zinco e eugenol que contém prata. Formulou os requisitos que um material obturador do canal radicular deve possuir e apontou as vantagens da utilização do núcleo sólido associado a um cimento obturador adequado.

Em 1958, sensível ao problema apresentado pela oxidação da prata e pigmentação dentária, o pesquisador preconizou o uso de um outro cimento obturador, retirando a prata<sup>88</sup>.

Em 1974, após sucessivas alterações, Grossman publicou a fórmula do cimento que ainda hoje possui o seu nome. Continua a ser utilizada, apresentando os seguintes constituintes (tab.1).

Actualmente os cimentos de óxido zinco eugenol continuam a ser os cimentos endodônticos mais utilizados em todo o mundo<sup>71, 76</sup>. O cimento original tem sofrido algumas variações na sua composição ao longo do tempo. Como o próprio nome indica, os constituintes activos principais continuam a ser óxido de zinco e o eugenol, podendo ser utilizados tanto nas suas formas originais como associados a substâncias que potenciam as suas propriedades físico-químicas e biológicas.

Alguns fabricantes continuam a acrescentar partículas de prata de forma a aumentar a radiopacidade, no entanto o seu uso está contra-indicado como se sabe. Também foram adicionadas resinas naturais que conferem uma textura mais suave, maior plasticidade, maior estabilidade dimensional ao longo do tempo e maior selamento. O hidróxido de cálcio também foi acrescentado com o intuito de favorecer a regeneração apical. Algumas fórmulas também apresentam paraformaldeído e corticosteróides nas suas constituições, mas estão contra-indicados actualmente, como já foi referido.

#### **4.2.2.2- Cimentos de hidróxido de cálcio**

Os cimentos a base de hidróxido de cálcio apresentam as seguintes características<sup>6</sup>:

- Biocompatibilidade
- Induzem a formação de tecido mineralizado
- Efeito antibacteriano, pelo aumento do pH

- Fácil remoção quando necessário retratamento
- Radiopacidade moderada
- Alta solubilidade ao longo do tempo
- Efeito terapêutico do hidróxido de cálcio, estimulando a reparação do periápice
- Não apresenta adesão à dentina
- Não apresenta coesão entre a gutta-percha
- Baixa estabilidade dimensional

O hidróxido de cálcio tem propriedades perfeitamente conhecidas, que conferem a estes cimentos alta biocompatibilidade<sup>72</sup>. A sua capacidade da formação de osteocimento em dentes imaturos e a reparação óssea e tecidual em geral, são características importantes<sup>6, 86</sup>.

Está descrito que um pH ácido favorece a reabsorção óssea e a desmineralização tecidual, sendo o seu aumento benéfico para a reparação óssea periapical<sup>86</sup>. No entanto, para que seja eficaz, o hidróxido de cálcio tem que dissociar-se em iões cálcio e iões hidroxilo. Alguns estudos têm demonstrado que ao longo do tempo e em contacto com os tecidos periapicais, a decomposição destes cimentos tornam-os bastante solúveis, o que favorece a infiltração apical<sup>6, 36, 56, 71, 81, 89</sup>.

O Sealapex é um exemplo de cimento de hidróxido de cálcio, que surgiu no mercado no início da década de 80<sup>28</sup>.

#### **4.2.2.3- Cimentos de ionómero de vidro**

Inicialmente, o ionómero de vidro era apenas utilizado como material restaurador. No entanto, porque possui propriedades adesivas, este material começou a suscitar interesse a nível endodôntico<sup>14, 73</sup>.

O Ketac-Endo surgiu no início da década de 90 e foi o primeiro cimento endodôntico à base de ionómero de vidro disponível comercialmente<sup>6, 90</sup>. Apresenta maior radiopacidade e maior escoamento que os ionómeros usados em dentisteria, com tempo de trabalho limitado. Os cimentos de ionómero de vidro apresentam propriedades adesivas à dentina<sup>91</sup>, mas alta solubilidade antes de

atingir a presa<sup>6, 81</sup>, o que favorece a infiltração. É biocompatível, diminui a solubilidade com o passar do tempo, e possui a vantagem de libertar flúor<sup>68, 90</sup>. São difíceis de remover em casos de retratamento.

#### 4.2.2.4- Cimentos de resinas

Os cimentos à base de resinas epóxicas possuem boas propriedades mecânicas, de selamento e tempo de trabalho satisfatório. Quando recém misturados são relativamente espessos e adesivos, mas de fácil manipulação, com uma acção antibacteriana activa, que diminui ao longo do tempo. Vários estudos têm demonstrado características importantes destes cimentos: boa capacidade de adesão às paredes dentinárias e à gutta-percha<sup>89</sup>, radiopacidade, baixa solubilidade, alguma expansão<sup>80</sup> e bom selamento e escoamento<sup>65, 80, 87</sup>.

Os cimentos AH26 e AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) são dois exemplos de cimentos à base de resina epóxica.

O AH26 foi inicialmente introduzido nos Estados Unidos em 1957 pelo Professor A. Schroeder<sup>38</sup>, estando actualmente disponível em duas versões: com e sem prata (tab.2).

Apresenta elevada citotoxicidade durante e após a toma de presa, pela sua libertação de formaldeído<sup>12, 67, 72, 92</sup>, o que lhe confere propriedades mutagénicas e carcinogénicas que devem ser consideradas. No entanto, a sua biocompatibilidade é controversa, já que alguns estudos documentam que a sua toxicidade diminui consideravelmente ao longo do tempo<sup>92</sup>.

Embora ainda comercializado, o cimento AH26 foi progressivamente substituído pelo AH Plus, que apresenta melhores propriedades físicas e clínicas, não liberta formaldeído considerável e possui óxido de bismuto a substituir o pó de prata, evitando as discromias dentárias<sup>67</sup> (tab.3).

Vários estudos têm concluído que ambos apresentam citotoxicidade<sup>67</sup>, sendo o AH Plus normalmente menos tóxico do que o AH26, e que após a presa este cimento é bem tolerado pelos tecidos<sup>69</sup>. O

tempo de presa do AH26 dura cerca de 1-2 dias quando em temperatura ambiente, enquanto o do AH Plus ronda as 8 horas<sup>6, 80</sup>.

O cimento AH Plus tem demonstrado boas propriedades físico-químicas e bons resultados nos estudos de selamento apical. Apresenta características importantes como a radiopacidade, baixa contracção e solubilidade, uma estabilidade dimensional aceitável, bom selamento e escoamento e boa capacidade de adesão às paredes dentinárias e à gutta-percha,<sup>60, 63, 65, 80, 87, 93, 94</sup>.

Azar et al.<sup>92</sup> (2000) estudaram a citotoxicidade do AH Plus comparativamente com o AH26 e o óxido de zinco eugenol. Constataram que o AH Plus já não apresentava efeitos adversos após 4 horas da mistura do cimento, enquanto o AH26 apresentou toxicidade durante 1 semana e o cimento de óxido de zinco, embora com toxicidade moderada, começou logo a apresentar efeitos tóxicos 1 hora após ter sido preparado, permanecendo durante 5 semanas.

Versiane et al.<sup>80</sup> (2006) estudaram algumas propriedades físico-químicas do cimento AH Plus, e constataram um tempo de presa de 8 horas, solubilidade de 0,21% e uma expansão pós presa de 1,3%.

Como já foi dito, as resinas epóxicas possuem boas propriedades mecânicas e adesivas<sup>6, 89</sup>, possui alguma capacidade de penetração nos túbulos dentinários, o que favorece a adesão, e têm a vantagem de possuir baixa solubilidade.

Algumas desvantagens apontadas ao uso exclusivo de resinas como material obturador, eram a impossibilidade de retratamento endodôntico e a dificuldade de futuros preparos para colocação de espigões radiculares<sup>6, 71, 95</sup>. Com o intuito de resolver estes problemas, foram desenvolvidas técnicas, como a utilização de gutta-percha associada a cimentos de resina epóxica e agentes adesivos, em vez de os utilizar isoladamente. Pretende-se com a combinação destes materiais uma forte “união” entre si que impeça a microinfiltração e mantenha o material sólido, de forma a facilitar um possível retratamento ou preparo para espigões radiculares<sup>53, 74, 96, 97</sup>.

De Almeida et al.<sup>14</sup> (2000) instrumentaram e obturaram pela técnica de condensação lateral 99 incisivos, tendo também constatado que o AH Plus foi o cimento com menor infiltração apical,

quando comparado com o Ketac-Endo e o Fill Canal, não havendo diferenças importantes entre estes.

Também Miletic<sup>98</sup> (2002) comparou a capacidade de selamento de cinco cimentos endodônticos e demonstrou que, após um ano, o cimento AH Plus e o Ketac-Endo mostraram melhor selamento quando comparado com o AH 26, o Diaket e o Apexit, tendo sido este o que mais infiltrou.

Çobankara et al.<sup>73</sup> (2002) avaliaram a microinfiltração apical do AH Plus, do Ketac-Endo, do RoekoSeal e do Sultan ao longo de 7, 14 e 21 dias, quando obturados pela técnica de condensação lateral. Todos os cimentos apresentaram infiltração, que diminuiu ao longo do tempo, sendo menor ao 21º dia do que ao 7º dia. O cimento de óxido de zinco eugenol (Sultan) mostrou a maior infiltração apical em todos os períodos de tempo estudados, de forma estatisticamente significativa<sup>73</sup>. O RoekoSeal foi o cimento que mais infiltrou ao fim de 7 dias, invertendo o resultado ao fim dos 21 dias.

Venturi et al.<sup>99</sup> (2003) utilizou a técnica de obturação termoplástica seguida de compactação termo-mecânica com a utilização de dois cimentos endodônticos (AH Plus e Pulp Canal Sealer) e demonstrou as diferenças de penetração dos materiais de obturação ao longo dos canais. O grupo do AH Plus foi o que demonstrou maior difusão e penetração nos espaços vazios. No entanto, também importa salientar que, enquanto em ambos os grupos os canais laterais do terço coronal foram preenchidos de forma significativa por gutta-percha e cimento, os canais laterais do terço apical apenas foram preenchidos por cimento. Estes resultados comprovam a importância das propriedades de escoamento e selamento dos cimentos endodônticos<sup>48</sup>.

Kooper et al.<sup>33</sup> (2003) constataram que, mesmo após 45 dias de exposição com a cavidade oral, o AH Plus apresentou menor grau de infiltração quando comparado com o Sealer 26 e o cimento de óxido de zinco eugenol, embora todos os cimentos tenham apresentado falhas de selamento.

#### **4.2.2.5- Cimentos de silicone**

Os cimentos de silicone foram introduzidos na endodontia em 1984 com o RoekoSeal Automix® (Roeko Dental Products, Langenau, Germany), e com o GuttaFlow® (Coltene/Whaledent, Suíza)

posteriormente. Segundo alguns autores, estes cimentos apresentam biocompatibilidade, selamento satisfatório, baixa solubilidade e alguma expansão inicial<sup>84, 98</sup>.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A obturação endodôntica além de impedir a proliferação e a microinfiltração do exsudado periapical para o interior dos canais, impede a reinfecção e cria um ambiente biologicamente favorável para a cicatrização de todos os tecidos de suporte<sup>6, 26, 27, 65</sup>. Assim, um selamento radicular adequado é um dos factores fundamentais para o sucesso endodôntico.

O selamento apical constitui um pressuposto importante na reabilitação dos tecidos periapicais. Grande parte dos canais laterais está localizada no terço apical da raiz<sup>48</sup>. Uma vez que estas variantes anatómicas favorecem o fluxo das bactérias e suas toxinas entre o espaço canalicular e os tecidos circundantes do periápice, o estudo da infiltração apical tem-se intensificado ao longo dos anos<sup>16, 48</sup>.

As diferentes técnicas de obturação, as propriedades físicas e químicas dos cimentos utilizados e a presença ou não do smear layer nas paredes radiculares, são variantes que parecem influenciar a microinfiltração apical<sup>37, 65</sup>.

### **1- Técnicas de Obturação:**

#### **1.1- Técnica de Condensação Lateral**

Segundo se pensa, a técnica de condensação lateral foi proposta por Callahan em 1914<sup>71</sup>. Oferece um selamento apical satisfatório, assim como um controle apical mais eficaz, quando comparada às técnicas termoplásticas, em que o extravasamento é mais frequente<sup>15, 16, 41</sup>.



Para a execução desta técnica selecciona-se um cone de gutta-percha compatível com o último instrumento utilizado na instrumentação, que deverá atingir a totalidade do comprimento de trabalho utilizado. O cone principal deve apresentar travamento apical, de forma a não ultrapassar esse limite e alguma resistência à tracção coronária. Apesar de calibrados pela norma ISO, por vezes existe alguma variação nos diâmetros apicais dos cones de gutta-percha, podendo haver alguma discrepância entre estes e o diâmetro da lima de mesmo calibre.

