



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO DE TRÊS
MATERIAIS DE RETROBTURAÇÃO UTILIZADOS EM
CIRURGIA ENDODÔNTICA**

Trabalho submetido por
Micaela Leitão Agostinho
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2013



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO DE TRÊS
MATERIAIS DE RETROBTURAÇÃO UTILIZADOS EM
CIRURGIA ENDODÔNTICA**

Trabalho submetido por
Micaela Leitão Agostinho
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Inês Caldeira Fernandes

setembro de 2013

AGRADECIMENTOS

À Prof. Inês Caldeira Fernandes, agradeço muito a sua receptividade e apoio ao longo de todo o ano. Transmitiu-me a importância da disciplina e da exigência no trabalho para fazer sempre melhor.

Ao Dr. Mário Rito Pereira, pela disposição e paciência que demonstrou sempre. Incentivou-me para um trabalho rigoroso que me abriu os horizontes para o futuro que me espera. Aprendi muito com a sua sabedoria e simplicidade na explicação das matérias.

Ao Prof. Diego Velazquez que tendo manifestado interesse no meu trabalho, me estimulou para o pensamento crítico na elaboração de uma investigação. Agradeço a sua ajuda.

Ao Prof. Mário Cruz Polido, que sempre mostrou o seu interesse e disponibilidade em ajudar e por me ter permitido o livre acesso ao laboratório de biomateriais.

Ao Prof. Pedro Oliveira, pela disponibilidade na ajuda com o microscópio.

Aos meus pais, Almerinda e Manuel, que me deram os pilares para prosseguir ambiciosa na construção da minha vida.

Aos meus irmãos, Henrique e Michael, pelo seu exemplo.

Ao meu namorado, Hélio, por ter sido incansavelmente paciente durante a elaboração deste trabalho e me ter incentivado a ser perseverante nas provações.

Às minhas grandes amigas, Ana Maria, Andreia Forcada e Rita Ribeiro. São o meu braço direito.

À Tânia Ferreira, que foi um grande incentivo para a realização deste projeto.

RESUMO

Objetivo: Comparar a microinfiltração de três materiais de retrobturação: ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) e IRM® (Dentsply, Konstanz, Alemanha), pela quantificação da infiltração de corante na interface dentina-material.

Materiais e métodos: Utilizaram-se trinta dentes uniradiculares humanos cujas coroas foram seccionadas e os canais radiculares instrumentados com o sistema *Protaper*® e obturados com gutta-percha e cimento Sealapex™ (Kerr, Salerno, Itália) pela técnica de condensação vertical por onda contínua. Os 3mm apicais foram seccionados e cavidades retrógradas foram preparadas com 3 mm de profundidade com pontas ultrassônicas. As raízes foram divididas aleatoriamente em 3 grupos com 10 dentes cada, da seguinte maneira: grupo A – (n=8) ProRoot® MTA, grupo B – (n=8) Biodentine™, grupo C – (n=8) IRM®. Em cada grupo, 2 dentes serviram para controlo positivo e negativo. Fez-se impermeabilização da superfície externa à exceção da dentina apical exposta com verniz de unhas para os dentes de não controlo. O controlo positivo ficou sem material de retrobturação e sem impermeabilização, e o controlo negativo com as cavidades preenchidas e impermeabilização total. Os espécimes foram imersos numa solução corante de azul-de-metileno a 2%, durante 24h, numa estufa a 37 °C. Cortes longitudinais foram por fim efetuados, e com uma lupa estereoscópica “*Leica MZ6*” fez-se observação e medição da extensão da infiltração.

A comparação dos valores médios de extensão de infiltração dos 3 grupos foi efetuada por análise estatística inferencial com recurso ao teste ANOVA one-way, para um nível de significância de 5%.

Resultados e conclusões: Todos os grupos apresentaram infiltração, e o grupo do Biodentine™ demonstrou a melhor capacidade de selamento, já que apresentou diferenças estatisticamente significativas em comparação com o grupo do ProRoot® MTA e do IRM®. Estes últimos, por sua vez, não demonstraram diferenças estatisticamente significativas de extensão de infiltração entre si.

Palavras-chave: Microcirurgia endodôntica, Obturação retrógrada, Materiais de selamento apical, Infiltração de materiais de retrobturação.

ABSTRAT

Aim: Comparison of microleakage of three different root-end filling materials: ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França) and IRM® (Dentsply, Konstanz, Alemanha), by quantifying dye leakage at the interface dentin-material.

Material and Methods: Thirty single-rooted human teeth were used. Their crowns were sectioned and the canals were instrumented by Protaper ® system and obturated with gutta-percha and Sealapex™ cement (Kerr, Salerno, Italy) with the vertical condensation technique of continuous wave. The apical 3 mm were cut and retrograde cavities were prepared with 3 mm depth with ultrasonic tips. The roots were randomly divided into 3 groups with 10 teeth each, as follows: Group A - (n = 8) MTA ProRoot®, group B - (n = 8) Biodentine™ and Group C - (n = 8) IRM®. In each group, two teeth were used for positive and negative control.

The external root surface of non-control teeth was coated with nail varnish except the apical dentine exposure. The positive control had no material retrofilling and was not coated and the negative control was retrofilled and coated totally.

Finally, the roots were immersed in a 2% methylene blue dye solution, during 24 hours, at 37 ° C in 100% humidity.

Longitudinal cuts were made and with a stereoscopic “Leica MZ6”, we determine the amount of marginal leakage.

The comparison of the values of extent of infiltration of the 3 groups was made by inferential analysis using the One-way ANOVA test for significance level of 5%.

Results and Conclusions: All groups showed infiltration but Biodentine™ group demonstrated better sealing ability because statistic significant differences were observed when compared to ProRoot® MTA and IRM®. These, in turn, showed no significant differences in leakage between them.

Key-words: Endodontic microsurgery, retrograde obturation, root-end filling materials, leakage of retrofilling.

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	15
1. Fundamentação teórica	17
1.1 Tratamento endodôntico convencional	17
1.2 Cirurgia endodôntica.....	18
1.3 Microcirurgia endodôntica.....	19
1.3.1 Apicectomia	21
1.3.2 Confeção da cavidade retrógrada	21
1.4 Materiais de retrobturação	22
1.4.1 Requisitos de um material de retrobturação	24
1.4.2 IRM	24
1.4.3 ProRoot MTA.....	25
1.4.4 Biodentine	27
1.5 Causas do insucesso da cirurgia endodôntica	28
1.6 Estudos de selamento	29
II. OBJETIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO	32
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1 Âmbito	33
3.2 Lista de material.....	33
3.3 Amostra.....	34
3.3.1 Seleção da amostra	34
3.3.1.1 Critérios de inclusão e exclusão	34
3.3.2 Organização da amostra	36
3.3.3 Conservação da amostra.....	37
3.4 Preparação de soluções	37
3.4.1 Solução de conservação	37
3.4.2 Soluções de irrigação	37
3.5 Preparação dos espécimes.....	38
3.6 Desinfecção e instrumentação	38
3.7 Obturação.....	40
3.7.1 Conservação após obturação	41
3.8 Apicectomia	43
3.9 Confeção da cavidade retrógrada.....	43

3.10 Organização dos grupos	44
3.11 Retrobturação	45
3.12 Impermeabilização	47
3.13 Aplicação do corante.....	48
3.13.1 Preparação do azul-de-metileno	48
3.14 Cortes longitudinais	49
3.15 Observação.....	49
3.16. Análise estatística	51
IV. RESULTADOS	52
V. DISCUSSÃO	58
VI. CONCLUSÃO	65
VII. PERSPETIVAS FUTURAS	66
VIII. BIBLIOGRAFIA	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Radiografias digitais com incidência V-L e M-D, respetivamente, do espécime 16, confirmando anatomia classe I.....	35
Figura 2. Representação da medição angular da curvatura radicular do espécime 2, segundo Schneider (1971)	35
Figura 3. Amostra conservada num frasco contendo água destilada.....	37
Figura 4. Espécime 2 depois de limpo na superfície radicular externa e seccionado na junção esmalte-cimento	38
Figura 5. Exemplo de um elemento da amostra, espécime 12, com a lima 20 ao comprimento de trabalho.....	40
Figura 6. Exemplo de um elemento da amostra, espécime 22 na prova de gutta-percha e a sua respetiva radiografia V-L.....	41
Figura 7. Radiografia na incidência V-L da obturação do espécime 11.....	41
Figura 8. Espécime 24 após secção apical em 90°.....	43
Figura 9. Pontas ultrassónicas utilizadas na preparação das cavidades retrógradas.....	44
Figura 10. Imagens que ilustram a confeção e a preparação das cavidades retrógradas..	44
Figura 11. Exemplo de uma radiografia digital na incidência V-L de cada um dos grupos com o material de retrobturação correspondente. Espécime 8 - MTA, 15 - Biodentine e 24 - IRM respetivamente.....	47
Figura 12. Impermeabilização da superfície externa no espécime 22.....	46
Figura 13. Suporte com os espécimes embebidos no corante azul-de-metileno a 2% à esquerda e à direita imagem representativa dos poços do suporte (A) e esquema que ilustra um espécime num poço (B).....	48
Figura 14. Dente do grupo A, espécime 3, corretamente posicionado no micrótomo, antes da execução do corte	49
Figura 15. Medição da máxima infiltração do corante no espécime 2 no programa informático LAS V3.8	50
Figura 16. Esquema que representa a metodologia aplicada neste estudo.....	50
Figura 17. Visualização da infiltração do corante azul-de-metileno a 2% nos grupos A, B e C, com identificação dos espécimes.....	54
Figura 18. Visualização da infiltração associada ao controlo negativo, em cima, e positivo, em baixo, correspondente a cada grupo.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. “Box plot” ilustrando a distribuição dos resultados da microinfiltração por grupo.....55

Gráfico 2. Gráfico ilustrativo dos valores médios de microinfiltração, por grupo.....57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças entre a abordagem cirúrgica tradicional e a microcirúrgica (Kim e Kratchman, 2006)	20
Tabela 2. Indicação da angulação de todos os espécimes da amostra.....	35
Tabela 3. Apresentação do material utilizado para obturação.....	42
Tabela 4. Organização da amostra e distribuição dos materiais em estudo por grupo...	45
Tabela 5. Apresentação dos materiais de retrobturação em estudo.....	46
Tabela 6. Quantidade de infiltração em mm obtida em cada um dos 30 espécimes da amostra.....	52
Tabela 7. Análise descritiva dos resultados da extensão da infiltração obtidos pelos três grupos em estudo.....	55
Tabela 8. Teste ANOVA com correção de Brown-Forsythe em que se faz a comparação dos valores médios de microinfiltração para os três grupos.....	56
Tabela 9. Resultados do teste “post-hoc” Tamhane, comparação múltipla dos valores médios de microinfiltração, entre pares de grupos.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS

NaOCL – Hipoclorito de sódio

EDTA – Ácido etilenodiaminotetracético

% - Percentagem

MTA – Agregado trióxido mineral (ProRoot® MTA)

SuperEBA – Cimento de óxido de zinco eugenol reforçado, com 32% de eugenol e 68% de ácido etoxibenzóico (SuperEBA™)

IRM – Material restaurador intermédio (IRM®)

LED – Longo eixo do dente

LAP – Lima apical principal (Lima de maior calibre que chega ao comprimento de trabalho)

SPSS – Programa estatístico para as ciências sociais.