O cone principal é coberto com o cimento obturador e introduzido no canal. Com a ajuda de um condensador lateral de gutta-percha previamente seleccionado, que quando introduzido deve atingir cerca de 2 mm do comprimento de trabalho em causa, o cone principal será compactado lateral e verticalmente, de forma a permitir a colocação de cones de gutta secundários. Os cones secundários, também chamados de acessórios, devem preencher juntamente com o cimento a totalidade dos espaços existentes no canal. Após o total preenchimento do canal, cortam-se os cones de gutta-percha à entrada dos canais com um instrumento aquecido.

É seguramente a técnica de obturação mais utilizada a nível mundial, graças à sua simplicidade, baixo custo, boa compactação a nível apical e satisfatória qualidade final<sup>30, 41, 55, 100</sup>, no entanto, estas características têm sido contestadas por alguns autores com o evoluir das técnicas e dos materiais<sup>26</sup>.

Por ser uma técnica de fácil execução e universalmente conhecida, a condensação lateral é usada frequentemente nos grupos de controlo em estudos comparativos de materiais e técnicas de obturação<sup>100, 101</sup>.

## **1.2- Técnicas Termoplásticas**

### **1.2.1- Técnicas de Condensação Vertical:**

#### **1.2.1.1- Técnica de Schilder**

Também denominada como técnica de gutta-percha aquecida ou técnica de condensação vertical clássica, esta técnica foi introduzida por Schilder nos anos 60<sup>100</sup>. Permite uma maior fluidez do material obturador para dentro dos canais laterais e nas suas irregularidades, especialmente em

canais com grandes curvaturas e ramificações laterais, utilizando para esse efeito condensadores verticais de diferentes tamanhos e um transportador de calor.

Os condensadores devem ser seleccionados previamente de modo a que o mais fino fique a uma distância de 5 mm do comprimento de trabalho. O cimento endodôntico e o cone principal de gutta-percha não standartizada são introduzidos no canal radicular a uma distância média de 2 a 3 mm do ápex e cortada com um instrumento aquecido a nível cervical do canal. Sem tocar nas paredes do canal, a gutta-percha é aquecida por um transportador de calor e condensada verticalmente a frio com os condensadores de Schilder. Estes passos são repetidos consecutivamente até o canal radicular estar totalmente preenchido.

Esta técnica de obturação, além de complexa, apresentava algumas desvantagens quer pelos efeitos nocivos a nível do ligamento periodontal consequentes do aquecimento excessivo, quer pelo tempo de trabalho dispendido<sup>12, 55</sup>.

No entanto, a técnica aquecida contribuiu fortemente para o desenvolvimento da obturação ao longo dos anos. Actualmente tem-se desenvolvido variantes a esta técnica, que apresentam vantagens interessantes, como é o caso do System B e outros similares.

#### 1.2.1.2- System B

Proposta por Stephen Buchanan em 1996, o System B é uma técnica que veio ajudar a simplificar a técnica clássica de condensação vertical<sup>49, 100</sup>. É portanto uma variante da técnica de Schilder em que o calor é controlado por um dispositivo.

O sistema baseia-se numa transmissão contínua de calor, permitindo que a gutta-percha flua ao longo do sistema canalicular. Utiliza-se um instrumento condutor de calor, com condensadores de diferentes calibres com temperaturas que rondam cerca de 160-200°C, em que o aquecimento e a compactação são feitos em simultâneo. Por essa razão também é denominada "Técnica de condensação por ondas contínuas"<sup>12</sup>.

O condensador deve ser verificado antes da obturação e deve ser ajustado a uma distância entre 4 e 6 mm do comprimento de trabalho, para que a gutta-percha plastificada se adapte ao terço apical. Uma pequena quantidade de cimento é introduzida no canal, juntamente com o cone principal. A

parte cervical excedente do cone é cortado e introduzido o condensador aquecido. A gutta-percha é então amolecida e compactada, fluindo através do sistema canalicular. O dispositivo é então desligado e a gutta-percha condensada a frio, exercendo ligeira pressão apical. Activa-se novamente o dispositivo e retira-se do canal, condensando posteriormente e assim sucessivamente.

O terço médio e cervical do canal são obturados com cones acessórios de gutta-percha e condensados normalmente. A temperatura utilizada neste sistema oscila entre 100°C e 300°C, o que deve ser levado em conta na precaução da extrusão de material para o periápice.

#### 1.2.1.3- Beefill e Elements

Estes novos sistemas surgem por volta do ano de 2005. Apenas com uma única aparatologia, possuem um dispositivo que aplica os princípios básicos do System B, para a obturação do terço apical (downpack), e outro dispositivo acoplado no mesmo aparelho para a obturação do terço médio e coronal (back-fill). Neste dispositivo, a gutta-percha está presente em cartuchos descartáveis e, quando aquecida, é injectada nos canais e compactada a frio, repetindo estes passos até ao total preenchimento do canal.

#### 1.2.2- Técnicas Injectáveis:

##### 1.2.2.1- Obtura II

Nesta técnica, a gutta-percha é termoplastificada e injectada no canal endodôntico em alta temperatura (160-200°C). O Sistema Obtura utiliza uma pistola que aquece a gutta-percha e uma ponta transportadora de material com agulhas de diferentes calibres, previamente aquecida a 200°C.

Uma vez determinado o ajuste da ponta e o condensador, coloca-se o cimento, e de seguida, injecta-se lentamente a gutta-percha, evitando exercer pressão apical sobre a ponta aplicadora. Retira-se então a ponta e procede-se à condensação vertical, e assim sucessivamente até ao preenchimento total do canal.

##### 1.2.2.2- UltraFill

Idealizado em 1984 por Michanowicz e Czonstkowsky, este sistema tem semelhanças nos procedimentos e princípios do Obtura, mas difere por utilizar gutta-percha a baixa temperatura

(70°C-90°C). A gutta-percha é aquecida num forno próprio e colocada numa pistola para inserção nos canais radiculares.

#### 1.2.2.3- Microseal

O cone principal é introduzido com o cimento endodôntico no comprimento de trabalho. O cartucho de MicroFlow contendo gutta-percha de baixa fusão é colocado no forno por 15 segundos. Insere-se depois um condensador próprio dentro do cartucho de modo a este ficar envolvido por gutta-percha.

Após condensação lateral do cone principal, accionamos e inserimos o condensador envolvido por gutta-percha no canal, permanecendo 2 segundos na posição apical, sendo depois suavemente removido com pressão contra as paredes laterais do canal. Com um condensador manual deve ser feita a condensação vertical. Se necessário, o procedimento pode ser repetido.

### 1.3- Técnicas Termomecânicas:

#### 1.3.1- McSpadden

Em 1979<sup>12</sup>, 102, John T. McSpadden introduziu a técnica termomecânica ou termocompactada da gutta-percha, que visava a plastificação pelo calor e a condensação do material obturador, por intermédio de um instrumento semelhante a uma lima Hedström invertida. O cone principal é introduzido no canal juntamente com o cimento. De seguida, introduzimos o termocompactor que, com movimentos rotatórios no sentido horário, plastifica a gutta-percha no interior do canal, condensando lateral e verticalmente a gutta-percha amolecida. Esta técnica apresentava o inconveniente de extrair muito material para os tecidos periapicais e ter um alto risco de fractura do instrumento dentro dos canais radiculares.

#### 1.3.2- Thermafil

Ben Johnson idealizou recobrir um núcleo de plástico com gutta-percha plastificada de diferentes calibres, surgindo assim uma técnica de obturação com núcleo conductor. Antes da obturação, utiliza-se os verificadores que devem ajustar-se passivamente ao comprimento de trabalho, e que determinarão o calibre do cone Thermafil a ser utilizado. Após ser introduzidas pequenas quantidades de cimento endodôntico, o cone é aquecido no forno próprio e introduzido no canal. A haste de plástico deve ser cortada com uma broca esférica e a gutta-percha deve ser condensada a nível cervical. Se necessário cones acessórios podem ser introduzidos para completar a obturação e condensados lateralmente.

Raymundo et al<sup>41</sup> compararam o selamento de canais laterais em dentes obturados pela técnica de McSpadden, de Tagger, Thermafil e condensação lateral. A técnica do sistema Thermafil demonstrou resultados estatisticamente superiores relativamente às outras técnicas. A técnica de McSpadden teve resultados semelhantes à híbrida de Tagger.

#### **1.4- Técnica Híbrida de Tagger:**

Em 1984, Tagger<sup>103</sup> juntou a condensação lateral ao uso dos compactadores de Mc Spadden, desenvolvendo assim a chamada técnica híbrida de obturação. Esta técnica consiste na realização da condensação lateral apenas no terço apical, empregando de seguida os compactadores no terço médio e cervical dos canais radiculares. Uma maior rapidez de execução e um bom selamento apical evitando o extravasamentos apicais, foram vantagens significativas encontradas relativamente às técnicas termocompactadas.

Seja qual for a técnica de obturação utilizada, o núcleo sólido é utilizado juntamente com um cimento obturador, mas enquanto a primeira técnica descrita utiliza cones de gutta-percha, as restantes utilizam gutta-percha plastificada pelo calor, antes ou depois de inserida nos canais.

#### **2- Sistemas de Obturação:**

Apesar de todos os avanços científicos actuais, os estudos continuam a demonstrar que nenhum material de obturação conseguiu até hoje impedir totalmente a microinfiltração apical, tornando utópico o conceito de hermeticidade que tanto se preconiza na obturação endodôntica<sup>14, 28, 98</sup>.

Existem inúmeras técnicas e materiais de obturação na actualidade, que se têm desenvolvido no sentido de proporcionar esse selamento tão desejado. A gutta-percha, juntamente com os cimentos convencionais, continua a ser universalmente utilizada graças às suas propriedades físicas e químicas. As diversas técnicas de obturação conhecidas e a introdução de novos cimentos trouxeram alguns avanços na adaptação dos materiais às paredes radiculares. No entanto, como já foi dito, continua a haver espaços por selar entre eles.

Assim, como alternativa a estes materiais convencionais, surgem em 2004 dois novos sistemas de obturação completamente diferentes, o Resilon™ (Resilon Research LLC, Madison, CT, USA) e o GuttaFlow (Coltène/Whaledent, Langenau, Germany).

## 2.1- Sistema Resilon

O Resilon surge como um novo sistema de obturação que, utilizado em conjunto com um sistema adesivo, constitui um conceito totalmente diferente de obturação. É constituído essencialmente por uma resina sintética à base de policaprolactona, que lhe confere termoplasticidade<sup>104</sup>. É um material biocompatível, com propriedades importantes, como a não citotoxicidade e mutagenicidade<sup>25, 105, 106</sup> e apresenta manipulação idêntica à gutta-percha, permitindo também o retratamento com os mesmos solventes<sup>107</sup>.

Os materiais Resilon podem ser utilizados quer pela técnica de condensação lateral quer pela técnica termoplástica, uma vez que também existem bastões de resilon para o efeito<sup>49, 100</sup>. Possui cones standartizados similares aos cones de gutta-percha, diferindo apenas por serem ligeiramente mais radiopacos, levemente mais rígidos e de cor branca<sup>42, 100</sup>.

O conceito de “monoblock” do Resilon consiste num bloco sólido, contínuo e com propriedades adesivas entre todas as superfícies do sistema canalicular. Os fabricantes defendem que o núcleo de obturação e o cimento constituem um só bloco do mesmo material, que preenche tanto o canal radicular como os túbulos dentinários, diminuindo a dupla interface dentina-cimento e cimento-gutta-percha<sup>25, 34, 42, 65, 95, 108</sup>.

Sendo um material resinoso, o Resilon é totalmente compatível com o uso imediato de compósito na reconstrução definitiva dos dentes, assim como o preparo radicular para espigões intra-radulares. Ao efectuarmos a sua fotopolimerização, promovemos um imediato selamento coronário<sup>34</sup>, diminuindo o risco de infiltração. Os fabricantes afirmam que os 2 mm coronais devem ser fotopolimerizados por 40 segundos, e que o restante material leva cerca de 15 e 30 minutos para se autopolimerizar<sup>80</sup>.

O sistema adesivo do Resilon também pode ser utilizado com cones de gutta-percha convencionais 42, 91, 100.

Alguns autores têm sugerido que o seu uso na obturação endodôntica, também confere maior resistência à fractura longitudinal do que o uso de gutta-percha com outros cimentos resinosos<sup>109</sup>.

Versiane et al.<sup>80</sup> (2006) compararam as propriedades físico-químicas do cimento de resina epóxica AH Plus e do cimento Epiphany. Ambos respeitam as normas da ADA/ANSI (American Dental Association), no que diz respeito ao tempo de presa, ao escoamento e viscosidade. O mesmo não aconteceu com a alteração dimensional de ambos, uma vez que os dois apresentaram uma expansão superior à recomendada. O AH Plus apresentou maior tempo de presa, maior escoamento e menor viscosidade do que o Epiphany. Com diferenças estatisticamente significativas, o AH Plus demonstrou ter menor solubilidade e menor expansão.

Shipper et al.<sup>25</sup> (2005) obturaram dentes em cães com o Sistema Resilon e com gutta-percha e o cimento AH26 pela técnica de condensação lateral e vertical. Antes de selar a cavidade de acesso, inocularam placa bacteriana na câmara pulpar, para comparar a infiltração coronal. Após 14 semanas, os autores avaliaram o seu estado periapical. Os grupos obturados com Sistema Resilon apresentaram infiltração significativamente inferior do que os obturados com gutta-percha e cimento AH26, assim como uma incidência de periodontites apicais em menor percentagem. Não houve diferenças relevantes entre as diferentes técnicas utilizadas.

Von Fraunhofer et al.<sup>110</sup> (2006) demonstraram que a obturação com o Sistema Resilon, proporciona menor infiltração apical do que quando se utilizam as técnicas de gutta-percha convencionais.

Patel et al.<sup>7</sup> (2007) realizaram um estudo comparativo da penetração do Sistema Resilon e do Tubli-Seal nos túbulos dentinários. O smear layer foi removido em toda a amostra. Utilizando a técnica de condensação lateral, introduziram no cimento Tubliseal e no primer RealSeal do Sistema Resilon, pequenas quantidades de Rhodamina B (Sigma-Aldrich, St Louis State, MO, USA) e observaram os terços coronal, médio e apical da amostra através da microscopia confocal. Em todos os terços radiculares analisados o RealSeal apresentou uma penetração tubular significativamente maior.

Gharib et al.<sup>9</sup> (2007) estudaram a penetração tubular do Resilon e do cimento Epiphany no terço coronal, médio e apical de dez dentes monorradiculares, através da microscopia confocal a laser. Para obter fluorescência e melhorar a visualização, os autores também misturaram algumas partículas de Rhodamina 0,1% ao cimento Epiphany. Em toda a amostra foi removido o smear layer. Verificou-se uma área de fluorescência de 1 a 1.5µm na interface dentina-cimento no terço coronal, sendo significativamente maior do que quando comparada com os terços médio e apical. A penetração tubular do material obturador no terço apical também foi significativamente inferior relativamente aos terços médio e coronal.

Veríssimo et al.<sup>103</sup> (2007) compararam a infiltração apical de dentes obturados com o Sistema Resilon e com gutta-percha e o cimento AH Plus. Apesar de não ter encontrado diferenças estatisticamente significativas entre a técnica híbrida e a técnica de condensação lateral, o Resilon apresentou menor infiltração, que ficou praticamente confinada ao terço apical. Além disso, os dentes obturados pelo Sistema Resilon apresentaram uma considerável penetração tubular do material obturador, em especial no terço coronal.

Wedding et al.<sup>111</sup> (2007) demonstraram, através da infiltração de fluidos, uma diferença significativamente menor na microinfiltração do Sistema Resilon quando comparado com a obturação pela gutta-percha e o cimento AH 26, durante 90 dias.

O Resilon tem suscitado algum interesse na endodontia actual, por constituir um sistema de obturação completamente diferente dos já existentes. No entanto, os estudos evoluem no sentido de avaliarem a sua real capacidade de adesão e adaptação às paredes dentinárias. Embora muitos estudos demonstrem uma menor infiltração apical e coronária<sup>62, 103, 111</sup>, outros comprovam que não se verificam resultados significativos quando comparados com a utilização de outros materiais de obturação<sup>42, 91, 95, 102, 103, 112, 113</sup>.

Os hiatos ou “gaps” existentes entre a gutta-percha e o cimento obturador sempre foram uma fonte de infiltração bacteriana. Estudos recentes demonstram que o conceito de monobloco do Resilon também parece não ser tão real como inicialmente foi defendido. As irregularidades na anatomia radicular, a variabilidade de consistência do cimento, a alta solubilidade e variabilidade dimensional, o stress de contracção provocado pela polimerização, a dificuldade de uma aplicação correcta do sistema adesivo em toda a parede radicular e a incompleta evaporação do solvente do primer são possíveis causas apontadas às falhas de selamento do Resilon<sup>113, 114</sup>.



Ao contrário da gutta-percha que é relativamente estável, o Resilon é susceptível à degradação. Sendo um polímero à base de policaprolactona, um poliéster biodegradável pelos microorganismos, o Resilon sofre processos de degradação enzimática e hidrolítica ao longo do tempo. As lipases libertadas pelos microorganismos podem romper as ligações ésteres da policaprolactona, podendo servir de nutriente para as bactérias que sobreviveram ao tratamento endodôntico, facilitando a reinfecção<sup>7, 44, 103, 104, 115-117</sup>.

Devido à sua composição à base de metacrilato e policaprolactona, o Resilon contrai após a polimerização. Essa contracção provoca um stress intracanal, cuja força é superior à força de adesão do material à dentina, produzindo um rompimento de adesão e a formação de gaps<sup>75, 118</sup>.

Gesi et al.<sup>95</sup> (2005) investigaram a força de união da interface entre a dentina e os materiais obturadores, em dentes obturados com o Sistema Resilon e com gutta-percha e o cimento AH Plus pela técnica de ondas contínuas. O cimento AH Plus apresentou maior adesão às paredes radiculares do que o Sistema Resilon. Este apresentou falhas de adesão mais evidentes na interface entre o cimento e a dentina, enquanto que o AH Plus apresentou mais falhas na interface entre o cimento e a gutta-percha. Concluíram por fim que, o Sistema Resilon não apresentou melhor adesão entre os materiais de obturação e a paredes radiculares relativamente ao cimento AH Plus.

Hiraishi et al.<sup>118</sup> (2005) encontraram vacúolos entre os cones e o cimento no sistema Resilon, o que contradiz o conceito de monobloco defendido pelo sistema. O mesmo sucedeu com James et al. 102, em que a presença de vacúolos foi mais acentuada a 4 mm do ápex.

Nielsen et al.<sup>34</sup> (2006) encontraram bolhas de ar no Resilon, que parecem ter aumentado o tempo de presa deste cimento em até uma semana, facilitando a separação dos materiais e a formação de espaços entre os materiais de obturação e entre estes e as paredes dos canais.

Lin et al.<sup>119</sup> (2007) avaliaram a capacidade de selamento do Resilon através da técnica de infiltração de glucose, e evidenciou presença de infiltração em toda a amostra desde o primeiro dia de experiência, aumentando de forma progressiva e constante ao longo de 30 dias. Tay et al.<sup>115, 120</sup> (2005) comprovaram a susceptibilidade do Resilon à degradação por hidrólise alcalina e o efeito nefasto das bactérias e enzimas salivares nesse sentido.

Baumgartner et al.<sup>91</sup> (2007) não encontraram diferenças significativas entre o Sistema Resilon e a obturação com gutta-percha e o AH Plus ao avaliarem a infiltração do *Enterococcus faecalis*.

Shipper et al.<sup>108</sup> (2004) demonstraram através da penetração do *Streptococcus mutans* e *Enterococcus faecalis* uma infiltração significativamente maior da gutta-percha obturada com o sistema adesivo Epiphany comparativamente à obturação com cones resilon e o mesmo sistema adesivo.

Tay et al.<sup>104</sup> (2005) concluíram que não houve diferenças significativas na qualidade de selamento apical entre dentes obturados com cones e cimento de Resilon e com gutta-percha e cimento AH Plus, ambos pela técnica de gutta aquecida.

Onay et al.<sup>42</sup> (2006) dividiram uma amostra de 70 monorradiculares em quatro grupos distintos, consoante os materiais obturadores utilizados: cimento AH Plus com gutta-percha (grupo 1), cimento AH Plus com Resilon (grupo 2), Sistema Resilon (grupo 3) e sistema adesivo Epiphany com gutta-percha (grupo 4). Todos foram obturados pela técnica de condensação lateral. O grupo 3 apresentou maior infiltração do que a gutta-percha quando utilizada quer com o Epiphany quer com o AH Plus. A gutta-percha obturada com cimento Epiphany apresentou melhor selamento do que quando utilizada com AH Plus, apesar de não apresentar diferenças significativas. Neste estudo, o núcleo sólido gutta-percha apresentou melhores resultados de selamento do que Resilon, embora também sem diferenças significativas. Em termos gerais, os autores constataram que Sistema Resilon não demonstrou propriedades de selamento apical superior à gutta-percha com cimento AH Plus.

Epley et al.<sup>100</sup> (2006) avaliaram a presença de vacúolos nos canais, quando obturados pela técnica de condensação lateral e vertical, utilizando o Sistema Resilon e a gutta-percha com o cimento Roth. Os autores constataram significativamente mais vacúolos a 3 mm do ápex, nos grupos em que se utilizou a gutta-percha e o cimento Roth, quando obturados pela técnica de condensação lateral. Todos os outros grupos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Paqué e Sirtes<sup>44</sup> (2007) compararam a infiltração apical de 90 dentes obturados com gutta-percha e cimento AH Plus com o Sistema Resilon em duas técnicas distintas de obturação e obtiveram a

curto prazo selamento apical semelhante. No entanto, após 16 meses, a amostra obturada com Resilon apresentou uma infiltração apical estatisticamente superior.

Gulsahi et al.<sup>121</sup> (2007) não encontraram nenhuma diferença estatisticamente significativa nos 5mm analisados, ao comparar os vacúolos existentes nos canais obturados pelo Resilon/Epiphany e gutta-percha/Epiphany, quando utilizada a técnica de condensação lateral.

Alicia Karr et al.<sup>49</sup> (2007) também não encontraram diferenças estatisticamente significativas na penetração da gutta-percha e do Resilon em canais laterais simulados até 7 mm apicais, utilizando a técnica de condensação vertical.

Bouillaguet et al.<sup>114</sup> (2008) utilizaram a técnica de infiltração de fluidos para comparar a capacidade de selamento de quatro cimentos, o Pulp Canal Sealer, o AH Plus, o Epiphany e o GuttaFlow. Todos os cimentos infiltraram, sendo que os dois últimos obtiveram resultados significativamente menores de infiltração após 24 horas. Ao fim de 1 ano, não houve alterações significativas no selamento dos materiais estudados.

Nunes et al.<sup>122</sup> (2008) avaliaram a adesividade do cimento Epiphany e do AH Plus na dentina radicular, previamente tratada com hipoclorito de sódio e EDTA. O AH Plus apresentou resultados estatisticamente superiores ao Epiphany independentemente do tratamento realizado nas paredes dos canais.

## **2.2 GuttaFlow:**

O GuttaFlow® (Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) foi introduzido no mercado em 2004 e caracteriza-se por ser um sistema de obturação de gutta-percha fluida a frio, composto por uma matriz de polidimetilsiloxano. Curiosamente este material é utilizado na clínica há muitos anos como material de impressão em próteses, graças à sua alta estabilidade dimensional pós-presas<sup>123</sup>.

Os sistemas de obturação que envolvem calor têm como inconveniente o facto da gutta-percha aquecida sofrer contracção durante o processo de arrefecimento, o que pode provocar falhas de hermeticidade na obturação. Uma das vantagens apontadas a este sistema de obturação é o facto de utilizar gutta-percha a frio.

Este material possui boas propriedades de biocompatibilidade<sup>124</sup>, baixa solubilidade<sup>125</sup> e não contrai, dilatando-se ligeiramente após presa (0,2%)<sup>84, 114, 123</sup>, que ocorre após 10 minutos sensivelmente<sup>125</sup>. É um material de fácil retratamento, radiopaco e que não necessita obrigatoriamente de condensação, podendo ser utilizado com um cone principal ou não<sup>126</sup>. Os seus principais constituintes são a gutta-percha, o óxido de zinco, sulfato de bário e um cimento à base de silicone.

A baixa solubilidade do GuttaFlow é uma característica importante que deve ser referenciada. Donnelly et al.<sup>125</sup> (2007) compararam a solubilidade deste material com os cimentos à base de resina de metacrilato e constataram que o GuttaFlow apresenta uma solubilidade significativamente inferior. O Epiphany foi um dos cimentos estudados e atingiu 8% de solubilidade, enquanto o AH Plus obteve 0,16% e o GuttaFlow 0,13%. É sabido que a dissolução dos cimentos permite a formação de hiatos entre os materiais de obturação e as paredes radiculares, facilitando a microinfiltração.

O GuttaFlow é uma modificação do RoekoSeal Automix<sup>®</sup> (Roeko, Coltene/Whaledent, Langenau, Germany) que surgiu 20 anos antes<sup>126</sup>. Os seus materiais são muito similares ao GuttaFlow, excepto pelo facto de seus constituintes serem misturados por uma pistola similar às utilizadas nos materiais de impressão, e não por trituração<sup>123</sup>.