VWR - Empresa internacional de distribuição e fornecimento de material de laboratório

V-L – Vestíbulo lingual

M-D – Mesial Distal

Mm - milímetro

I. INTRODUÇÃO

A endodontia compreende uma série de abordagens que visam, na sua globalidade, conservar o dente natural por mais tempo, preservando a sua função e relevância estética, através da prevenção e tratamento da patologia periapical (Peters & Peters, 2011).

O aparecimento de novas técnicas e instrumentos tem contribuído muito para a execução de uma boa prática endodôntica, sendo o grande objetivo melhorar a qualidade e o sucesso dos tratamentos (Johnson, Fayad & Witherspoon, 2011).

O tratamento endodôntico convencional, no seu intuito de promover uma instrumentação e obturação tridimensional, tem demonstrado uma percentagem de sucesso na ordem dos 79 a 96%. Todavia, na eventualidade de entrar em fracasso há necessidade de uma nova intervenção por um processo designado por retratamento, quando este é possível, e a sua percentagem de sucesso desce para os 62% (Sjogren, Hagglund, Sundqvist & Wing, 1990).

Se subsistir o insucesso após abordagem por via coronária, a última alternativa para conservação de um dente na cavidade oral é a cirurgia endodôntica (Karabucak & Setzer, 2007, Glickman & Hartwell, 2008).

A apicectomia, a retro preparação de uma cavidade e o seu preenchimento com materiais, cujas propriedades físicas e mecânicas são adequadas e que demonstram biocompatibilidade e capacidade de selamento marginal, constituem três elementos chave do tratamento cirúrgico (Filho, Figueiredo e Tanomaru, 2005, Valera, Camargo, Carvalho e Gama, 2006). É seu objetivo a prevenção da passagem de bactérias e toxinas para os tecidos periapicais (Johnson *et al.*, 2011).

Nas últimas duas décadas, a introdução de instrumentos microcirúrgicos, a utilização do microscópio e pontas ultrassónicas, o aprimoramento de técnicas e o desenvolvimento de materiais com melhores especificações para o preenchimento hermético e tridimensional da cavidade retrógrada têm melhorado muito o conceito da endodontia cirúrgica, elevando o sucesso para a ordem dos 90% (Kim & Kratchman, 2006, Kim, Song, Jung, Lee & Kim, 2008, Tsesis, Faivishevsky & Rosen, 2009).

A escolha do material retrobturador é um dos fatores mais decisivos para o sucesso a longo-prazo da cirurgia endodôntica, segundo Watts, Holt, Beeson, Kirkpatrick e Rutledge (2007), pois estes devem encerrar todos os caminhos que permitam a comunicação entre o espaço intra-radicular e o espaço extra-radicular.

A amálgama foi nomeada durante décadas como material eleito para preenchimento das cavidades retrógradas, apesar das suas limitações no selamento e na toxicidade (Delivanis & Tabibi, 1978). Posteriormente o IRM e o SuperEBA evidenciaram benefícios, de que a amálgama não dispunha. Alguns estudos demonstraram que a capacidade de selamento é melhor e que a biocompatibilidade e tolerância dos tecidos são superiores (Fogel & Peikoff, 2001, Baek, Plink & Kim, 2005).

Mais recentemente surge o MTA (ProRoot MTA; Denstply, Tulsa, OK, EUA), material à base de silicato de cálcio, cujas potencialidades têm sido amplamente investigadas. Este demonstra competência para regenerar o ligamento periodontal, excelente biocompatibilidade e ótima capacidade de selamento (Torabinejad & Parirokh, 2010). É um material que, segundo Gartner e Dorn (1992), cumpre a maioria dos requisitos que se exigem idealmente de um material de retrobturação.

Não obstante, novos materiais baseados em silicato de cálcio têm sido investigados e desenvolvidos a partir de matérias-primas puras, demonstrando características promissoras face às insuficiências do MTA. Biodentine™ é um dos cimentos ricos em silicato de cálcio. É conhecido pela sua bioatividade e tem vindo a revelar capacidade de selar cavidades retrógradas (Camilleri, 2008, Gandolfi, Pagani & Perut, 2008, Camilleri, Sorrentino & Damidot, 2013).

Tem sido dada muita ênfase aos estudos de infiltração, que permitem avaliar a qualidade do selamento, porque um selamento ineficaz com permanência de espaços vazios entre o material de retrobturação e as paredes da cavidade, favorece a manutenção de bactérias e a sua infiltração a partir dos canais infetados para os tecidos periapicais, prolongando a inflamação subjacente, estando esta adversidade na origem da maioria das falhas que surgem no tratamento endodôntico cirúrgico (Wu & Wesselink, 1993, Taschieri, Bettach, Lolato, Moneghini & Del Fabro, 2011).

A qualidade do selamento apical, promovida pelos materiais de retrobturação, é amplamente avaliada pela medição da extensão da penetração de um corante na interface do material obturador e das paredes dentinárias (Higa, Torabinejad, Mckendry, & Mcmillan, 1994).

Neste sentido, o propósito deste trabalho consiste na comparação da capacidade de selamento hermético de três materiais: ProRoot® MTA, Biodentine™ e IRM®, de uma cavidade retrógrada criada na última porção da raiz, pós-secção apical, determinando assim a maior ou menor possibilidade de sucesso da intervenção por via cirúrgica.

1. Fundamentação teórica

1.1 Tratamento endodôntico convencional

Os objetivos do tratamento do sistema de canais radiculares são a limpeza e a instrumentação adequada do espaço pulpar, para que se concretize, por meio da obturação com materiais de preenchimento canal, um selamento tridimensional e hermético, constituindo este, uma barreira à penetração de bactérias e dos seus produtos (Kossev & Stefanov, 2009, Peters & Peters, 2011).

No entanto, por diversos motivos surgem falhas no tratamento endodôntico. Vertucci e Haddix (2011) relataram que um fraco conhecimento da configuração e morfologia do canal radicular podem motivar, em grande parte, o insucesso. Consideraram, neste sentido, que para além do diagnóstico e do planeamento do tratamento é fundamental entender a complexidade do canal radicular, bem como os métodos de desinfecção, desbridamento e obturação para que o êxito aumente (Vertucci & Haddix, 2011). Segundo Lopes, Júnior, Pinto e Elias (2004) a impreparação do operador pode conduzir à formação de degraus, perfurações, fratura de instrumentos no interior dos canais e/ou desvios do trajeto original. Também Torabinejad, Corr, Handysides e Shabahang (2009) sublinharam a importância dos conhecimentos técnicos e científicos do profissional, bem como a sua experiência.

Mesmo perante procedimentos de elevada qualidade, com rigorosos métodos de desinfecção e instrumentação e concebidos por profissionais experientes, aparecem falhas que têm que ver com a própria complexidade da anatomia radicular que não permite a limpeza e a obturação integral dos minuciosos detalhes do dente (Gluskin, Peters, Wong & Ruddle, 2008). Por esta ordem de ideias, permanecendo microrganismos em locais como os túbulos dentinários, as irregularidades dos canais, os deltas apicais e as zonas de istmo o sucesso da endodontia pode ficar condicionado, particularmente se estes, com patogenicidade e em número suficiente, passarem para os tecidos periapicais, desenvolvendo ou perpetuando a inflamação dos tecidos de sustentação do dente (Johnson & Kulild, 2011). Walivaara, Abrahamsson, Fogelin e Isaksson (2011) apontaram como razões para o fracasso: a infiltração bacteriana de origem coronária, a permanência de material infetado no canal principal ou nos canais laterais e material obturador em quantidade insuficiente e adaptado precariamente.

1.2 Cirurgia endodôntica

O tratamento endodôntico convencional, não cirúrgico, dá resposta à maioria dos casos, e com índices de sucesso a longo prazo muito elevados. Não obstante, algumas complicações podem obrigar a uma intervenção diferente (Kim & Kratchman, 2006).

O retratamento representa a primeira opção para resolver as falhas do tratamento primário antecedente, a não ser que se preveja de antemão que não melhora os resultados ou caso seja impraticável (Johnson *et al.*, 2011). Nessa eventualidade, o recurso disponível é a cirurgia, como última alternativa para manutenção do dente, na consideração de este ser restaurável e com suporte periodontal apropriado (Glickman & Hartwell, 2008, Torabinejad *et al.*, 2009). Uma outra indicação da cirurgia é a necessidade de biopsia do tecido afetado (Johnson *et al.*, 2011).

A cirurgia endodôntica surge com o propósito de tratar a patologia periapical, pela prevenção da passagem de bactérias e dos seus produtos do sistema canalar para o espaço periapical, devendo, ainda, promover a regeneração e a reparação dos tecidos que envolvem o ápex (Torabinejad & Chivian, 1999, Tsesis, Rosen, Schwartz-Arad & Fuss, 2006). Esta técnica envolve vários processos: exposição do ápex radicular, curetagem periapical, ressecção apical, preparação de uma cavidade retrógrada e por fim inserção de um material para preenchimento desse mesmo espaço (Torabinejad, Higa, McKendry & Pitt Ford, 1994, Torabinejad & Chivian, 1999, Glickman & Hartwell, 2008).

A seleção do material de retrobturação é um passo fundamental para o sucesso a longo prazo da cirurgia endodôntica, pois este deverá ser capaz de selar tridimensionalmente e de uma forma impermeável a área do canal radicular onde é introduzido, bloqueando qualquer via para a passagem de microrganismos (Johnson, 1999, Fogel & Peikoff, 2001, Kim & Kratchman, 2006).