Elayouti et al.<sup>127</sup> (2005) avaliaram a adaptação do GuttaFlow às paredes do canal comparativamente ao cimento AH Plus obturado pela técnica de condensação lateral e vertical. O GuttaFlow apresentou um resultado significativamente maior no número de vacúolos presentes, embora em menor área. Em todos os grupos, o nível de menor adaptação do material obturador foi a 3 mm do apex.

De Deus et al.<sup>123</sup> (2007) constataram resultados estatisticamente melhores de selamento apical quando utilizaram materiais à base de silicone (RoekoSeal e GuttaFlow) comparativamente aos cimentos AH Plus e Pulp Canal Sealer.

Kontakiotis et al.<sup>128</sup> (2007) compararam, a curto e longo prazo, a técnica GuttaFlow, a condensação lateral com gutta-percha e o cimento AH26 e o System B, e constataram que, embora após 3 meses não houvesse diferenças estatisticamente significativas entre elas, ao fim de 12 meses, o GuttaFlow apresentou, de forma significativa, menor infiltração. Os autores sugeriram que este resultado foi devido à capacidade de expansão do GuttaFlow.

### 3- O Conceito de Adesão na Obturação

Jeffrey e Saunders (1987) terão sido os primeiros investigadores a criar um estudo acerca das vantagens da adesão entre a gutta e o cimento obturador<sup>129, 130</sup>.

Adesão define-se como sendo o estado pelo qual duas superfícies se mantêm unidas, através de mecanismos químicos, físicos ou mecânicos. O espaço virtual existente entre elas denomina-se interface<sup>61, 77, 122, 131</sup>.

A dentisteria adesiva tem sofrido uma crescente evolução no que diz respeito a novos materiais e métodos. Estes conhecimentos têm sido transportados para a endodontia moderna, uma vez que a introdução de substâncias resinosas aumenta a penetração intratubular e possibilita a adesão. Sendo as falhas da obturação umas das principais causas de insucesso endodôntico, é compreensível que inúmeros estudos estejam a ser desenvolvidos no sentido de avaliar o interesse da utilização de materiais adesivos no tratamento endodôntico<sup>39, 63, 74, 77, 96, 97, 129, 132-134</sup>.

A adesividade de um cimento consiste na sua capacidade de se ligar às paredes do canal, promovendo assim uma ligação entre estas, os cones de gutta-percha e o próprio cimento<sup>60-62</sup>, diminuindo o espaço existente entre eles, os riscos de microinfiltração e o movimento dos fluidos dentro dos canais<sup>63</sup>. Os cimentos devem, portanto, também selar as interfaces existentes entre os materiais de obturação e assim contribuir para uma obturação final tridimensional<sup>6, 12, 34, 59, 122</sup>.

A capacidade de adesão dos materiais de obturação sobre as paredes radiculares é influenciada por diversos factores como a metodologia aplicada, o tipo de irrigantes e agentes quelantes utilizados

durante o preparo biomecânico, o grau de desidratação da dentina radicular e o stress de contracção causado pela polimerização dos cimentos resinosos<sup>91, 122</sup>.

É no entanto importante referir que, uma elevada capacidade adesiva de um material obturador, não quer dizer necessariamente que este apresente melhores capacidades de selamento<sup>46, 135</sup>.

O desenvolvimento de novas tecnologias e materiais adesivos tem suscitado particular interesse na endodontia actual. No entanto, é necessário não subestimar as limitações inerentes a estes materiais, quando utilizados a nível radicular. A complexa anatomia canalicular e tubular, a desidratação da dentina, o efeito de contracção derivado da polimerização, a dificuldade de aplicação dos sistemas adesivos até ao nível apical, onde o risco de infiltrações é tão elevado e a sua interacção com os materiais irrigantes são apenas alguns exemplos das dificuldades presentes na obturação endodôntica<sup>135</sup>.

#### **4- Smear Layer**

Em 1975, McComb & Smith falaram pela primeira vez do smear layer presente nas paredes dos canais instrumentados<sup>136, 137</sup>.

O smear layer consiste essencialmente num aglomerado de tecido inorgânico, maioritariamente constituído pelo cálcio da dentina, e material orgânico constituído por colagénico, restos pulpare, fibras mineralizadas, proteínas coaguladas, células sanguíneas e microorganismos<sup>63</sup>.

Embora não haja unanimidade se devemos remover ou não o smear layer<sup>12, 46, 63, 137-139</sup>, os estudos evoluem no sentido da sua remoção<sup>52, 136-141</sup>, intensificando os estudos das soluções irrigantes capazes de o fazer, como é o caso do EDTA a 17% quando utilizado em conjunto com hipoclorito de sódio<sup>63, 142, 143</sup>.

Está demonstrado por muitos autores que as bactérias residuais podem sobreviver e multiplicar-se dentro do smear layer, reinfectando todo o sistema canalicular<sup>61, 93, 131, 134, 136, 141, 143</sup>. A sua remoção ajuda ao desmantelamento dos biofilmes bacterianos formados junto às paredes dos

canais. Uma vez destruídos os biofilmes, as bactérias tornam-se mais susceptíveis aos agentes irrigantes, como o hipoclorito de sódio e a clorohexidina, sendo eliminadas mais facilmente <sup>7</sup>.

No entanto, Saleh et al. <sup>46</sup> (2008) constataram que a remoção do smear layer não diminui a infiltração bacteriana nos canais obturados com o AH Plus, o Apexit e o Sistema Resilon. Não houve diferenças significativas entre os cimentos, na presença do smear layer, enquanto que com a sua remoção, o sistema RealSeal apresentou piores resultados do que o AH Plus.

Vários estudos também indicam que o smear layer interfere na adesão do material às paredes do canal <sup>59, 60, 63, 122, 141, 142, 144</sup>. Os seus resultados enaltecem a importância da remoção do smear layer, sem a qual a penetração intradentinária dos cimentos parece menor.

Eldeniz et al. <sup>63</sup> (2005) compararam a força de adesão à dentina do cimento AH Plus, do Diaket e do Endo-Rez, na presença e na ausência do smear layer. Apesar de todos apresentarem propriedades adesivas, a remoção do smear layer aumentou significativamente essas propriedades em todos os cimentos. O cimento AH Plus demonstrou a maior força de adesão, com valores estatisticamente significativos.

Os sucessivos estudos acerca das vantagens adesivas dos cimentos de resina também têm incentivado a remoção do smear layer. Eles afirmam que este actua como uma barreira física na adesão e penetração intratubular do cimento, uma vez que a sua matéria orgânica e inorgânica adere facilmente à interface entre as paredes do canal e o material obturador <sup>63, 142, 145</sup>.

Resumindo, os autores <sup>137</sup> que defendem a remoção do smear layer afirmam que este:

- Pode possuir um diâmetro e volume imprevisível, devido a quantidade de água presente.
- Contém bactérias e toxinas assim como tecidos necróticos.
- Pode actuar como substrato para as bactérias, permitindo o seu fluxo pelos túbulos dentinários.
- Pode limitar a penetração tubular dos agentes desinfectantes e dos materiais obturadores.

Com o aparecimento de novos materiais e técnicas de obturação, torna-se necessário intensificar os estudos no sentido de aprofundar os conhecimentos das características e das propriedades desses procedimentos.

Especificamente, a penetração dos materiais de obturação nos túbulos dentinários não tem sido muito estudada.

Pretendemos assim, com este trabalho, aportar mais informação sobre a adaptação de novos materiais de obturação dos canais radiculares às paredes dentinárias, usando para isso um método de observação, como a microscopia confocal, que permite visualizar o comportamento do cimento de obturação quer nas paredes radiculares quer no interior dos túbulos dentinários.

## **OBJECTIVOS**

### **1-Objectivo Geral**

Analisar a adaptação de três sistemas endodônticos de obturação às paredes dos canais radiculares e sua penetração nos túbulos dentinários, através da microscopia confocal.

### **2- Objectivos Específicos**

-Comparar a adaptação e penetração de cada sistema de obturação ao longo dos três terços radiculares (coronal, médio e apical), quando realizada sem a remoção do smear layer.

-Comparar a adaptação e penetração de cada sistema de obturação ao longo dos três terços radiculares (coronal, médio e apical), quando realizada com a remoção do smear layer.

-Comparar a influência do smear layer na penetração tubular entre os diferentes sistemas de obturação.



## MATERIAIS E MÉTODOS

### 1- Material

#### 1.1- Amostra

Foram utilizados 60 dentes monorradiculares, extraídos e armazenados em solução de formol a 10% até o momento de sua utilização (fig.1). Depois, todos os dentes foram lavados abundantemente com água corrente. A existência de um único canal foi certificada por análise radiográfica prévia. Nenhuma raiz apresentava qualquer tipo de cárie, ápex aberto, reabsorção ou fractura.

#### 1.2- Instrumentos

1.2.1- A instrumentação foi feita com o motor endodôntico Nouvag TCM Endo III (SybronEndo, Orange, CA, USA). Com 300 rpm e com torque de 40 (fig.2).

1.2.2- As limas utilizadas foram limas manuais nº 10k, 15k e 20k (Dentply/Maillefer-Instruments SA, Ballaigues, Switzerland), seguidas de limas rotatórias de níquel titânio Hero Shaper® nº30 de conicidade .06 e .04 e Hero 642® nº 35, 40 e 45 de conicidade .02 (Micro-Mega S.A., Besançon, France). Ambos sistemas possuem ângulo de corte positivo, secção em tripla hélice e ponta não cortante (fig. 3).

1.2.3- Disco diamantado Miltex (Miltex Inc. Rietheim-Weilheim, Germany) de uma só face, com área de corte de 0,10 mm, utilizado para corte da amostra.

1.2.4- Para o polimento final dos cortes efectuados utilizaram-se discos de óxido de alumínio Sof-Lex® (3M-ESPE Dental Products, St. Paul, Minesota, USA), utilizando-os, conforme indicação do fabricante, na sequência de granulação média, fina e extra-fina.

1.2.5- Condensador lateral de gutta-percha nº30 (Dentsply/Maillefer-Instruments SA, Ballaigues, Switzerland).

### **1.3- Materiais de obturação**

1.3.1- Cones de gutta-percha de conicidade .02 (Dentsply/Maillefer-Instruments SA, Ballaigues, Switzerland) (fig.4).

1.3.2- Cones de papel de conicidade .02 (Dentsply/Maillefer-Instruments SA, Ballaigues, Switzerland).

1.3.3- Cimento de resina AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) (fig.5).

O cimento AH Plus é um material à base de resina epóxica, composto por dois componentes pasta-pasta, cujos constituintes são:

Pasta A: resinas epóxicas, tungstato de cálcio, óxido de zircónio, sílica e pigmentos e óxido de ferro.

Pasta B: aminas, tungstato de cálcio, óxido de zircónio, sílica e óleo de silicone.

1.3.4- Sistema RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, USA) (fig.6).

O Resilon é um material a base de polímeros sintéticos de poliéster, contendo cristais bioativos, oxicloreto de bismuto, dimetacrilatos e sulfato de bário. Os cones de Resilon são utilizados juntamente com um sistema adesivo dual, constituído por um primer e um cimento à base de resina de metacrilato, o RealSeal™ (SybronEndo, Orange, CA). O primer é um adesivo autocondicionante composto por monómeros de ácido sulfónico, hidroxietilmetacrilato (HEMA), água, e um iniciador de polimerização. O cimento do resilon é constituído na sua matriz por porbisphenol A-diglicidil dimetacrilato (Bis-GMA), Bis-GMA etoxilado, dimetacrilato de uretano (UDMA), metacrilatos hidrofílicos. Também podemos encontrar na sua constituição hidróxido de cálcio, sulfato de bário, cristais de bário e sílica.<sup>80, 113</sup>

### 1.3.5- Sistema GuttaFlow (Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) (fig.7).

O GuttaFlow é um sistema de obturação de gutta-percha fluida a frio, composto por uma matriz de polidimetilsiloxano preenchida com gutta-percha em pó, de partículas inferiores a 30 µm, um cimento a base de silicone (50% de cada) e nanopartículas de prata.

Seus principais constituintes são a gutta-percha, o óxido de zinco, sulfato de bário e um cimento à base de silicone. As cápsulas do GuttaFlow são constituídas por dois componentes, pasta-pasta e uma base-catalizador, que devem ser activadas antes de introduzidas no canal. Assim, as partículas de pó de gutta-percha são misturadas de forma homogénea com o cimento quando activadas. Depois, injectamos suavemente o material GuttaFlow dentro do canal, com a pistola doseadora, até que o canal fique totalmente preenchido.

## 1.4- Corante

Solução de Rhodamina B isothiocyanato (C.I.45170) DC, fórmula  $C_{26}H_{31}ClN_2O_3$  (Sigma-Aldrich, St Louis State, MO, USA).

## 2- Metodologia

### 2.1- Preparo da amostra

Os dentes foram seccionados pela junção amelo-cimentária por um disco e as coroas excluídas. Com uma lima k nº10, efectuamos a permeabilização em toda a extensão do canal, assim como do foramen apical. O comprimento de trabalho foi determinado introduzindo a lima até ser visível a nível do foramen apical e retirando depois 1 mm a esse comprimento.

### 2.2- Preparo biomecânico

Todos os canais foram instrumentados pela técnica de rotação contínua, com o sistema Hero Shaper®, seguido das limas 35, 40 e 45 do sistema Hero 642®. Após a instrumentação voltámos a introduzir uma lima 10K através do foramen de forma a assegurar que a permeabilidade apical foi

mantida. Durante a instrumentação todos os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 5,25% entre as limagens.

### **2.3 Grupos de estudo**

Após a correcta instrumentação dos canais pela técnica mencionada, a amostra foi dividida aleatoriamente em 3 grupos correspondendo cada grupo a um sistema de obturação, que por sua vez foram subdivididos em 2 subgrupos consoante a remoção ou não de smear layer:

Grupo A: 20 dentes obturados pela técnica de condensação lateral com cones de gutta-percha e cimento de resina AH Plus e subdivididos em:

Subgrupo A1: 10 dentes sem remoção de smear layer.

Subgrupo A2: 10 dentes com remoção de smear layer.

Grupo B: 20 dentes obturados pela técnica de condensação lateral com Sistema RealSeal® e subdivididos em:

Subgrupo B1: 10 dentes sem remoção de smear layer.

Subgrupo B2: 10 dentes com remoção de smear layer.

Grupo C: 20 dentes obturados com GuttaFlow e subdivididos em:

Subgrupo C1: 10 dentes sem remoção de smear layer.

Subgrupo C2: 10 dentes com remoção de smear layer.

Durante o preparo biomecânico, os subgrupos A1, B1 e C1 foram irrigados com hipoclorito de sódio a 5,25%, sem remoção de smear layer e os subgrupos A2, B2 e C2 foram irrigados com hipoclorito de sódio a 5,25%, finalizando a irrigação com EDTA a 17% (Pulpodent Corporation, Watertown, MA, USA) durante 3 minutos, seguido novamente de hipoclorito de sódio para remoção do smear layer.

Todos os grupos foram irrigados com água destilada no fim do preparo biomecânico e secos com cones de papel antes das obturações. Foram misturadas partículas de Rhodamina B em solução a 0,1% com o cimento obturador em todos os grupos, durante a obturação.

## **2.4- Sistemas de Obturação**

### **2.4.1- Grupo A:**

Os dentes foram obturados pela técnica de condensação lateral. Para a execução desta técnica seleccionou-se o cone principal de gutta-percha compatível com o último instrumento utilizado, atingindo a totalidade do comprimento de trabalho. Verificou-se o travamento apical do cone principal, sendo depois envolvido com o cimento AH Paus e introduzido novamente no canal no comprimento determinado. Com a ajuda do condensador lateral, o cone principal foi compactado lateral e verticalmente, de forma a permitir a colocação de cones de gutta secundários. Os cones secundários preencheram com o cimento a totalidade dos espaços existentes no canal. Após o total preenchimento do canal, cortaram-se os cones de gutta-percha à entrada dos canais com um instrumento aquecido.

### **2.4.2- Grupo B:**

Inicialmente, o primer foi introduzido no canal com um cone de papel embebido em todo o comprimento de trabalho, e o excesso retirado com um cone de papel seco. Com a ajuda da seringa dosificadora, o cimento RealSeal foi misturado e preparado. O cone principal de resilon foi seleccionado, respeitando as regras necessárias, e procedeu-se a obturação dos canais pela técnica de condensação lateral com cones de resilon, de forma semelhante ao grupo anterior. Após o total preenchimento do canal, os cones e o cimento de resilon foram polimerizados durante 40 segundos e cortados à entrada do canal com um instrumento aquecido.

### **2.4.3- Grupo C:**

Seleccionou-se o cone principal de gutta-percha como nos grupos anteriores. As cápsulas de GuttaFlow foram activadas por um vibrador de amálgama (Automix, Kerr Dental, Romulus, MI, USA) durante 30 segundos e colocadas na pistola doseadora com pontas próprias. Uma pequena quantidade do seu conteúdo foi introduzida nos canais no terço apical. Depois, introduziu-se o cone principal previamente seleccionado no comprimento de trabalho e preencheu-se a totalidade do canal com GuttaFlow. A gutta-percha foi compactada verticalmente na entrada dos canais e os excessos cortados com um instrumento aquecido.

## 2.5- Observação e análise

Todos os dentes foram seccionados no terço apical, médio e coronal por um disco diamantado. Depois de polidos os cortes, a leitura da penetração tubular dos três sistemas de obturação foi feita através de um microscópio confocal a laser, que permitiu visualizar a penetração dos materiais obturadores através dos túbulos dentinários, utilizando a fluorescência da Rhodamina B.

As imagens fotográficas digitais foram obtidas através do programa Leica Confocal Software (Leica Microsystems Heidelberg GmbH) versão 2.6 Build 1538 LCS Lite, sendo posteriormente arquivadas.

As medições foram feitas sempre pelo mesmo observador, tendo sido registradas e calculadas as seguintes informações:

- A máxima penetração tubular de cada sistema de obturação, ou seja, procuramos o túbulo dentinário em que houve maior profundidade de penetração e medimo-lo em micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) em toda a sua extensão, desde a parede radicular até à sua maior profundidade alcançada (fig. 8).
- A percentagem de perímetro (%) do canal penetrado por cada sistema de obturação, ou seja, medimos o perímetro total do canal ( $\mu\text{m}$ ) e o perímetro de canal em que houve penetração tubular ( $\mu\text{m}$ ), e assim calculamos a percentagem de perímetro de canal penetrado relativamente ao perímetro total do canal (fig. 9 e 10).

A figura nº8 exemplifica como medimos a máxima penetração tubular alcançada pelo cimento obturador: 624,31 $\mu\text{m}$ . A figura nº 9 e 10 exemplificam como medimos a percentagem de perímetro do canal:

- a) A figura nº9 mostra o perímetro total do canal: 3020  $\mu\text{m}$ .
- b) A figura nº10 mostra a soma das superfícies do canal em que houve penetração tubular do cimento obturador: 2620,32 $\mu\text{m}$ .
- c) Por fim, calculamos percentagem de perímetro penetrado daquele canal: 87% de penetração.

Os dados aferidos foram observados em análise estatística SPSS® v.16.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

### 3- Análise Estatística

Para descrever os dados do estudo foram utilizadas estatísticas descritivas apropriadas. As variáveis categóricas foram descritas através de frequências absolutas (n) e relativas (%), as variáveis contínuas foram descritas utilizando medianas, percentil 25 e percentil 75 (Amplitude inter-quartile), uma vez que a distribuição destas é assimétrica.

De forma a estudar as associações entre a máxima penetração e o perímetro de penetração foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman, por técnica nomeadamente AH Plus, GuttaFlow e Resilon, e depois por metodologia utilizadas em cada técnica, respectivamente com e sem remoção de smear-layer, uma vez que estas não tinham distribuição normal, sendo também apresentados os respectivos diagramas de dispersão.

Para estudar o efeito de cada sistema de obturação utilizado, nomeadamente AH Plus, GuttaFlow e Resilon, relativamente à máxima penetração e à percentagem de perímetro penetrado sem remoção e com remoção de smear-layer, para cada terço radicular do canal, respectivamente, terço coronal, médio e apical, foi aplicado uma MANOVA não paramétrica uma vez que estas duas variáveis não têm uma distribuição normal (falhando o pressuposto da normalidade para aplicação do teste paramétrico MANOVA). Para verificar em que variável, se na máxima penetração e/ou percentagem de perímetro penetrado, se verificam diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis, seguida, caso hajam diferenças, das comparações múltiplas de médias das ordens.

De modo a comparar as duas penetrações, nomeadamente a máxima penetração e percentagem de penetração, do terço coronal, médio e apical em cada sistema de obturação utilizado com e sem smear-layer (isto é, comparar A1 entre si, A2 entre si, B1 entre si e assim sucessivamente) foi aplicado o teste não paramétrico de Friedman para 3 amostras emparelhadas (coronal, média e apical). Para identificar as diferenças significativas ao longo da raiz, procedeu-se à comparação múltipla de médias das ordens utilizando o Post-Hoc Teste LSD, através da realização do teste ANOVA a 2 factores (apenas com os efeitos principais).

Em todos os testes de hipóteses foi considerado um nível de significância de 0,05 ( $\alpha=5\%$ ). A análise foi efectuada utilizando o programa de análise estatística SPSS® v.16.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

# ANÁLISE DE RESULTADOS

## 1- Caracterização da amostra

A amostra inicial era constituída por 60 dentes, que foram distribuídos aleatoriamente por 3 grupos de 20 dentes cada, consoante o sistema de obturação aplicado, e estes subdivididos ainda por 2 subgrupos segundo a remoção ou não de smear layer. No entanto, o dente nº2 foi excluído, por impossibilidade de visualização e leitura dos cortes, que estavam danificados. Assim, como amostra final temos 59 dentes. O grupo A1 (AH Plus/gutta-percha na presença de smear layer) é constituído apenas por 9 dentes, enquanto os restantes grupos são constituídos por 10 dentes cada (tab. 4 e 5).

## 2- Resultados:

### 2.1- Máxima penetração tubular e percentagem de perímetro penetrado:

Após efectuadas as medições de máxima penetração tubular ( $\mu\text{m}$ ) e o cálculo da percentagem de perímetro penetrado (%) para cada dente, foram feitas tabelas para cada sistema de obturação (AH Plus/gutta-percha, Sistema Resilon e GuttaFlow), distribuídas por cada terço radicular, consoante a presença (tab. 6,8,10) ou ausência de smear layer (tab.7,9,11).

### 2.2- Comparação da máxima penetração e da percentagem de perímetro penetrado de cada sistema de obturação entre os terços coronal, médio e apical:

Com base nas medições realizadas em cada corte nos diferentes sistemas de obturação (AH Plus/gutta-percha, Sistema Resilon e GuttaFlow), foi determinado um valor médio de penetração. A seguir, para cada grupo de estudo, foram realizadas tabelas com os valores de máxima penetração e de perímetro de canal penetrado, a fim de comparar as penetrações tubulares de cada sistema ao longo dos terços coronal, médio e apical.



### **2.2.1- AH Plus:**

Independentemente da remoção ou não de smear layer, a penetração tubular do AH Plus apresentou diferenças estatisticamente significativas ao longo dos três terços estudados, quando comparados entre si. O terço coronal obteve sempre maior percentagem de penetração comparativamente ao terço médio e apical. Quer na máxima penetração quer quanto ao perímetro de canal penetrado, o terço apical obteve sempre valores estatisticamente inferiores (tab.12,13,14,15; gráf. 1,2,3,4).

#### **2.2.1.1- Grupo A1 – (AH Plus na presença de smear layer):**

A penetração máxima do AH Plus na presença de smear-layer apresenta valores estatisticamente significativos entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 14,889$ ;  $n=9$ ;  $p=0,001$ ) (tab. 12, gráf. 1).

Estas diferenças estatisticamente significativas ocorrem entre o terço apical e os terço coronal ( $p<0,001$ ) e médio ( $p<0,001$ ) e também entre os terços coronal e médio ( $p=0,017$ ).

A percentagem de perímetro penetrado utilizando a técnica AH Plus na presença do smear-layer também apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 16,222$ ;  $n=9$ ;  $p<0,001$ ) (tab 13, gráf. 2).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e os terços coronal ( $p<0,001$ ) e médio ( $p<0,001$ ) e também entre os terços coronal e médio ( $p<0,001$ ).

#### **2.2.1.2- Grupo A2 – (AH Plus na ausência de smear layer):**

A penetração máxima do AH Plus na ausência de smear-layer apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 16,800$ ;  $n=10$ ;  $p<0,001$ ) (tab. 14, gráf.3).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e os terços coronal ( $p<0,001$ ) e médio ( $p<0,001$ ) e também entre os terços coronal e médio ( $p=0,005$ ).

A percentagem de perímetro penetrado utilizando o AH Plus na ausência de smear-layer também apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os 3 terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)=15,846$ ;  $n=10$ ;  $p<0,001$ ) (tab. 15, gráf.4).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e os terços coronal ( $p<0,001$ ) e médio ( $p<0,001$ ), não existindo diferenças entre os terços coronal e médio ( $p=0,174$ ).

### **2.2.2- Sistema Resilon:**

Independentemente da remoção ou não do smear layer, não houve diferenças estatisticamente significativas de penetração tubular do Resilon ao longo do canal, excepto no terço apical e quanto à percentagem de perímetro penetrado, quando utilizado na presença de smear layer, em que houve menor penetração de forma estatisticamente significativa (tab.16,17,18,19; gráf. 5,6,7,8).