A complexidade da anatomia radicular, designadamente pela percentagem elevada de deltas apicais no último terço da raiz, é um dos motivos para se intervir cirurgicamente (Glickman & Hartwell, 2008), uma vez que estes condutos são um nicho de material bacteriano, capaz de perpetuar uma infecção periapical (Walivaara *et al.*, 2011). Kim e Kratchman (2006) afirmam que através da ressecção apical se eliminam cerca de 98% das ramificações e 93% dos canais laterais.

1.3 Microcirurgia endodôntica

O desenvolvimento recente de instrumentos microcirúrgicos, ultrassônicos e novos materiais retrobturadores, bem como materiais para o controlo da hemóstase, e também uma melhoria da magnificação e iluminação a par de uma compreensão aprofundada da biologia dos tecidos e da cicatrização dos mesmos, tem vindo a posicionar a cirurgia periapical num patamar mais elevado, tornando-se numa alternativa à extração e substituição dentária muito viável, com uma percentagem de sucesso a rondar os 90% (Kim & Kratchman, 2006, Glickman & Hartwell, 2008, Kim *et al.*, 2008, Tsesis *et al.*, 2009, Johnson *et al.*, 2011, Song, Shin & Kim, 2011b).

Em termos práticos, esta evolução traduz-se na realização de procedimentos mais precisos. Diminuiu-se o biselamento da porção radicular cortada, a preparação da cavidade retrógrada passou a ser feita no sentido perpendicular ao longo eixo do dente e com um comprimento de 3-4mm e a osteotomia mais conservadora, preservando-se, assim, osso e estrutura dentária (Rubinstein & Kim, 1999, Tsesis *et al.*, 2009).

A cirurgia endodôntica tradicional cingia-se à utilização de brocas e de materiais de retrobturação inicialmente projetados para dentisteria, como a amálgama e não aplicava qualquer método de magnificação. Os resultados pouco satisfatórios, desencadeados por esta técnica, começaram a ser contrariados na década de 90 com o apogeu da microcirurgia que dá uso a microinstrumentos, a pontas ultrassónicas que substituem as brocas, a materiais de retrobturação mais biocompatíveis e a um elevado nível de magnificação, concedido pelo microscópio ou endoscópio, e iluminação (Kim & Katchamn, 2006, Song *et al.*, 2011b, Setzer, Kohli, Shab, Karabucak & Kim, 2012).

A elevada magnificação permite uma observação mais pormenorizada dos detalhes anatómicos, como é o caso dos canais acessórios, laterais e istmo e possibilita a deteção de micro fraturas (Kim & Kratchman, 2006). Estes avanços, segundo Tsesis *et al.* (2009) são uma oportunidade para a obtenção de resultados mais bem-sucedidos a longo prazo. O aperfeiçoamento das técnicas tornou o sucesso da cirurgia moderna superior ao da cirurgia tradicional (Tsesis *et al.*, 2006).

Rubinstein e Kim (1999) e Kim e Kratchman (2006) reforçam a vantagem de se combinar a elevada magnificação com a excelente iluminação e a utilização de instrumentos microcirúrgicos, para fazer face à complexidade da anatomia radicular. Estes mesmos autores referem que um dos requisitos da ADA, American Dental Association, nos programas de

ensino da endodontia especializada é a utilização de magnificação, através da utilização do microscópio, pelo que podemos compreender a sua relevância.

A utilização do microscópio permite ao operador uma manipulação dos tecidos mais rigorosa e uma grande precisão na eliminação da lesão patológica, causando um menor prejuízo para os tecidos (Kim & Katchman, 2006, Johnson *et al.*, 2011).

Numa meta-análise da literatura Setzer *et al.* (2012) demonstraram haver um sucesso superior quando se utiliza a microcirurgia endodôntica, realçando o poder da elevada magnificação para a obtenção de melhores resultados.

Na tabela 1, está um quadro representativo das principais diferenças entre o método tradicional e a microcirurgia.

	<i>Cirurgia tradicional</i>	<i>Microcirurgia</i>
1. Tamanho da osteotomia	Aprox. 8-10 mm	3-4 mm
2. Grau do ângulo do bisel	45-65 graus	0-10 graus
3. Inspeção da superfície radicular cortada	Não	Sempre
4. Identificação do istmo e tratamento	Impossível	Sempre
5. Preparação da cavidade retrógrada	Raramente dentro do canal	Sempre dentro do canal
6. Instrumentos da preparação da cavidade retrógrada	Brocas	Pontas ultrassónicas
7. Materiais retrobturadores	Amálgama	MTA ou outros materiais como o SuperEBA
8. Sutura	Fio de seda 4 x 0	Monofilamentos 5 x 0,6 x 0
9. Remoção de sutura	7 dias depois	2/3 dias depois
10. Sucesso em termos de saúde (1 ano depois)	40-90%	85-96,8%

Tabela 1. Diferenças entre a abordagem cirúrgica tradicional e a microcirúrgica (Kim e Kratchman, 2006).

1.3.1 Apicectomia

Weston, Moule e Bartold (1999) definem apicectomia como sendo o corte da porção apical da raiz e a curetagem do tecido envolvente. Assim sendo, os seus objetivos fundamentais são: remover a lesão periapical persistente, prevenir a sua recorrência e promover a regeneração dos tecidos (Johnson, 1999, Baek *et al.*, 2005).

A secção apical da raiz era inicialmente biselada, para contribuir para melhor visualização, visto que não se usava qualquer método de ampliação de imagem. Embora se tenha vindo a provar que o corte em 45° exponha maior número de túbulos dentinários, o que contribui para maior infiltração (Harikaran, Kavitha & Narayanan, 2010). Com o desenvolvimento da magnificação e iluminação o corte passou a ser feito em ângulo de 90° com longo do eixo do dente, além de que é mais indicado sob o ponto de vista biológico (Johnson *et al.*, 2011).

Kim e Kratchman (2006) advertem para uma remoção não inferior a 3mm, sob pena de não serem removidos os canais laterais e as ramificações eventualmente existentes, que albergam microrganismos cuja permanência contribui para a reinfeção.

1.3.2 Confeção da cavidade retrógrada

A cavidade retrógrada, um espaço criado na porção apical da raiz com aproximadamente 3mm de profundidade, deverá ser limpa e adequadamente preparada para receber os materiais de retrobturação (Gartner & Dorn, 1992).

É considerado um passo fundamental da cirurgia endodôntica para obtenção do selamento apical, pois a cavidade criada deve assumir uma dimensão suficiente para albergar o material de retrobturação, mas sem que isso implique um comprometimento do dente (Carr, 1997). A preparação da cavidade tem vindo a ser concretizada com instrumentos ultrassónicos, desencorajando a utilização de brocas, que provocam maior desgaste do osso envolvente e por isso um pós-operatório mais desconfortável para o paciente e obrigam frequentemente à criação de um bisel na extremidade radicular seccionada, que expõe mais túbulos dentinários, aumentando a propensão para infeção (Berbert *et al.*, 2010, Rosales-Leal, Olmedo-Gaya, Vallecillo-Capilla & Luna-Del-Castillo, 2011). A utilização do sistema ultrassónico é mais vantajoso porque permite criar um espaço centrado no canal, segundo o longo eixo do dente, proporcionando uma classe I, além de que permite uma abordagem mais conservadora e um espaço mais limpo (Engel & Steiman, 1995, Carr, 1997, Berbert *et al.*, 2010, Johnson *et al.*, 2011).

Apesar das vantagens que se associam a este método, um estudo efetuado por Leal, De-Deus, Brandão, Luna, Fidel e Souza (2011) permitiu-lhes concluir que a preparação da cavidade retrógrada com pontas ultrassônicas só melhora os resultados de selamento e adaptação marginal no caso de serem utilizados materiais retrobturadores que não têm a capacidade de promover um selamento hermético, como é o caso da amálgama, IRM e ionómero de vidro.

Outra questão que se coloca na utilização de pontas ultrassônicas é a eventual formação de micro fraturas radiculares, que podem comprometer o sucesso do tratamento, no entanto este permanece um assunto controverso na literatura (Taschieri, Testori, Francetti & Del Fabbro, 2004).

1.4 Materiais de retrobturação

O tratamento endodôntico cirúrgico é praticado desde o séc. XIX. Desde então, inúmeros materiais têm sido indicados para preenchimento da cavidade retrógrada. Amálgama, Cavit, IRM, gutta-percha, parafusos de titânio, cimentos de policarboxilato, polivinil e de ionómero de vidro, fosfato de zinco e cones de prata são alguns exemplos, embora a maioria esteja em desuso (Johnson, 1999). Há várias insuficiências, já relatadas na literatura, que descontinuam a sua utilização. Torabinejad e Chivian (1999) mencionaram a limitada capacidade de prevenção à passagem de irritantes dos canais radiculares infetados para os tecidos periapicais, a fraca biocompatibilidade pelos tecidos vivos e ainda a incompetência em promover a regeneração dos tecidos envolventes. Johnson (1999) referiu ainda lacunas em termos de solubilidade e condições de manipulação.

A necessidade de ultrapassar falhas e melhorar o sucesso dos tratamentos tem sido uma motivação para o estudo e investigação de novos materiais. No domínio da endodontia cirúrgica, pretende-se essencialmente alterar a posição da amálgama dentária, que foi considerada, durante largas décadas, material de eleição para preenchimento de cavidades retrógradas, por ser económica, de manipulação simples e de fácil obtenção (Johnson, 1999). Os seus inconvenientes como a citotoxicidade (Dorn & Gartner, 1990) e a baixa capacidade de selamento (Stabholz, Shani, Friedman & Abed, 1985, Wu, Kean & Kersten, 1990, Fogel & Peikoff, 2001) têm vindo, porém, a motivar a sua substituição pelo IRM e pelo SuperEBA, cimento de Super ácido-etoxibenzóico, que têm melhores propriedades no que respeita à compatibilidade biológica e selamento (Oynick & Oynick, 1978, Baek *et al.* 2005).

Para além dos cimentos à base de óxido de zinco eugenol, como o IRM e o SuperEBA já referidos, têm-se destacado na literatura as resinas compostas, como o Retroplast (Retroplast™, Retroplast ApS, Roervig, Dinamarca), Diaket (Diaket®, ESPE-Premier, Norristown, P.A., Estados Unidos) e Geristore (Geristore®, Denmat, Lompoc, Califórnia, EUA) e o MTA (ProRoot MTA®, Denstply, Tulsa, OK, EUA) agregado trióxido mineral, que já faz parte do grupo dos materiais biocerâmicos (Dorn & Gartner, 1990, Torabinejad & Pitt Ford, 1996, Johnson, 1999, Chong, Pitt Ford & Hudson, 2003, Walivaara *et al*, 2011). O selamento hermético da última porção radicular é de extrema importância devido à ação metabólica ativa e permanente que ocorre na região periapical. Os materiais que preenchem esta última porção estão, assim, em convívio constante com um ambiente húmido. Torna-se, deste modo, imprescindível a procura de materiais capazes de enfrentar as condições do meio envolvente, possibilitando um selamento de longo-prazo. Os cimentos biocerâmicos têm vindo a demonstrar competências ótimas para cumprir este objetivo porque apresentam potente atividade antibacteriana, elevada biocompatibilidade, habilidade para o selamento mesmo na presença constante de humidade, formação de ligação química com as paredes dentinárias, são insolúveis nos fluídos orais, sofrem expansão durante a tomada de presa, têm uma excelente radiopacidade e são fáceis de manipular (Kossev & Stefanov, 2009).

O MTA ocupa atualmente a posição mais privilegiada para o preenchimento da cavidade retrógrada, já que foi o primeiro material a ser criado precisamente para este objetivo. Mostra excelente biocompatibilidade a par de uma boa apetência para o selamento hermético (Torabinejad, Smith, Kettering & Pitt Ford, 1995c, Torabinejad & Pariokh, 2010). Os demais, como o IRM e SuperEBA, ainda assim continuam a ser utilizados pela sua relação custo-efeito positivo e pela facilidade de manipulação (Song & Kim, 2012).

Ainda no conjunto dos biocerâmicos, destacam-se o Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, França) e o BioAggregate® (Innovative Bioceramics Inc. Vancouver, Canada), também à base de silicato de cálcio e que têm vindo a merecer reconhecimento (Camilleri, 2008, Gandolfi *et al.*, 2008), designadamente pela bioatividade e biocompatibilidade que apresentam (Zhao, Wang, Zhai, Wang & Chang, 2005).

O cimento de silicato tricálcico e as substâncias que conferem radiopacidade, óxido de zircónia no caso do Biodentine™ e óxido de tantalum no caso do BioAggregate®, representam a sua constituição base (Grech, Mallia & Camilleri, 2012, Grech, Mallia & Camilleri, 2013).

1.4.1 Requisitos de um material de retrobturação

O material requerido para preencher uma cavidade retrógrada deve, idealmente, aderir firmemente às paredes dentinárias do preparo cavitário criado na última porção da raiz. Para além da exigência da sua função primordial o material deve ser bem tolerado pelos tecidos periapicais envolventes, ou seja, ser biocompatível, excluindo a possibilidade de ser tóxico ou corrosivo. Também deverá ser estéril, bacteriostático e bactericida e ser capaz de promover a regeneração dos tecidos periapicais. Quanto à manipulação, esta deverá ser fácil e o tempo de presa rápido, sem alterações dimensionais à *posteriori*. O material ainda deverá ser eletroquimicamente inativo e radiopaco, não ser reabsorvível, e não ser afetado pela humidade ou por condições de pH baixo (Gartner & Dorn, 1992, Johnson, 1999, Johnson & Witherspoon, 2006).

Torabinejad, Hong, McDonald e Pitt Ford (1995a), Gartner e Dorn (1992) e Johnson *et al.* (2011) referem que um material biocompatível é aquele que é capaz de induzir a regeneração do ligamento periodontal e a cementogénese em redor da porção radicular apical selada.

Para Wu e Wesselink (1993), a propriedade mais desejável é a impermeabilidade dos materiais de retrobturação, mesmo a moléculas pequenas.

Deste modo, é objetivo fundamental de um material de retrobturação promover um selamento apical impermeável aos fluidos orgânicos e aos microrganismos, provenientes do sistema de canais radiculares, para os tecidos periapicais envolventes, que induzem a sua inflamação (Hasheminia, Nejad & Asgary, 2010).

1.4.2 IRM

O material de restauração intermédio, designado por IRM, é um cimento de óxido de zinco eugenol. A diferença para o SuperEBA, é que este no lugar do eugenol apresenta ácido etoxibenzóico. O IRM foi apresentado com efetividade superior à amálgama para o preenchimento das cavidades retrógradas (Chong & Pitt Ford, 2005). Embora Fogel e Peikoff (2001), num estudo sobre microinfiltração de materiais de retrobturação, não tenham encontrado diferenças significativas entre a amálgama e o IRM. Mas com a amálgama a manifestar piores resultados que o SuperEBA e o MTA.

Em 1990, Dorn e Gartner, publicaram um estudo retrospectivo que valoriza o IRM. Numa amostra de 488 casos, 91% dos dentes retrobturados com este material, num período de

6 meses a 10 anos apresentaram sucesso. Tendo sido neste mesmo ano, que o IRM foi apresentado a primeira vez como material de retrobturação.

Chong *et al.* (2003) também descrevem um índice de sucesso do IRM de 76% ao fim de 12 meses e 87% ao fim de 24 meses, com valores semelhantes ao MTA e quando utilizados como materiais de retrobturação.

Gartner e Dorn (1992) afirmam que as vantagens deste material são: a tolerância dos tecidos, o bom selamento e o sucesso clínico. Como desvantagem, é referido o facto da radiopacidade dos cimentos de óxido de zinco eugenol ser análoga à gutta percha, uma vez que idealmente um material retrobturador, radiograficamente, deve poder distinguir-se do material de obturação (Johnson, 1999). Esta radiopacidade é desencadeada pelo óxido de zinco, que representa 80% do cimento, enquanto o restante é constituído por polimetil metacrilato (Grech *et al.*, 2013).

Outro inconveniente, mencionado por Markowitz, Moynihan, Liu, M. e Kim (1992) é a citotoxicidade desencadeada pelo eugenol, que pode desencadear efeitos prejudiciais nos tecidos periapicais.

Grech *et al.* (2013) refere ainda que o IRM tem um tempo de presa muito reduzido, no entanto uma solubilidade aceitável que é semelhante aos cimentos baseados em silicato de cálcio.

1.4.3 ProRoot MTA

O MTA foi nomeado pela Dentsply, empresa de produção, com o nome de marca: ProRoot® MTA. É um material que resulta de uma modificação do cimento de Portland, cujo componente principal é o silicato tricálcio (Camilleri, 2008, Biodentine Scientific File 2010).

O agregado trióxido mineral ou MTA como é geralmente mencionado, foi desenvolvido pelo Endodontista Dr. Mahmoud Torabinejad e seus colaboradores na Universidade de Loma Linda, Califórnia, em 1993. Este autor, Torabinejad, em 1995a, juntamente com os seus colaboradores, descreveram num estudo intitulado “Physical and Chemical Properties of a New Root-End Filling Material” que a forma original é o MTA cinza e que os seus principais constituintes são o silicato de cálcio (CaSiO_4), o óxido de bismuto (Bi_2O_3), o carbonato de cálcio (CaCO_3), o sulfato de cálcio (CaSO_4) e o aluminato de cálcio (CaAl_2O_4). Orosco, Bramante, Garcia, Bernardineli e Moraes (2010) descrevem que o pó, constituído por finas partículas hidrofílicas, juntamente com a água estéril forma

um gel coloidal, que solidifica em menos de quatro horas, formando uma matriz de cristais amorfa. Esta matriz é constituída por 33% de cálcio, 49% fosfato, 2% de carbono, 3% cloreto e 6% de sílica. Os cristais são de óxido de cálcio (Torabinejad *et al.*, 1995a). Entretanto as características deste agregado dependem do tamanho das partículas, da relação pó-água, da temperatura, da presença de água e da entrada de ar (Torabinejad, Watson & Pitt Ford, 1993).

O MTA é um material com excelente biocompatibilidade (Kim e Kratchman, 2006, Torabinejad & Parirokh, 2010). A presença marcante dos iões cálcio e fósforo na sua composição parecem justificar esta característica, por serem elementos abundantes nos tecidos duros do dente. Somando ao facto de o seu pH ser elevado, tal como no hidróxido de cálcio, induzindo a formação de uma barreira de tecido duro (Torabinejad *et al.*, 1995a). Baek *et al.* (2005) ao comparar o MTA com o SuperEBA e a amálgama, verificou que este obteve uma menor infiltração de substâncias polimorfonucleares e melhor capacidade para promover a formação e regeneração de osso e cimento, tendo sido o único material a formar uma barreira biológica em torno do ápex.

A radiopacidade deste material é conferida pelo óxido de bismuto, tornando-a semelhante à alumina (Torabinejad *et al.*, 1995a).

Num estudo sobre as propriedades físicas e químicas Torabinejad *et al.* (1995a) compararam o tempo de presa, a força de compressão, a radiopacidade e a solubilidade do MTA em relação à amálgama, ao SuperEBA e ao IRM. Concluem que o tempo de presa do MTA é de 2 horas e 45 minutos, que a sua força de compressão aumenta com o tempo, porque nas primeiras 24 horas é de 40 MPa mas 21 dias depois já é de 67 MPa e que depois de tomar presa, o MTA tem uma solubilidade semelhante à amálgama e ao SuperEBA. Quanto ao pH demonstraram que inicialmente é de 10.2, mas 3 horas após a mistura aumenta para 12.5.

No mercado estão disponíveis duas formas de MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA): ProRoot MTA cinza e ProRoot MTA branco (Torabinejad *et al.*, 1994, Torabinejad, Rastegar, Kettering & Pitt Ford, 1995b). Shahi *et al.* (2011) não verifica diferenças significativas de infiltração entre estes dois materiais.

O MTA branco “White MTA” é uma variação da forma original do MTA cinza “gray MTA” e surgiu no ano de 2002, para áreas esteticamente mais relevantes, pois reduz o risco de escurecimento do dente (Watts *et al.*, 2007).

A composição química de ambos é muito semelhante. Cada um contém: 75% de cimento Portland, 20% de óxido de bismuto e 5% de gypsum por peso (Al-Hezaimi, Naghshbandi, Oglesby, Simon & Rotstein, 2005).

A maior diferença observada, é na presença de macrófagos e/ou células multinucleadas gigantes adjacentes ao material, que no MTA cinza se revela em maior quantidade (Johnson *et al.*, 2011).

O MTA tem uma natureza hidrofílica, sofrendo expansão higroscópica na presença de humidade durante a tomada de presa, possibilitando um excelente selamento da interface dente-material (Torabinejad *et al.*, 1995a, Torabinejad *et al.*, 1995b).