#### **2.2.2.1- Grupo B1 – (Resilon na presença de smear layer):**

A máxima penetração alcançada pelo Resilon na presença de smear-layer não apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 5,400$ ;  $n=10$ ;  $p=0,067$ ) (tab. 16, gráf.5).

A percentagem de perímetro penetrado pelo Resilon, quando na presença de smear-layer, apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 9,897$ ;  $n=10$ ;  $p=0,007$ ) (tab. 17, gráf. 6).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e coronal ( $p=0,001$ ) e entre apical e o terço médio ( $p=0,003$ ), não existindo diferenças entre coronal e o terço médio ( $p=0,766$ ).

### **2.2.2.2- Grupo B2– (Resilon na ausência de smear layer):**

A máxima penetração alcançada pelo Resilon na ausência de smear-layer não apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 3,947$ ;  $n=10$ ;  $p=0,139$ ) (tab. 18, gráf. 7).

A percentagem de perímetro penetrado utilizando o Resilon e quando na ausência de smear-layer não apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 4,895$ ;  $n=10$ ;  $p=0,087$ ) (tab. 19, gráf. 8).

### **2.2.3- GuttaFlow:**

O GuttaFlow apresentou sempre menor penetração tubular a nível apical quando comparado com o terço coronal e médio. Essa diferença foi sempre estatisticamente significativa, independentemente da presença ou não do smear layer (tab. 20,21,22,23; gráf. 9,10,11,12).

#### **2.2.3.1- Grupo C1 – (GuttaFlow na presença de smear layer):**

A máxima penetração do GuttaFlow na presença de smear-layer apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 11,677$ ;  $n=10$ ;  $p=0,003$ ) (tab. 20, gráf.9).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e coronal ( $p<0,001$ ) e entre o terço apical e o terço médio ( $p=0,002$ ), não existindo diferenças significativas entre coronal e médio ( $p=0,187$ ).

A percentagem de perímetro penetrado utilizando o GuttaFlow na presença de smear-layer apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 11,371$ ;  $n=10$ ;  $p=0,003$ ) (tab.21, gráf. 10).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e os terços coronal ( $p<0,001$ ) e médio ( $p=0,009$ ), e entre os terços coronal e médio ( $p=0,031$ ).

### **2.2.3.2- Grupo C2 – (GuttaFlow na ausência de smear layer):**

A máxima penetração do GuttaFlow na ausência de smear-layer apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 14,923$ ;  $n=10$ ;  $p=0,001$ ) (tab. 22, gráf 11). Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e os terços coronal ( $p<0,001$ ) e médio ( $p<0,001$ ), não existindo diferenças significativas entre as coronal e o terço médio ( $p=0,071$ ).

A percentagem de perímetro penetrado utilizando o GuttaFlow e na ausência de smear-layer apresenta diferenças estatisticamente significativas entre os 3 terços coronal, médio e apical ( $\chi^2(2)= 15,800$ ;  $n=10$ ;  $p<0,001$ ) (tab.23, gráf.12).

Estas diferenças ocorrem entre o terço apical e coronal ( $p<0,001$ ) e entre apical e o terço médio ( $p<0,001$ ), não existindo diferenças estatisticamente significativas entre os terços coronal e médio ( $p=0,081$ ).

Resumindo, podemos afirmar que a penetração tubular da gutta-percha cimentada com AH Plus e a penetração do GuttaFlow nos túbulos dentinários do terço apical é menor de forma estatisticamente significativa, quando comparado com o resto do canal, quer na presença quer na ausência do smear layer.

O mesmo não aconteceu com o Resilon que, apesar de também apresentar menor penetração em apical em ambas as situações, não apresentou diferenças estatisticamente significativas, excepto quanto ao perímetro de canal penetrado na presença de smear layer.

### **2.3- Comparação da máxima penetração e da percentagem de perímetro penetrado entre os três sistemas de obturação, na presença de smear layer:**

As tabelas 24, 25 e 26 comprovam que existe relação entre a máxima penetração e a percentagem de perímetro penetrado, nos três terços estudados, na presença de smear layer e independentemente do sistema de obturação utilizado, justificando assim o teste MANOVA.

Com base nas medições de máxima penetração tubular ( $\mu\text{m}$ ) e na percentagem de perímetro de canal penetrado (%) realizadas em cada corte nos diferentes sistemas de obturação (AH Plus e gutta-percha, Sistemas Resilon e GuttaFlow), foi determinado um valor médio de penetração para cada sistema. A seguir, foram realizadas tabelas em que se comparam estes valores entre os três sistemas estudados consoante os terços coronal, médio e apical, quando realizados na presença de smear layer (tab. 27,28,29).

### **2.3.1- Terço coronal na presença de smear layer:**

De acordo com o Teste de MANOVA não-paramétrica, existem diferenças estatisticamente significativas no terço coronal entre os sistemas de obturação estudados ( $\chi^2(4)=13,748$ ;  $n=29$ ;  $p=0,008$ ). Essa diferença ocorre apenas na máxima penetração ( $p=0,009$ ), cuja comparação múltipla das médias das ordens revela que essa diferença é estatisticamente significativa entre o GuttaFlow e o AH Plus ( $p=0,003$ ) e entre o GuttaFlow e o Resilon ( $p=0,007$ ) (tab. 27).

Assim, podemos afirmar que, no terço coronal e na presença do smear layer, a obturação com gutta-percha e AH Plus foi o que mais penetrou em profundidade, com uma média de 968  $\mu\text{m}$  de profundidade nos túbulos dentinários, embora sem diferenças estatisticamente significativas.

O Resilon foi o sistema que obteve maior percentagem de penetração (média de 96% de perímetro penetrado), também sem diferenças estatisticamente significativas.

O GuttaFlow foi o sistema que apresentou piores resultados em ambas as medições, sendo estatisticamente significativo quanto à máxima penetração.

### **2.3.2- Terço médio na presença de smear layer:**

De acordo com o Teste de MANOVA não-paramétrica, existem diferenças estatisticamente significativas no terço médio, entre os sistemas de obturação estudados ( $\chi^2(4)=14,924$ ;  $n=29$ ;  $p=0,005$ ). Essa diferença existe tanto na máxima penetração ( $p=0,015$ ) como na percentagem de perímetro penetrado ( $p=0,016$ ), cuja comparação múltipla das médias das ordens revela, é estatisticamente significativa entre (tab. 28):

- o GuttaFlow e o AH Plus ( $p=0,012$ ) e entre o GuttaFlow e o Resilon ( $p=0,006$ ), no caso da máxima penetração.

- o Resilon e o AH Plus ( $p=0,021$ ) e entre o Resilon e o GuttaFlow ( $p=0,005$ ), no caso da percentagem de perímetro penetrado.

No terço médio e na presença do smear layer, o Resilon foi o sistema de obturação que apresentou melhor penetração tubular nas duas medições, sendo estatisticamente significativo quanto a percentagem de perímetro penetrado.

O GuttaFlow voltou a apresentar os piores resultados de penetração, sendo estatisticamente significativo quanto à máxima penetração.

### **2.3.3- Terço apical na presença de smear layer:**

Aplicando o Teste de MANOVA não-paramétrica, concluímos que não existem diferenças estatisticamente significativas no terço apical entre os sistemas de obturação ( $\chi^2(4)=7,317$ ;  $n=28$ ;  $p=0,120$ ), pelo que não se rejeita a hipótese nula da igualdade das distribuições da máxima penetração e percentagem de perímetro penetrado no terço apical nos três sistemas de obturação (tab. 29).

Apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas podemos afirmar que o Resilon apresentou melhores resultados.

### **2.4- Comparação da máxima penetração e da percentagem de perímetro penetrado entre os três sistemas de obturação, na ausência de smear layer:**

As tabelas 30, 31 e 32 comprovam que existe relação entre a máxima penetração e a percentagem de perímetro penetrado, nos três terços estudados, na ausência de smear layer e independentemente do sistema de obturação utilizado, justificando mais uma vez o teste MANOVA.

De igual forma, também foram realizadas tabelas em que se compararam os valores médios de penetração entre os três sistemas estudados consoante os terços coronal, médio e apical, quando realizados na ausência de smear layer (tab. 33,34,35).

#### **2.4.1- Terço coronal na ausência de smear layer:**

De acordo com o Teste de MANOVA não-paramétrico, existem diferenças estatisticamente significativas no terço coronal entre os sistemas de obturação estudados ( $\chi^2(4)=19,256$ ;  $n=30$ ;  $p<0,001$ ). Essa diferença ocorre tanto na máxima penetração ( $p=0,001$ ) como na percentagem de perímetro penetrado ( $p=0,034$ ), cuja comparação múltipla das médias das ordens revela que essa diferença é estatisticamente significativa entre (tab. 33):

-o AH Plus e o GuttaFlow ( $p<0,001$ ) e entre o AH Plus e o Resilon ( $p=0,002$ ), no caso da máxima penetração.

- apenas o Resilon e AH Plus ( $p=0,009$ ), no caso da percentagem de perímetro penetrado.

O sistema de obturação AH Plus e gutta-percha foi o sistema que apresentou maior penetração tubular no terço coronal na ausência de smear layer, sendo estatisticamente significativo quanto à profundidade, atingindo uma média de  $1100\mu\text{m}$ . Quanto à percentagem de perímetro, esta diferença apenas se verificou relativamente ao Resilon.

#### **2.4.2- Terço médio na ausência de smear layer:**

De acordo com o Teste de MANOVA não-paramétrica, existem diferenças estatisticamente significativas no terço médio entre os sistemas de obturação ( $\chi^2(4)=18,627$ ;  $n=29$ ;  $p<0,001$ ). Essa diferença ocorre tanto na máxima penetração ( $p=0,002$ ) como na percentagem de perímetro penetrado ( $p=0,007$ ), cuja comparação múltipla das médias das ordens revela que essa diferença é estatisticamente significativa entre (tab.34):

- o GuttaFlow e o AH Plus ( $p<0,001$ ) e entre o GuttaFlow e o Resilon ( $p=0,006$ ), no caso da máxima penetração.

- o AH Plus e o Resilon ( $p=0,005$ ) e entre o AH Plus e o GuttaFlow ( $p=0,002$ ), no caso da percentagem de perímetro penetrado.

No terço médio e na ausência de smear layer, o AH Plus continuou a ser o sistema de obturação que apresentou melhores resultados de penetração, sendo estatisticamente significativo quanto ao perímetro penetrado, com 95% de média. Os dentes obturados com GuttaFlow foram os que apresentaram piores resultados de profundidade.

#### **2.4.3- Terço apical na ausência de smear layer:**

Aplicando o Teste de MANOVA não-paramétrica, concluímos que não existem diferenças estatisticamente significativas no terço apical entre os sistemas de obturação utilizados ( $\chi^2(4)=8,410$ ;  $n=30$ ;  $p=0,098$ ), pelo que não se rejeita a hipótese nula da igualdade das distribuições da máxima penetração e percentagem de perímetro penetrado no terço apical nas três técnicas aplicadas (tab. 35).

Podemos afirmar que, na ausência de smear layer, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os três sistemas estudados no terço apical.

#### **2.5- Comparação da máxima penetração e da percentagem de perímetro penetrado entre os três sistemas de obturação, consoante a presença e ausência de smear layer:**

As tabelas 36, 37 e 38 comprovam que existe relação entre a máxima penetração e a percentagem de perímetro penetrado, no terço coronal, médio e apical dos sistemas de obturação estudados, independentemente da remoção ou não do smear layer.

Novamente com base nos valores médios de penetração dos três sistemas de obturação estudados, foram realizadas tabelas e gráficos para cada terço radicular (coronal, médio e apical), em que se comparou a influência do smear layer na máxima penetração tubular e na percentagem de perímetro penetrado dos diferentes sistemas de obturação (tab. 39,40,41 e gráf.13,14,15,16,17,18).



### **2.5.1- Terço coronal na presença e na ausência de smear layer:**

A penetração tubular no terço coronal dos três sistemas de obturação estudados não foi influenciada pela presença do smear layer, de forma estatisticamente significativa. No entanto, o AH Plus obteve maior perímetro penetrado nos canais obturados e maior profundidade tubular quando removemos o smear layer (tab. 39, gráf.13 e 14). O Resilon obteve resultado inverso, tendo sempre melhores resultados na presença do smear layer, obtendo uma média de 96% penetração nos canais obturados (tab. 39, gráf.13 e 14). A penetração tubular do GuttaFlow no terço coronal não foi influenciada pelo smear layer (tab. 39, gráf.13 e 14).

### **2.5.2- Terço médio na presença e na ausência de smear layer:**

No terço médio, a remoção do smear layer favoreceu a percentagem de perímetro penetrado do AH Plus e gutta-percha, sendo estatisticamente significativo, obtendo uma média de 95% de penetração do canal. Também a profundidade tubular alcançada foi superior, embora sem valores estatisticamente significativos (tab. 40, gráf. 15,16).