Torabinejad e Parirokh (2010) afirmam que a melhor adaptação marginal obtida pelo MTA, se deve à formação de uma interface rica em minerais. Por exemplo, no estudo de Han e Okiji (2011), estes autores acrescentam que esta camada, que se forma na dentina que está em contacto com o MTA na presença de uma solução de fosfato, é mais rica em silicato, libertado por este, do que em cálcio, sendo esta característica responsável pela sua bioatividade, também muito própria dos restantes materiais ricos em silicato de cálcio. De uma forma mais simples, Grech *et al.* (2012) explica que os materiais de retrobturação uma vez colocados na cavidade e em contacto com os fluidos orais, libertam determinados componentes que afetam os tecidos periapicais que envolvem a raiz dentária.

Este é um material muito promissor porque tem inúmeras aplicações clínicas. É utilizado para apexificação, proteção pulpar e pulpotomia, reabsorção radicular interna, para reparação da perfurações e é um material de retrobturação (Torabinejad & Chivian, 1999 e Torabinejad *et al.*, 1995a, Chong *et al.*, 2003).

Não há, todavia, no mercado um material que perfaça as características ideias. Também no MTA se detetam inconvenientes, como o longo tempo de presa e a dificuldade de manipulação (Watts *et al.*, 2007).

1.4.4 Biodentine

Biodentine™ é um cimento bioativo (Septodont, Saint Maur-des-Fossés, França), formado fundamentalmente por silicato tricálcio, que representa o principal componente do cimento de Portland (Dammachke, 2012). No entanto, ao passo que o MTA é maioritariamente constituído por silicato de cálcio que deriva do clínquer do cimento de Portland o Biodentine é formado por silicato de cálcio sintetizado a partir de matérias-primas puras (Asgary Eghbal & Parirokh, 2008, Camilleri *et al.*, 2013).

  um material recente, com características que contornam os pontos desfavoráveis inerentes ao MTA, como o tempo de presa e a dificuldade de manipulação, referidas anteriormente (Johnson, 1999, Camilleri, 2008, Gandolfi *et al.*, 2008).

  produzido pela empresa Septodont (Saint Maur des Fossés, France) e distingue-se dos demais materiais utilizados em endodontia pelas suas propriedades físicas, pois apresenta um tempo de presa reduzido, o que diminui o risco de contaminação bacteriana, adapta-se facilmente ao espaço que se pretende restaurar e tem uma elevada força de compressão. Alia, ainda, estas vantagens   ótima biocompatibilidade e bioatividade própria dos cimentos de silicato de cálcio (Biodentine Scientific File, 2010, Zhao *et al.*, 2005).

Han e Okiji (2011) evidenciaram uma capacidade de biomineralização do Biodentine superior ao MTA quando em contacto com uma solução rica em fosfato. Grech *et al.* (2013) provaram que o Biodentine, em comparação com o BioAggregate e o IRM, tem a maior força de compressão e propriedades de superfície melhores e isto pode dever-se, segundo o fabricante (Biodentine Scientific File, 2010) a uma relação estreita entre a água e o cimento.

  formado por um p  e por um líquido. O p    constituído por silicato tricálcico (principal componente) e dicálcico, óxido de cálcio, carbonato de cálcio e dióxido de zirc nio, responsável pela radiopacidade. O líquido cont m cloreto de cálcio, que acelera o tempo de presa, sendo também um agente redutor de  gua (Biodentine Scientific File 2010, Dammaschke, 2012). O  xido de zirc nio, como elemento que confere radiopacidade, provou ainda ser inerte, em comparação com o óxido de bismuto do MTA (Camilleri *et al.*, 2013). Foi inicialmente produzido como material de restauração de dentina. No entanto pode ser utilizado para proteção pulpar direta e indireta, pulpotomia, restauração de cavidades cervicais, reparação de perfurações e reabsorções internas e externas, apexificaç o e retrobturac o das cavidades retr gradadas na cirurgia apical (Biodentine Scientific File 2010, Dammaschke, 2012, Grech *et al.*, 2013).

1.5 Causas do insucesso da cirurgia endodôntica

As técnicas de cirurgia endodôntica moderna apresentam um  ndice de sucesso de 91.6%, com 4.7% de insucesso, dados apresentados por Tsesis *et al.* (2009). Estes valores evidenciam a probabilidade de obtenção de bons resultados pela via cirúrgica.

Nos casos em que permanece uma lesão apical após a abordagem cirúrgica, há uma série de fatores que concorrem para este entrave, como: avaliação clínica e radiográfica, condição sistêmica e demográfica do paciente, método cirúrgico, materiais de retrobturação utilizados, anatomia do dente e dos tecidos que o envolvem, qualidade do tratamento endodôntico prévio e da restauração coronária (Tsesis *et al.*, 2009). Song, Jung, Lee, Lee e Kim (2011a) ainda referem como fatores de prognóstico o sexo do paciente, a posição do dente e o tipo de lesão periapical.

Taschieri *et al.* (2011) defendem, contudo, que a forma de preparação da cavidade retrógrada e o preenchimento tridimensional da mesma são os fatores mais significativos para o sucesso dos resultados. À semelhança do que é defendido por Song *et al.* (2011b), que sublinham também a ausência de tratamento de um canal ou istmo e a ineficácia de um material de retrobturação, ressaltando ainda para a vantagem da utilização da técnica microcirúrgica.

Assim sendo o fator mais negativo para o insucesso cirúrgico é a presença de espaços entre o material de preenchimento e as paredes do canal, que permitem uma infiltração contínua de bactérias para o espaço periapical, perpetuando a inflamação (Wu e Wesselink, 1993, Song *et al.*, 2011b, Taschieri *et al.*, 2011).

1.6 Estudos de selamento

Desde a década de setenta que o número de publicações sobre infiltração tem vindo a aumentar substancialmente nos jornais de literatura endodôntica, e hoje em dia representam uma parcela significativa das investigações feitas em endodontia contemporânea, o que salienta a importância do selamento marginal para o sucesso de um tratamento canal (Wu & Wesselink, 1993).

Assim sendo, os estudos de infiltração são uma via para testar defeitos na capacidade de selamento dos materiais de preenchimento de cavidades, considerando que a permanência de espaços na interface dentina-material, facilita a transição de bactérias e toxinas para os tecidos periapicais (Veríssimo & do Vale, 2006).

Uma variedade de técnicas têm sido assim aplicadas para se ter acesso à infiltração em endodontia. De referir a utilização de: corantes (Vertucci & Beatty, 1986, Wu *et al.*, 1990, Torabinejad *et al.*, 1993, Ahlberg, Assavanop & Tay, 1995), corante fluorescente (Abdal, Retief & Jamison, 1982), bactérias (Torabinejad *et al.*, 1995b, Kazem, Eghbal & Asgary, 2010), radioisótopos, fluidos (Fogel & Peikoff, 2001, Koçac, Koçak, Aktuna, Gorucu, &

Yaman, 2011), saliva humana (Al-Hezaimi *et al.*, 2005) ou glucose (Leal *et al.*, 2011) e técnicas eletroquímicas (Wu & Wesselink, 1993, Theodosopoulou & Niederman, 2005). Todavia, o método, ainda assim, mais fácil e acessível de estudar é a medição linear da penetração de um corante, que permite a obtenção de resultados semi-quantitativos e que tem sido usado durante décadas (Wu e Wesselink, 1993, Theodosopoulou & Niederman, 2005).

Este método baseia-se na suposição de que a infiltração linear do corante se deve ao espaço que surge entre o material de preenchimento e as paredes do canal radicular, embora o pH do corante possa influenciar a quantidade de infiltração, que não tem que ver com espaços vazios, mas antes com uma desmineralização da dentina que pode ocorrer quando os valores de pH são baixos. Notando-se assim, a conveniência de ser referido o pH da substância que é utilizada como corante num estudo (Wu & Wesselink, 1993).

Diversos corantes concorrem para o papel acima referido. Azul-de-metileno (Vertucci & Beatty, 1986, Torabinejad *et al.*, 1994, Torabinjead *et al.*, 1995c, Asgary *et al.*, 2008), Rodamina B (Torabinejad, Watson e Pitt Ford, 1993), Indiana Ink (Rahimi, Shahi, Lotfi, Yavari e Charehjo, 2008), fucsina básica e nitrato de prata são alguns exemplos (Ahlberg *et al.*, 1995; Torabinejad & Parirokh, 2010).

Uma questão importante na escolha da solução prende-se com a relevância do seu tamanho molecular. Por exemplo, tendo em conta que as bactérias e as suas toxinas apresentam um tamanho molecular grande, se a solução tiver um tamanho molecular pequeno, um material de retrobturação que conceda um selamento capaz de evitar a infiltração da substância de pequenas dimensões também evitará a passagem de moléculas de tamanho superior, como as bactérias (Torabinejad *et al.*, 1993, Wu & Wesselink, 1993, Torabinejad *et al.*, 1994, Aqrawabi, 2000).

O azul-de-metileno é o corante de eleição, na maioria das investigações apresentadas até hoje na literatura. É uma substância com baixo peso molecular, solúvel em água, não é absorvida pela matriz dentinária nem pelos cristais de hidroxiapatite e tem um custo acessível. É utilizado em concentrações que vão de 0,2 a 2% (Wu & Wesselink, 1993). Contudo, apesar destas vantagens, os resultados de um estudo *in vitro* com a penetração deste corante, não podem ser diretamente comparados com os que se obtém *in vivo*, em que há passagem de substâncias irritantes. Embora a infiltração de um corante de tamanho molecular baixo, seja um potencial indicador da habilidade de um material em impedir a passagem de moléculas de tamanho superior como as bactérias e os seus produtos (Aqrawabi, 2000, Sayed & Saeed, 2012).

Wu, Kontakiotis e Wesselink (1998a) referem que o corante pode sofrer uma descoloração quando entra em contacto com certos materiais dentários e, desta forma, influenciar a medição do comprimento da infiltração do corante, não sendo revelado o valor total e real da quantidade de infiltração, concedendo assim um valor pouco confiável aos resultados.

O contacto dos materiais de retrobturação com as soluções corantes tamponadas e não tamponadas pode desencadear alterações no pH destas soluções. Um pH inferior a 5 contribui para um aumento da desmineralização da dentina, o que por sua vez resulta num aumento da infiltração do corante (Wu & Wesselink, 1993).

Desta forma, a passagem do corante pelos espaços vazios presentes entre o material de preenchimento e as paredes internas do dente é determinada pelo tamanho molecular, pH e concentração (Ahlberg *et al.*, 1995, Wu *et al.*, 1998a).