O Resilon por sua vez obteve novamente resultados inversos. Quando o smear layer não foi removido, o perímetro penetrado foi de 82%, sendo superior de forma estatisticamente significativa, quando comparado com a sua penetração na ausência do smear layer. Também a profundidade tubular alcançada foi superior, embora sem valores estatisticamente significativos (tab. 40, gráf. 15,16). A penetração tubular do GuttaFlow no terço médio não foi influenciada pelo smear layer (tab. 40, gráf. 15,16).

### **2.5.3- Terço apical na presença e a ausência de smear layer:**

No terço apical, a presença de smear layer não influenciou de forma estatisticamente significativa a penetração tubular de nenhum dos três sistemas de obturação estudados (tab. 41, gráf. 16,17). No entanto, é de ressaltar que continuamos a obter melhores resultados de penetração do Resilon quando não removemos o smear layer e o inverso com o AH Plus (tab. 41, gráf. 17,18). A penetração tubular do GuttaFlow no terço apical não foi influenciada pelo smear layer (tab. 41, gráf. 17,18).

Em resumo, podemos afirmar que:

O smear layer não influenciou a penetração tubular do AH Plus, excepto no terço médio quando calculamos o perímetro de canal penetrado, em que se obteve melhores resultados com a sua remoção. No entanto, podemos dizer que, embora sem diferenças estatisticamente singificativas, este sistema obteve sempre melhor penetração tubular na ausência de smear layer.

Surpreendentemente, o Resilon apresentou sempre piores resultados com a remoção do smear layer, sendo estatisticamente significativo quanto a percentagem de perímetro penetrado, no terço médio.

O smear layer não influenciou a penetração tubular do GuttaFlow.

Para finalizar os nossos resultados, escolhemos algumas imagens fotográficas digitais obtidas neste trabalho, através do programa Leica Confocal Software (Leica Microsystems Heidelberg GmbH). Depois de arquivadas, todas as imagens foram observadas e submetidas a medições conforme já descrito.

Este software permite-nos visualizar imagens de microscopia com e sem fluorescência e a sobreposição de ambas, facilitando a compreensão e visualização da penetração tubular. Seleccionamos então para cada sistema de obturação, algumas imagens em que podemos visualizar a adaptação dos cimentos obturadores aos canais e sua penetração nos túbulos dentinários.

## DISCUSSÃO

A endodontia moderna segue princípios básicos, com fundamentos científicos bem estruturados. A patologia pulpar e periapical têm como causa principal a infecção microbiana e a presença de suas toxinas dentro do sistema canalicular<sup>59, 60, 63, 141, 142, 144</sup>.

O principal objectivo do tratamento endodôntico é a obturação tridimensional de todo o sistema canalicular. O selamento eficaz e a sua manutenção a longo prazo são os principais requisitos para o sucesso do tratamento endodôntico.

Este selamento deve prevenir o fluxo de bactérias e suas toxinas para os tecidos periapicais, isolar os microorganismos que resistiram ao preparo biomecânico e que permaneceram dentro dos canais, proporcionar um ambiente biologicamente adequado à cicatrização dos tecidos de suporte, prevenindo assim a reinfecção<sup>46</sup>.

A gutta-percha constitui o núcleo sólido de eleição da obturação há cerca de 150 anos. Desde então tem-se preconizado a sua utilização juntamente com um cimento obturador que deve ocupar um pequeno espaço nos canais obturados, ao contrário do núcleo sólido.

Além de biocompatíveis, os cimentos endodônticos devem selar as interfaces entre os materiais de obturação e as destes com a parede do canal e possuir a capacidade de penetrar nos canais acessórios não preenchidos pelo núcleo sólido<sup>28</sup>.

Os estudos têm demonstrado que, até hoje, ainda nenhum material de obturação possui todas as propriedades desejáveis para esse fim<sup>7, 14, 58, 64, 65, 73</sup>.

### **1- Quanto ao Procedimento:**

A diversidade de metodologias de investigação conduz por vezes a resultados não consensuais nos estudos de microinfiltração dos materiais de obturação<sup>37</sup>.

A microscopia confocal (criada por Marvin Minsky em 1955) permite visualizar a penetração dos materiais obturadores através dos túbulos dentinários, utilizando a fluorescência na aquisição de imagens<sup>1, 6, 8</sup>. A Rhodamina B (Sigma-Aldrich, St Louis State, MO, USA) foi misturada com os cimentos estudados sendo utilizada neste trabalho como corante.

Um estudo piloto comparou dois materiais obturadores com e sem partículas de Rhodamina B misturadas e não constatou diferenças de penetração entre eles, o que exclui a possibilidade deste corante influenciar as propriedades de selamento dos materiais estudados<sup>7, 9</sup>.

Comparada com a microscopia electrónica de varrimento, a microscopia confocal a laser apresenta a vantagem de ser menos destrutiva para a amostra e produzir menos artefactos<sup>7, 9</sup>.

Este trabalho tem como objectivo principal determinar a adaptação e penetração de três sistemas de obturação nos túbulos dentinários radiculares. Ao penetrarem nos túbulos, os materiais favorecem a tridimensionalidade tão pretendida na endodontia, obtendo melhor selamento, impedindo a passagem dos fluidos tecidulares e bacterianos entre o sistema canalicular e o periápice.

Os canálculos e o túbulos dentinários constituem um dos principais meios de comunicação entre o meio pulpar e periapical, atravessando a dentina radicular desde a polpa até a parede externa da raiz. No entanto, como sabemos, os canálculos possuem uma trajectória curva, assemelhando-se a um S, o que dificulta a sua observação em toda a sua extensão, quando efectuamos um único corte<sup>146</sup>.

Através das secções efectuadas pelo microscópio confocal, podemos visualizar as suas diferentes disposições e seus sinuosos trajectos, e assim encontrar a máxima extensão tubular alcançada pelo cimento, mesmo que esta não seja contínua na mesma secção.

Para o efeito, efectuamos cortes transversais nos terços coronal, médio e apical de toda a amostra, e medimos a máxima penetração tubular alcançada pelo cimento de cada sistema obturador. Consideramos assim esta técnica de visualização apropriada para este estudo.

De igual forma, esta técnica ainda nos torna possível uma visualização tridimensional dos cortes, através da sobreposição das secções. Assim, propusemo-nos também sobrepor todas as secções e calcular a penetração do cimento existente em redor de todo o canal radicular, ou seja, o perímetro de canal penetrado com base no perímetro total do mesmo.

Através das duas medições, podemos concluir qual o sistema de obturação que obteve maior adaptação e penetração tubular, quer quanto à sua máxima penetração alcançada ao longo dos túbulos dentinários, quer quanto à percentagem de perímetro de canal penetrado.

Esta técnica de visualização já foi utilizada por Gharib et al.<sup>9</sup> e por Patel et al.<sup>7</sup>. Estes autores também utilizaram a microscopia confocal e a Rhodamina B nos seus estudos. Gharib realizou um estudo sobre a penetração tubular e a percentagem de perímetro penetrado do Resilon ao longo dos três terços radiculares, através da Rhodamina B impregnada no cimento Epiphany. Já Patel apenas misturou Rodhamina B no primer do RealSeal e comparou a sua penetração tubular com um cimento convencional de óxido de zinco eugenol.

A revisão bibliográfica realizada para este trabalho foi feita até finais do ano de 2008, utilizando palavras-chave como: Resilon, AH Plus, GuttaFlow, dentinal tubules, filling endodontic materials, endodontic sealers.

A técnica de obturação escolhida neste trabalho foi a técnica de condensação lateral por ser universalmente conhecida, de fácil execução, e frequentemente utilizada nos estudos comparativos de materiais de obturação<sup>7, 14, 63, 73, 104, 147, 148</sup>.

O hipoclorito de sódio é o irrigante endodôntico de excelência graças as suas propriedades antibacterianas. No entanto, o oxigénio libertado pelo hipoclorito de sódio é um factor relevante quando utilizamos materiais adesivos, uma vez que inibem a polimerização das resinas e consequentemente diminuem a adesão<sup>80, 117, 122, 135</sup>. Sendo assim, após finalizar o preparo biomecânico, para que o hipoclorito de sódio não fosse o último irrigante a ser utilizado, todos os canais foram irrigados com água.

## 2- Quanto aos Resultados:

A complexidade anatômica radicular, com os seus múltiplos foramens, deltas apicais, canais laterais e acessórios, justificam por si só a dificuldade que existe em se obter um bom selamento endodôntico. Venturi et al. examinou 222 dentes obturados pela técnica de Schilder e constatou que 66,8% dos canais laterais encontrados se encontram no terço apical<sup>48</sup>.

A dentina coronária difere da dentina radicular. A nível apical, a parede radicular é composta por uma menor quantidade de túbulos dentinários, que estão dispostos de forma irregular, o que dificulta ainda mais a adaptação dos materiais resinosos. A presença de tecidos de cimento radiculares nas paredes também interfere com a formação da camada híbrida e, conseqüentemente, com as capacidades adesivas destes materiais no terço apical, diminuindo o selamento<sup>44, 103, 117, 135, 149</sup>.

Em todos os sistemas de obturação estudados neste trabalho, e independentemente da presença ou não do smear layer, o terço coronal apresentou sempre os melhores resultados, enquanto que em apical foram sempre piores.

O AH Plus obturado com gutta-percha apresentou sempre diferenças estatisticamente significativas de penetração entre os terços radiculares, quer na presença quer na ausência de smear layer. Também o GuttaFlow obteve estes resultados em todas as comparações efectuadas entre o terço apical e os outros terços radiculares. Já o Sistema Resilon, também estudado em nosso trabalho, apenas apresentou penetração estatisticamente inferior no terço apical e na presença do smear layer e quanto à percentagem de perímetro penetrado (tab.12 a 23 e gráf.1 a 12).

O Resilon é o único sistema de obturação que possui um sistema adesivo incorporado. Apresenta um adesivo autocondicionante, que é composto por um primer acídico que penetra no smear layer e desmineraliza a dentina, seguido de um cimento de resina de polimerização dual. O smear layer é assim modificado e incorporado na camada híbrida<sup>135</sup>.

Este novo sistema de obturação baseia-se nos mesmos fundamentos de adesão que as restaurações a compósito. Trata-se portanto, de um conceito totalmente diferente da gutta-percha. Os fabricantes defendem que, juntamente com o primer e o adesivo, o Resilon possui a capacidade

de criar um monobloco de adesão entre o cone e o cimento, e entre estes e as paredes dentinárias do canal, conhecido como RMS "Resilon Monoblock System"<sup>25, 95, 108</sup>.

No entanto, estudos recentes demonstram que este conceito parece não ser tão real como inicialmente foi defendido. As irregularidades na anatomia radicular, a variabilidade de consistência do cimento, a alta solubilidade e variabilidade dimensional, o stress de contracção provocado pela polimerização, a dificuldade de uma aplicação correcta do sistema adesivo em toda a parede radicular e a incompleta evaporação do solvente do primer são possíveis causas apontadas às falhas de selamento do Resilon<sup>113, 114, 117</sup>.

A aplicação correcta do sistema adesivo nos canais radiculares é um problema clínico real. Muito dificilmente os túbulos dentinários do terço apical serão totalmente impregnados com resina. Também a total evaporação do solvente é quase impossível. A colocação do primer em cones de papel pode minimizar estes problemas mas não os resolve. Um dos principais factores que influenciam a integridade da interface entre a dentina e o material adesivo é a penetração da resina dentro da dentina desmineralizada. Se a resina não infiltrar completamente os túbulos dentinários, essa integridade vai fracassar<sup>117</sup>.

Ao contrário da gutta-percha que é relativamente estável, o Resilon é susceptível de degradação. Sendo um polímero à base de policaprolactona, o Resilon sofre processos de degradação enzimática e hidrolítica ao longo do tempo. As lipases libertadas pelos microorganismos podem romper as ligações ésteres da policaprolactona, servindo de nutriente para as bactérias que sobreviveram ao tratamento endodôntico<sup>7, 44, 103, 104, 115, 116</sup>.

Outro factor importante que não deve ser esquecido é o efeito do stress de polimerização, que se verifica quando as forças de contracção da polimerização excedem as forças de adesão do material adesivo à dentina<sup>135</sup>.

As cavidades tridimensionais, como é o caso dos canais radiculares em que todas as paredes têm paredes opostas, propiciam mais facilmente a ruptura de adesão, graças ao factor C elevado, que pode chegar a 100:1<sup>117, 135</sup>.

O factor de configuração cavitária ou factor C é definido pela proporção entre as superfícies aderidas e não aderidas numa cavidade<sup>46, 113, 135</sup>. Existe uma relação entre este factor e o desenvolvimento do stress de contracção das resinas uma vez que essa contracção produz espaços propícios à infiltração bacteriana. Quanto menor for a área de superfície livre, ou seja, não aderida, menor será a capacidade de escoamento do material, e maiores serão as tensões geradas pela contracção da polimerização das superfícies aderidas<sup>91, 150</sup>.