Uma outra forma de ser avaliada a qualidade de um material de retrobturação consiste na observação da adaptação marginal através de microscópio eletrónico de varredura. Sendo possível, desta maneira, averiguar a existência de espaços que colaboram para um selamento incompleto (Tanzilli, Raphael & Moodnik, 1980, Stabholz, Shani, Friedman & Abed, 1985, Torabinejad *et al.*, 1995c).

Os vários modelos utilizados para avaliar a infiltração marginal e que em certa medida determinam a qualidade dos materiais de retrobturação, continuam a ser um desafio, o que se deve, segundo Araújo *et al.* (1999), a fenómenos de natureza física e química dos materiais, trocas iónicas, disseminação dos fluidos orais e variações que têm que ver com o próprio substrato dentário.

Os estudos de infiltração não permitem ainda a obtenção de informações acerca da capacidade de selamento ao longo do tempo (Wu *et al.*, 1998b).

II. OBJETIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO

2.1 Objetivo

Este estudo, realizado *in vitro*, tem como finalidade verificar se existem diferenças significativas na microinfiltração associada a três materiais utilizados em cirurgia endodôntica, ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer), Biodentine™ (Septodont) e IRM® (Dentsply), comparando, assim, a sua capacidade de selamento marginal.

2.2 Hipóteses do estudo

Hipótese nula: Não se verificam diferenças significativas na microinfiltração dos três materiais de retrobturação.

Hipótese alternativa: Verificam-se diferenças significativas na microinfiltração associada aos três materiais de retrobturação.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Âmbito

O estudo realizado recebeu a aprovação da Comissão de Ética e Científica do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.

Os dentes selecionados foram facultados pelo Banco de dentes da Clínica Universitária Egas Moniz. Tendo a execução do estudo sido feita no Laboratório de Biomateriais do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz. As radiografias foram realizadas na clínica do mesmo Instituto.

O trabalho laboratorial decorreu nos meses de Abril, Maio, Junho e Julho de 2013.

3.2 Lista de material

- 30 dentes uniradiculares humanos
- Formol a 10%
- Água destilada (BRAUN, Lote:12293402)
- Curetas de Gracey nº5/6 (Hu-Friedy, Chicago, USA)
- Destartarizador *Woodpecker*®
- Disco diamantado (Edenta, Hauptstrasse, Suíça/Lote:68038)
- Peça de mão (NSK, EX-6B, Japão)
- Sistema de radiografia RVG
- Régua endodôntica (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça)
- Limas *K-file*® 10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 1347210)
- Limas *K-Flexofile*® 15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 7091050)
- Limas *K-Flexofile*® 20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 8889520)
- Limas *K-Flexofile*® 25 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 9587310)
- Limas *K-Flexofile*® 30 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 0217460)
- Limas Sx, S1, S2, F1, F2, F3 (ProTaper®, Dentsply-Maillefer, EUA)
- Motor endodôntico X-Smart (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça/ SN 01369308)
- 2 seringas 5ml (BRAUN, Omnifix®, Melsungen, Alemanha, Lote: 0B15048)
- 2 agulhas (BRAUN, Sterican®, Melsungen, Alemanha, Lote: 8G25258512)
- Hipoclorito de sódio a 5.25%
- EDTA a 17%
- Cones de papel (Bestdent, Hochiminh, Vietnam/ Lote: 1B1215)
- Sistema de obturação E&Q Master™ (Cheongju, Coreia do Sul)

- Cones de Gutta-percha F3 (Sure-endo, SureDent, Seongnam, Coreia do Sul, Lote: 9303E)
- Bastões de gutta-percha (Meta Biomed, Cheongju, Coreia do Sul, Lote:090213.G)
- Cimento Sealapex® (Kerr, Salerno, Itália, Lote: 4575331)
- Condensador vertical manual (Koine, KN-84. 115.02)
- Condensador vertical do transportador de calor (Meta Biomed, Cheongju, Coreia, Lote: 0659021908)
- Transportador de calor (Meta Biomed, Cheongju, Coreia do Sul, Lote: 0659021908)
- Turbina (NSK, Eschborn, Alemanha)
- Broca de fissura diamantada (SS White®, Rio de Janeiro, Brasil, Lote: 201000032173)
- Ultrassom SC-A2 (Stern Weber, Imola, Itália)
- Ponta ultrassônica metálica CT-1 (Sybronendo, Orange, Califórnia, EUA)
- Ponta ultrassônica diamantada CT-1-S (Sybronendo, Orange, Califórnia, EUA)
- Digluconato de clorohexidina 0.12% (PERIOD-AID®, Dentaïd, Cerdanyola, Espanha, Lote: G147)
- ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote:12002493)
- Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França, Lote: B06561)
- IRM® (Dentsply, Konstanz, Alemanha, Lote: 1210000854)
- Espátula angulada Heidemann 11-786 (Dentaleader, Portugal)
- Micro condensador de MTA, P-1L, CA 92867 (SybronEndo, Orange, Califórnia, EUA)
- Estufa de incubação (Memmert INE400, Memmert, Alemanha)
- Verniz transparente (RISQUÉ, Brasil, Lote: C11B0376B)
- Azul-de-metileno a 2%
- Suporte azul polipropileno (Dentalab, Barcelona, Espanha)
- Pipeta Pasteur (Dentalab, Barcelona, Espanha, Lote: 11E20)
- Sticky wax (Kemdent®, Purton, Inglaterra, Lote: 401507)
- Micrótomo (Accutom- 50, Struers, Dinamarca)
- Estereoscópio a 1.25X “Leica MZ6” (Leica Microsystems)

3.3 Amostra

3.3.1 Seleção da amostra

Trinta dentes uniradiculares humanos, mais especificamente incisivos superiores e caninos superiores e inferiores, foram recolhidos para constituir a amostra do presente estudo.

3.3.1.1 Critérios de inclusão e exclusão

Todos os dentes foram observados a olho nu e radiograficamente, a fim de incluir aqueles que apresentassem: morfologia semelhante, anatomia classe I dos canais radiculares, presença de um único canal, maturação apical completa, ausência de reabsorções internas

e/ou externas, calcificações, fraturas e cáries. Outro pré-requisito para inclusão no estudo, foi a ausência de qualquer tratamento à raiz dentária.

As radiografias pré-operatórias foram obtidas, pelo sistema RVG no programa DBSWIN V.3.2.2-B, em duas incidências V-L e M-D, como exemplifica a **Figura 1**, para eliminar os dentes com as características indesejadas pré-estabelecidas.

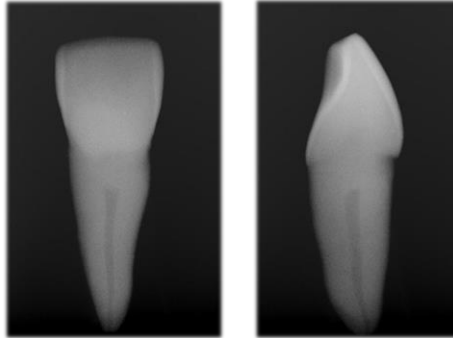


Figura 1. Radiografias digitais com incidência V-L e M-D, respectivamente, do espécime 16, confirmando anatomia classe I.

Ainda foi tido em conta o ângulo de curvatura radicular, tendo-se excluído dentes com curvatura radicular superior a 30° , considerada severa pela Associação Americana de Endodontia (Guide to Clinical Endodontics, 2013). Para determinação do ângulo da curvatura radicular, foi empregue a técnica descrita por Schneider (1971). A obtenção do ângulo resulta da intersecção de duas linhas, uma paralela ao longo eixo do canal e outra que tem início na foramina apical e que termina no ponto onde tem início a curvatura, tal como apresentado na **Figura 2**. Os ângulos foram medidos através do programa DBSWIN V.3.2.2-B. O resultado da medição angular está mencionado na **Tabela 2**.

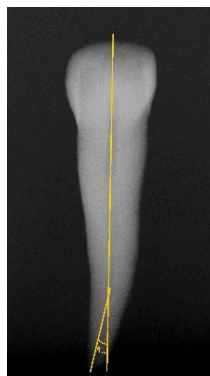


Figura 2. Representação da medição angular da curvatura radicular do espécime 2, segundo Schneider (1971).

Grupos	Espécime	Ângulo
Grupo A	1	15°
	2	14°
	3	Reto
	4	Reto
	5	24°
	6	Reto
	7	23°
	8	12°
	9 (Controlo negativo)	Reto
	10 (Controlo positivo)	Reto
Grupo B	11	Reto
	12	12°
	13	2°
	14	17°
	15	Reto
	16	Reto
	17	11°
	18	Reto
	19 (Controlo negativo)	Reto
	20 (Controlo positivo)	15°
Grupo C	21	18°
	22	17°
	23	17°
	24	Reto
	25	Reto
	26	10°
	27	5°
	28	20°
	29 (Controlo negativo)	Reto
	30 (Controlo positivo)	0°

Tabela 2. Indicação da angulação de todos os espécimes da amostra.

3.3.2 Organização da amostra

Após seleção dos elementos constituintes da amostra, criaram-se três grupos aleatoriamente e numeraram-se os espécimes de 1 a 30, conforme demonstra a **Tabela 2**.

3.3.3 Conservação da amostra

Os espécimes foram conservados em formol a 10%, num frigorífico a 4°C, desde a sua extração, com substituição regular do meio de conservação, num período de 2 semanas, após o qual a conservação foi feita em água destilada. A **Figura 3** representa a amostra durante o período de conservação em água destilada.



Figura 3. Amostra conservada num frasco contendo água destilada.

3.4 Preparação de soluções

Todas as soluções utilizadas no estudo foram adquiridas e preparadas na sala de pesagens e preparações do ISCSEM, segundo as concentrações pretendidas (M/V), com recurso a água destilada e desionizada.

As soluções foram devidamente acondicionadas e preservadas em frascos fechados hermeticamente, com identificação explícita e à temperatura ambiente de 22°C.

3.4.1 Solução de conservação

O formol a 10% foi facultado pela sala de pesagens dos laboratórios do ISCSEM, tendo sido fornecido, por sua vez, pela empresa de distribuição VWR. Formaldeído a 3.7 - 4.0% tamponado a pH 7 e estabilizado com metanol DC.

3.4.2 Soluções de irrigação

A solução aquosa de hipoclorito de sódio a 5.25% foi preparada, a partir do hipoclorito de sódio a 13% (Lacrilar, Loures, Portugal, Lote: 065501) diluído em água e tamponado em ácido bórico (Merck, Algés, Portugal, Lote: K27052865010) tendo-se obtido 800ml de solução.

A solução aquosa de EDTA a 17% foi obtida do reagente EDTA PA (Panreac, Barcelona, Espanha, Lote: 0000261762), diluído em água e tamponado com hidróxido de sódio (Lote: 121212) tendo sido adquirida uma solução de 300 ml.

3.5 Preparação dos espécimes

A superfície externa das 30 raízes foi mecanicamente limpa com curetas de Gracey (Hu-Friedy, Chicago, USA) nº5/6 e destartarizador *Woodpecker*®, o que permitiu a remoção do tecido periodontal e do tártaro radicular (Stabholz *et al.*, 1985, Kazem *et al.*, 2012). Posteriormente, os dentes foram seccionados na junção esmalte-cimento com um disco diamantado “Edente e” (Edenta, Hauptstrasse, Suíça/Lote:68038) libertando-se a porção coronária, à semelhança do que foi feito por Valera, Camargo, Carvalho e Gama. (2006), Asgary *et al.* (2008), Hasheminia *et al.* (2010), Koçak *et al.* (2011) e Sayed e Saeed (2012). Na **Figura 4**, apresenta-se o exemplo de um espécime após adequada limpeza da superfície radicular e secção coronária.



Figura 4. *Espécime 2 depois de limpo na superfície radicular externa e seccionado na junção esmalte-cimento.*

3.6 Desinfecção e instrumentação

Os espécimes que constituem a amostra foram todos sujeitos a um processo idêntico de instrumentação e obturação.

Foi inicialmente introduzida uma lima manual de aço inoxidável *K-file*® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 1347210) nº 10 para verificar a permeabilidade de cada conduto a nível apical (Valera *et al.*, 2006, Harikaran *et al.*, 2010, Sayed & Saeed, 2012). De seguida com uma lupa estereoscópica “*Leica MZ6*” (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha), confirmou-se a presença de apenas uma foramina apical principal.

Com a lima *K-flexofile*® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 7091050) nº15 determinou-se o comprimento de trabalho, a 0.5mm da foramina apical (Asgary *et al.*, 2008, Sayed & Saeed, 2012 e Arruda *et al.*, 2012), e efetuou-se um pré-alargamento até à lima *k-flexofile*® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 8889520) nº 20. As medições foram feitas com recurso a uma régua endodôntica (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça). A **Figura 5** ilustra um espécime com uma lima 20 ao comprimento de trabalho correspondente.

Após o pré-alargamento, com o sistema de limas *Protaper Universal* (ProTaper®, Dentsply-Maillefer, EUA) introduziu-se sucessivamente a lima S1, S2 e F1 ao comprimento de trabalho. Entre cada lima, foi feita permeabilização com a lima *K-File*® (Dentsply-Maillefer) nº 10.

Em seguida, com as limas manuais *K-Flexofile*®, procurou-se o maior diâmetro da foramina apical, de maneira a estabelecer um limite para a instrumentação com as limas F. Assim, a lima *K-Flexofile*® que encontrou resistência ao comprimento de trabalho estabelecido, determinou a lima F que foi utilizada posteriormente para terminar com a preparação do terço apical.

De modo a estandardizar a preparação para todos os elementos da amostra, o limite de preparação para todos os espécimes foi a lima F3, uma vez que foi a lima *K-Flexofile*® 30 a que apresentou resistência apical no canal mais largo

A sequência de instrumentação foi a seguinte: #10, #15, #10, #20, #10, S1, #10, S2, #10, F1, #10, #20, #10, #25, #10, #30, #10, F2, #10, F3 e #10.

A instrumentação mecânica foi realizada com o motor elétrico endodôntico *X-SMART*™ (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça/ SN 01369308) a 250rpm.

Durante a instrumentação, entre cada lima, 10 ml de uma solução de NaOCL 5.25% foi utilizada para irrigação dos canais.

No final, fez-se uma irrigação com 3 ml de EDTA a 17% durante 3 minutos, para remoção do *smear layer*, posteriormente removido com 2ml de NaOCL 5.25%.

Em seguida, os canais foram secos com cones de papel absorvente (Bestdent, Hochiminh, Vietnam/ Lote: 1B1215) até ao limite correspondente à F3.

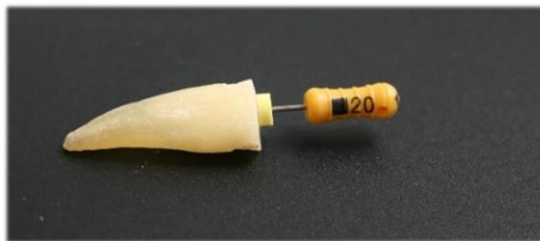


Figura 5. Exemplo de um elemento da amostra, espécime 12, com a lima 20 ao comprimento de trabalho.

3.7 Obturação

A obturação foi realizada pela técnica de condensação vertical a quente com onda contínua, com o sistema E&Q Master™ (Hess, Solomon, Spears & He, 2011).

Em primeiro lugar, foi selecionado o cone de gutta-percha (Sure-endo, SureDent, Seongnam, Coreia do Sul, Lote: 9303E) principal, correspondente à última lima F utilizada na instrumentação, F3. O cone tinha que estar perfeitamente adaptado às paredes do canal e a 0.5 a 1mm do comprimento de trabalho. A confirmação foi feita radiograficamente, tal como demonstrado na **Figura 6**. Depois de confirmado o cone de gutta-percha principal, foi estabelecido um comprimento para o condensador vertical manual (Koine, KN-84. 115.02) e para o condensador vertical (Meta Biomed, Cheongju, Coreia, Lote: 0659021908) do transportador de calor (Meta Biomed, Cheongju, Coreia do Sul, Lote: 0659021908). O comprimento corresponde a menos 4 do comprimento de trabalho de cada dente.

Posteriormente procedeu-se à introdução do cone selecionado para cada dente no canal, depois de impregnado devidamente em cimento Sealapex® (Kerr, Salerno, Itália, Lote: 4575331) e efetuou-se a condensação vertical a quente com o condensador vertical do transportador de calor de modo a deixar preenchidos os últimos 4mm. Reforçou-se a condensação com o condensador vertical manual a frio, para compensar as alterações físicas do material de obturação após o arrefecimento. De seguida, pela técnica de injeção de gutta-percha termoplastificada, com a pistola (E&Q Master™, Cheongju, Coreia do Sul) e os bastões de gutta-percha (Meta Biomed, Cheongju, Coreia do Sul, Lote:090213.G) preencheu-se o restante espaço canal. Na **Tabela 3**, estão representados os materiais utilizados durante a obturação.

Terminada esta fase, o canal principal bem como os canais acessórios ficam devidamente obturados. Tendo a qualidade da obturação sido avaliada por meio de uma radiografia digital em incidência V-L, tal como ilustra a **Figura 7**.

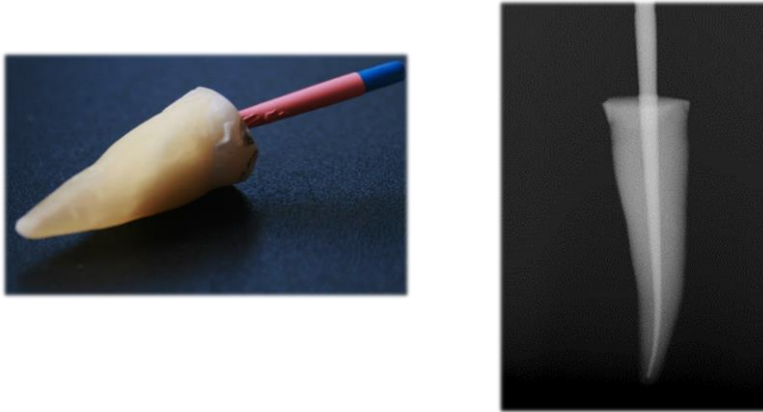


Figura 6. Exemplo de um elemento da amostra, espécime 22, na prova de gutta-percha e a sua respetiva radiografia V-L.

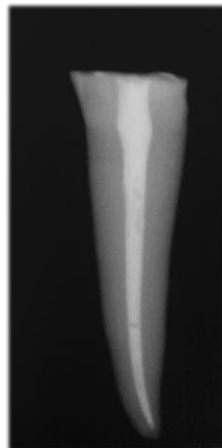


Figura 7. Radiografia na incidência V-L da obturação do espécime 11.

3.7.1 Conservação após obturação

Depois da obturação, a amostra foi mantidas num ambiente de humidade a 100%, numa estufa de incubação (Memmert INE400, Memmert, Alemanha), durante 7 dias a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, para garantir que o processo de selamento fosse concluído em condições semelhantes às que se verificam *in vivo* (Froughreyhani *et al.*, 2011, Arruda *et al.*, 2012, Sayed & Saeed, 2012).

Material	Marca e Lote
 <p data-bbox="240 622 957 689"><i>Pistola e transportador de calor (Sistema de obturação de gutta-percha sem fios)</i></p>	<p data-bbox="997 398 1340 542">E&Q Master™, Horsham, EUA Patent NO : 0668424</p>
 <p data-bbox="411 990 715 1025"><i>Cones de Gutta-percha</i></p>	<p data-bbox="997 801 1340 945">Sure-endo, SureDent, Seongnam, Coreia do Sul, Lote: 9303E</p>
 <p data-bbox="411 1326 734 1361"><i>Bastões de Gutta-percha</i></p>	<p data-bbox="997 1124 1332 1267">Meta Biomed, Cheongju, Coreia do Sul, Lote:090213.G</p>
 <p data-bbox="434 1706 702 1742"><i>Cimento Sealapex®</i></p>	<p data-bbox="1040 1518 1300 1608">Kerr, Salerno, Itália Lote: 4575331</p>

Tabela 3. Apresentação do material utilizado para obturação.

3.8 Apicectomia

Todos os espécimes foram submetidos a um corte perpendicular ao seu longo eixo, fazendo um ângulo de 90° com o mesmo, com a finalidade de diminuir a quantidade de infiltração por meio de túbulos dentinários expostos (Harikaran *et al.*, 2010). O corte foi iniciado no extremo apical avançando progressivamente em direção coronal, até que 3 mm da extremidade da raiz tivesse sido removida (Valera *et al.*, 2006, Asgary *et al.*, 2008, Rahimi, Shahi, Lotfi, Yavari & Charehjo, 2008, Hasheminia *et al.*, 2010, Leal *et al.*, 2011, Arruda *et al.*, 2012, Sayed & Saeed, 2012). A **Figura 8** ilustra a raiz de um espécime após a secção apical.