Sendo assim, o elevado factor C em espaços estreitos como é o caso dos canais radiculares, é altamente desfavorável, por maximizar o efeito de contracção da polimerização. Este facto pode justificar o facto do sistema de obturação Resilon apresentar resultados inferiores de selamento em alguns estudos, quando comparado com a gutta-percha e o AH Plus<sup>42, 44, 46, 103, 104, 112, 150</sup>.

Como também os agentes adesivos se degradam após 3 meses, a microinfiltração acaba seriamente comprometida<sup>44, 117</sup>.

No nosso estudo, o AH Plus também foi o sistema de obturação que apresentou melhores resultados de penetração tubular na ausência de smear layer, quando comparado com os outros grupos de estudo, sendo estatisticamente significativo no terço coronal e médio (tab. 33,34, 35).

Este resultado está em concordância com Saleh et al.<sup>46</sup> (2008), que também constatou melhores resultados do AH Plus relativamente ao Sistema Resilon na ausência de smear layer. No entanto, ao contrário deles, no nosso estudo o AH Plus apresentou melhores resultados quando removemos o smear layer do que na sua presença, sendo estatisticamente significativo no terço médio (tab. 39, 40, 41, gráf. 13,14,15,16,17,18)

Surpreendentemente, o Resilon apresentou sempre resultados piores de penetração tubular com a remoção do smear layer no nosso estudo (tab. 39, 40, 41, gráf. 13,14,15,16,17,18). No terço médio, a percentagem de perímetro penetrado deste material foi significativamente inferior, registrando apenas uma média de 53%, enquanto que na presença de smear layer se obteve uma média de 82% de canal penetrado.

Quando comparamos os três sistemas de obturação na presença de smear layer, constatamos que o Sistema Resilon obteve quase sempre os melhores resultados de penetração, sendo excepção



apenas no terço coronal quanto à máxima profundidade tubular alcançada (tab. 27,28,29 e gráf. 13,14,15,16,17,18).

Mais uma vez os nossos resultados estão de acordo com Saleh et al <sup>46</sup> (2008). Os autores compararam a penetração bacteriana em dentes obturados com AH Plus com gutta-percha, Apexit com gutta-percha e Sistema Resilon, na presença e ausência do smear layer. O Resilon apresentou melhores resultados de selamento na presença do smear layer do que com sua remoção, de forma estatisticamente significativa.

Uma possível explicação pode estar relacionada com a desmineralização provocada pelo EDTA na superfície dentinária dos canais, o que, como sabemos, limita as forças de adesão. Em 1999, Saleh et al. <sup>151</sup> constataram que o EDTA diminui de forma estatisticamente significativa a microdureza das paredes dentinárias e em 2002 <sup>152</sup>, afirmaram que a remoção do smear layer com EDTA reduz significativamente a adesão do AH Plus às paredes radiculares. Também em 2008 <sup>46</sup>, num trabalho ainda não publicado mas citado pelo mesmo autor, este refere que a força de adesão do Resilon também diminui quando estamos perante uma dentina pré-condicionada com este irrigante.

Como se sabe, o Sistema Resilon possui um primer autocondicionante que modifica o smear layer presente na dentina radicular. Oddoni et al. <sup>148</sup> (2008) compararam a microinfiltração apical e coronal do AH Plus obturado com gutta-percha com o Sistema Resilon. Os autores utilizaram EDTA para remoção do smear layer apenas nos dentes obturados com AH Plus, e consideraram o primer autocondicionante suficiente no caso do Resilon, isto é, não utilizaram EDTA para remover o smear layer na obturação com o Sistema Resilon. Apenas encontraram diferenças estatisticamente significativas em apical, tendo o Resilon obtido o melhor resultado.

No entanto é importante lembrar que, apesar dos estudos de materiais adesivos normalmente incidirem em forças de adesão, em endodontia a capacidade de microinfiltração é muito mais importante que a força de adesão. Schwartz <sup>135</sup> (2006) afirma que mesmo que um material tenha uma força de adesão baixa, se tiver boas propriedades de selamento, continuará a ser um bom material de obturação.

A dentisteria adesiva tem intensificado os estudos nesse sentido. São vários os trabalhos científicos que demonstram que, bons resultados de forças de adesão, não são obrigatoriamente sinónimos de bons resultados nos testes de microinfiltração <sup>153, 154</sup>.

Outro pressuposto fundamental reside no facto de que, como demonstrou Saleh et al.<sup>155</sup> em 2003, a retenção micromecânica obtida pela penetração tubular dos cimentos endodônticos não é o único factor decisivo para que haja adesão dos mesmos às paredes radiculares. A penetração tubular depende claramente das propriedades físico-químicas destes cimentos, enquanto a adesão à parede dentinária e à gutta-percha depende de outros factores. Neste estudo, os autores concluíram que não há relação directa entre a penetração tubular dos cimentos endodônticos e os valores de forças de adesão dos mesmos cimentos.

Neste estudo, foi estudado a capacidade de adaptação e penetração tubular dos sistemas de obturação e a sua capacidade de limpar e preencher os túbulos dentinários, favorecendo o selamento.

Patel et al.<sup>7</sup> (2007) terão realizado o primeiro estudo comparativo da penetração do Sistema Resilon e de outro material obturador convencional nos túbulos dentinários (TubliSeal). Os autores obtiveram uma penetração tubular do cimento RealSeal consideravelmente maior. No entanto, é de realçar que as partículas de Rhodamina B foram introduzidas no primer do RealSeal. O objectivo principal do nosso trabalho é comparar a penetração dos materiais de obturação no túbulos dentinários, por isso a Rhodamina B foi misturada com o cimento e não com o primer.

Gharib et al.<sup>9</sup> (2007) também estudaram a penetração tubular do Sistema Resilon nos três terços radiculares, através da microscopia confocal a laser, na ausência de smear layer e obtiveram uma penetração significativamente menor no terço apical comparativamente aos terços médio e coronal. No nosso trabalho, embora o Resilon tenha obtido piores resultados de penetração no terço apical, essa diferença só foi estatisticamente significativa quanto ao perímetro de canal penetrado.

Veríssimo et al.<sup>103</sup> (2007), Wedding et al.<sup>111</sup> (2007) obtiveram piores resultados de microinfiltração com o Resilon quando comparados com outros cimentos resinosos.

A tabela 42 apresenta os resultados de diversos estudos comparativos entre AH Plus e o Resilon, quer quanto a microinfiltração quer quanto às forças de adesão, obtidos na PubMed e publicados entre 2005 e 2008.

Fisher et al.<sup>156</sup> (2007), Gesi et al.<sup>95</sup> (2005), constataram que o AH Plus e a gutta-percha apresenta maior capacidade de adesão às paredes radiculares do que o Resilon.

Relativamente ao GuttaFlow, este sistema de obturação foi o que apresentou os piores resultados de adaptação, independentemente da remoção ou não do smear layer. A sua máxima penetração tubular foi estatisticamente inferior ao Resilon e ao AH Plus no terço médio, quando utilizado na presença de smear layer (tab. 27,28,29)

Hammad et al.<sup>117</sup> (2008) compararam os valores de contracção após presa de diferentes materiais de obturação e o GuttaFlow foi o único material que mostrou expansão. Esta característica poderia fazer supor uma melhor adaptação às paredes radiculares, o que não aconteceu no nosso estudo.

Uma das razões possíveis de explicação para esta diferença de resultado, pode ser a metodologia aplicada neste estudo, uma vez que não houve compactação lateral do material obturador, como nos outros sistemas estudados. Optou-se antes por utilizarmos a técnica de cone único preconizada pelos fabricantes.

O smear layer resulta de qualquer intervenção praticada no tecido dentário em que se corte superfície mineralizada e possui grande capacidade de aderência às paredes do preparo<sup>131</sup>. É, portanto, resultado directo da instrumentação dos canais, não sendo encontrado em canais que não foram instrumentados<sup>63</sup>.

Alguns autores defendem que manter o smear layer nos túbulos dentinários limita a penetração e o fluxo intertubular das bactérias e suas toxinas, assim como a sua colonização<sup>46</sup>. No entanto, outros estudos demonstram que o smear layer aloja as bactérias residuais e seus biofilmes, impedindo que os agentes irrigantes ou os medicamentos intracanalares exerçam a sua função na plenitude, actuando não só como um reservatório de substrato para os microorganismos, como uma barreira física entre os materiais obturadores e as paredes radiculares, devendo por isso ser totalmente removido<sup>137</sup>.

Um dos objectivos pretendidos neste trabalho é também avaliar a influência do smear layer na penetração tubular dos três materiais de obturação estudados. Podemos afirmar que, perante os

nossos resultados, a remoção do smear layer no terço coronal e apical não influenciou a penetração dos sistemas de obturações de forma estatisticamente significativa (tab.39,41 e gráf. 13,14, 17,18).

No terço médio, a sua remoção aumentou de forma estatisticamente significativa a penetração tubular do AH Plus e produziu efeito inverso com o Resilon (tab. 40 e gráf. 15,16).

Sabemos que 60% dos insucessos endodônticos estão atribuídos a uma má obturação<sup>1-3, 5, 6, 8</sup> e que o movimento dos fluidos intersticiais, os microorganismos e as suas toxinas, constituem a principal etiologia da patologia endodôntica<sup>7, 14, 58, 64, 65, 73</sup>. Este estudo coincide com tantos outros que demonstram que nenhum material obturador existente até hoje cumpre todos os critérios de hermeticidade e selamento apical.

É de extrema importância que se intensifiquem os estudos acerca dos sistemas de obturação e seus materiais, assim como os métodos de investigação.

## CONCLUSÃO

Com base na metodologia aplicada, nos resultados obtidos neste trabalho e respondendo aos objectivos propostos, podemos concluir que:

O AH Plus com gutta-percha apresentou diferenças estatisticamente significativas de penetração entre os terços coronal, médio e apical, quer na presença quer na ausência de smear layer.

O GuttaFlow apresentou diferenças estatisticamente significativas de penetração no terço apical comparativamente ao resto do canal, também na presença e ausência de smear layer.

A penetração do Resilon/RealSeal apenas foi menor de forma estatisticamente significativa no terço apical, quando comparado com o terço coronal e médio, na presença do smear layer.

Na ausência de smear layer, o AH Plus com gutta-percha foi o sistema de obturação que apresentou melhor adaptação e penetração nos túbulos dentinários das paredes radiculares, sendo estatisticamente significativo no terço coronal. A percentagem de perímetro de canal penetrado também foi maior de forma estatisticamente significativa no terço médio.

Na presença de smear layer, o Resilon/RealSeal foi o sistema de obturação que apresentou melhor adaptação e penetração nos túbulos dentinários das paredes radiculares, sendo estatisticamente significativo no terço médio, quanto à percentagem de perímetro penetrado.

Na presença de smear layer, o GuttaFlow foi o sistema que apresentou menor adaptação e penetração nos túbulos dentinários nos terços coronal e médio, sendo estatisticamente significativo quanto à máxima penetração tubular alcançada. Quando se removeu o smear layer, obteve-se o mesmo resultado apenas no terço médio.

A remoção do smear layer aumentou de forma estatisticamente significativa a percentagem de perímetro penetrado do AH Plus, apenas no terço médio dos dentes estudados.

A presença do smear layer aumentou de forma estatisticamente significativa a percentagem de perímetro penetrado do Resilon/RealSeal, apenas no terço médio dos dentes estudados.

O AH Plus apresentou sempre melhores resultados de penetração quando removemos o smear layer do que na sua presença, sendo estatisticamente significativo no terço médio quanto à percentagem de perímetro penetrado. Ao contrário, o Resilon obteve sempre os seus melhores resultados quando o smear layer não foi removido, sendo também estatisticamente significativo no terço médio e quanto à percentagem de perímetro penetrado.

Nos três sistemas de obturação estudados, a adaptação e penetração dos túbulos dentinários das paredes radiculares no terço coronal e apical, não é influenciada pela remoção do smear layer de forma estatisticamente significativa.

Perante as condições do nosso estudo, todos os sistemas de obturação (AH Plus com gutta-percha utilizada pela técnica de condensação lateral, GuttaFlow com técnica de cone único e Resilon/RealSeal pela técnica de condensação lateral complementada com procedimento adesivo)

apresentaram uma penetração nos túbulos dentinários superior a 50% de perímetro nos terços coronais dos canais radiculares. A técnica de obturação influencia a adaptação dos materiais de obturação às paredes radiculares e a sua penetração nos túbulos dentinários.

A técnica de observação utilizada permite visualizar a disposição do material de obturação (cimento) nas paredes dos canais e no interior dos túbulos dentinários. Sendo assim, consideramos ser uma técnica válida que aporta informação acerca das técnicas de obturação.

Seria conveniente um maior número de estudos de forma a aprofundar os conhecimentos que nos permitam melhorar o tratamento endodôntico.