Uma broca de fissura diamantada (SS White®, Rio de Janeiro, Brasil, Lote: 201000032173) a alta rotação, com turbina NSK, e com irrigação constante foi utilizada para este procedimento, de ressecção apical.



Figura 8. *Espécime 24 após secção apical em 90°.*

3.9 Confeção da cavidade retrógrada

As cavidades retrógradas foram preparadas com recurso a uma ponta ultrassônica metálica CT-1, que por ação do aquecimento removeu a gutta-percha a uma profundidade de aproximadamente 3mm, comprimento da ponta ativa do instrumento ultrassônico. Posteriormente com uma ponta de ultrassom angulada diamantada CT-1-S fez-se a preparação final da cavidade. Na **Figura 9** estão expostas as pontas ultrassônicas utilizadas e na **Figura 10** a exemplificação da preparação das cavidades retrógradas.



Figura 9. Pontas ultrassônicas utilizadas na preparação das cavidades retrógradas.

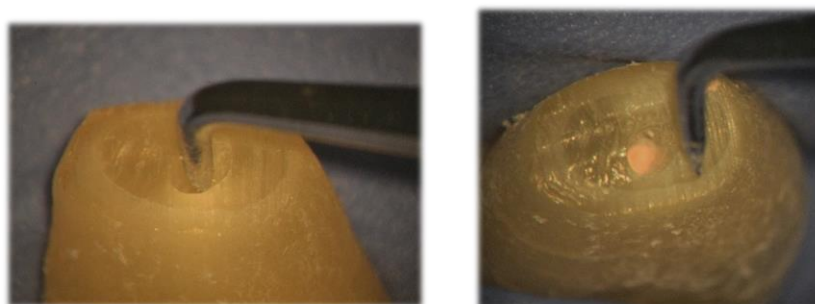


Figura 10. Imagens que ilustram a confecção e a preparação das cavidades retrógradas.

3.10 Organização dos grupos

Os trinta espécimes selecionados, aleatoriamente divididos em três grupos, sofreram, de uma forma idêntica, todos os passos até aqui descritos.

Os grupos de controlo foram utilizados para confirmar que os resultados do presente estudo apenas pudessem ser afetados pela capacidade de selamento dos materiais em questão, assegurando a exatidão dos procedimentos.

Na **Tabela 4**, está indicada a distribuição dos materiais que se pretendem estudar, pelos grupos previamente estabelecidos.

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
	<i>ProRoot® MTA, (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça, Lote: 12002493)</i>	<i>Biodentine™ (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França, Lote: B06561)</i>	<i>IRM® (Dentsply, Konstanz, Alemanha, Lote: 1210000854)</i>
Controlo positivo	Sem material de retrobturação		
Controlo negativo	ProRoot® MTA	Biodentine™	IRM®

Tabela 4. Organização da amostra e distribuição dos materiais em estudo por grupo.

3.11 Retrobturação

Depois da preparação das cavidades com as pontas ultrassónicas, foi feita irrigação das mesmas com digluconato de clorhexidina a 0.12% (PERIO-AID®, Dentaïd, Cerdanyola, Espanha, Lote: G147) para eliminação de detritos e com cones de papel absorvente (Dentsply, Lote: 010911) foram posteriormente secas (Candeiro *et al.*, 2010).

De acordo com a **Tabela 4**, as cavidades retrógradas foram preenchidas com o material correspondente. Para a manipulação dos materiais foram respeitadas as indicações de cada fabricante. Na **Tabela 5** estão representados os materiais de retrobturação em estudo. Na colocação do ProRoot® MTA foi utilizada uma espátula angulada para a sua manipulação e um microcalcador de MTA para a sua condensação na cavidade.

Todos os espécimes foram novamente radiografados para observação da qualidade, em termos radiológicos, da retrobturação, tal como ilustra a **Figura 11**.

Depois do preenchimento das cavidades retrógradas, os espécimes foram conservados durante 48h, num ambiente com humidade a 100% e a 37°C, na estufa de incubação (Memmert INE400, Memmert, Alemanha), para permitir o processo final de selamento dos materiais de retrobturação (Rahimi *et al.*, 2008, Shahi *et al.*, 2011, Sayed & Saeed, 2012). A humidade representa um estímulo para o início das reações químicas de endurecimento do MTA (Torabinejad *et al.*, 1993).




Material	Marca e Lote
 <p data-bbox="416 645 624 680"><i>ProRoot® MTA</i></p>	<p data-bbox="879 439 1286 577">Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiça, Lote: 12002493</p>
 <p data-bbox="453 958 632 994"><i>Biodentine™</i></p>	<p data-bbox="855 775 1310 913">Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França, Lote: B06561</p>
 <p data-bbox="480 1397 564 1433"><i>IRM®</i></p>	<p data-bbox="839 1178 1326 1263">Dentsply, Konstanz, Alemanha, Lote: 1210000854</p>

Tabela 5. Apresentação dos materiais de retrobturação em estudo.

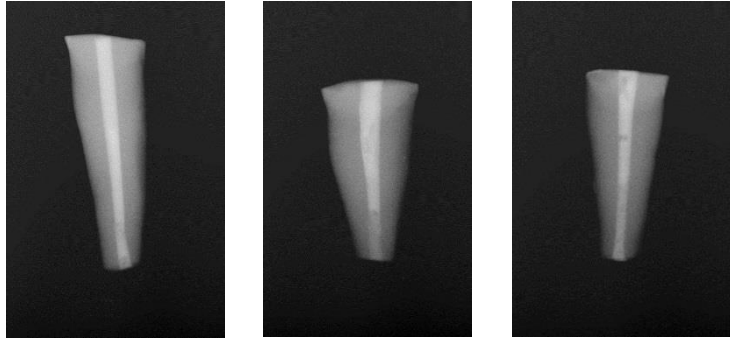


Figura 11. Exemplo de uma radiografia digital na incidência V-L de cada um dos grupos com o material de retrobturação correspondente. Espécime 8 – ProRoot® MTA, 15 - Biodentine™ e 24 - IRM® respetivamente.

3.12 Impermeabilização

Após o período de incubação, à superfície externa dos 8 espécimes experimentais de cada grupo, foram aplicadas duas camadas de verniz de unhas incolor (RISQUÉ, Brasil, Lote: C11B0376B) deixando livre a zona dentinária apical exposta.

Nos espécimes de controlo positivo, não se fez qualquer impermeabilização com verniz de unhas e nos espécimes controlo negativo cobriu-se toda a extensão da raiz com duas camadas de verniz de unhas incluindo a zona dentinária apical exposta.

Durante a impermeabilização, a segunda camada de verniz só foi aplicada depois da primeira ter secado. Um exemplo está demonstrado na **Figura 12**.



Figura 12. Impermeabilização da superfície externa no espécime 22.

3.13 Aplicação do corante

Para obter a infiltração apical foi utilizada uma técnica de penetração de corante. Num suporte de plástico de polipropileno (Deltalab, Barcelona, Espanha), dividido em pequenos poços, introduziu-se, com recurso a uma Pipeta Pasteur graduada de 3 ml (Deltalab, Barcelona, Espanha, Lote: 11E20), aproximadamente 2 ml de corante azul-de-metileno a 2% em cada poço. De seguida os espécimes foram instalados individualmente em cada poço. Cada elemento da amostra ficou com aproximadamente metade da raiz submersa. Manteve-se a amostra neste suporte num período de 24h, em estufa a 37°C e humidade a 100%.

O dispositivo está representado na **Figura 13**.

Após o período de incubação o corante foi removido com água abundante durante 5 minutos e a amostra foi depois deixada à temperatura ambiente por 24h (Asgary *et al.*, 2008).

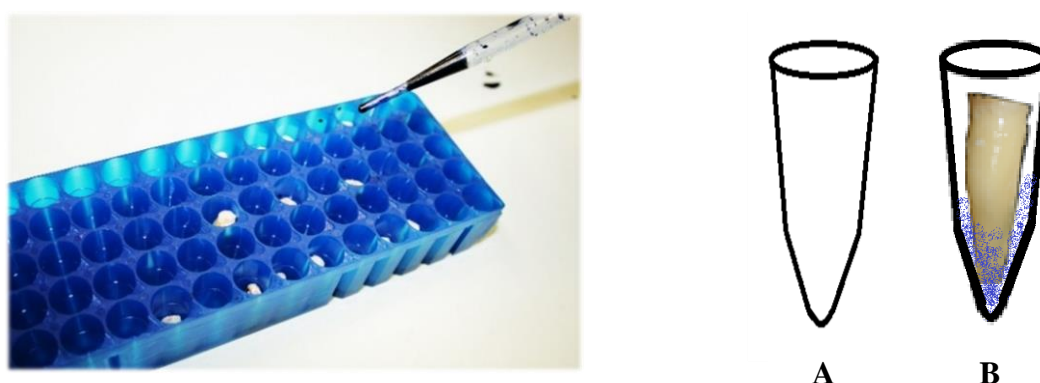


Figura 13. Suporte com os espécimes embebidos no corante azul-de-metileno a 2% à esquerda e à direita imagem representativa dos poços do suporte (A) e esquema que ilustra um espécime num poço (B).

3.13.1 Preparação do azul-de-metileno

2g de azul-de-metileno (Panreac, Lote: 0000129193) foram dissolvidas em 100ml de uma solução de dois tampões fosfato, 0.2M Na_2HPO_4 (Merck, Lote: K27618980) e 0.2M $\text{NaOH}_2 \text{PO}_4$ (Fluka, Lote: 414924/1), diluídos em água, para se obter uma solução de azul-de-metileno tamponada em tampão fosfato a pH 7.0.

3.14 Cortes longitudinais

Procedeu-se ao corte longitudinal (vestíbulo-lingual) com um disco diamantado de um micrótomo de tecidos duros (Accutom- 50, Struers, Dinamarca). Cada espécime foi fixado a um dispositivo de fixação com sticky wax (Kement®[®], Purton, Inglaterra, Lote: 401507) e posicionado devidamente no micrótomo de maneira a que o dente fosse seccionado em duas porções semelhantes (Corte único, com recurso a água, disco de corte: 330CA, Avanço: 1.000 mm/s e a 3200rpm). A **Figura 14** representa o exemplo de um espécime fixado no suporte do micrótomo, posicionado corretamente perante o disco de corte.

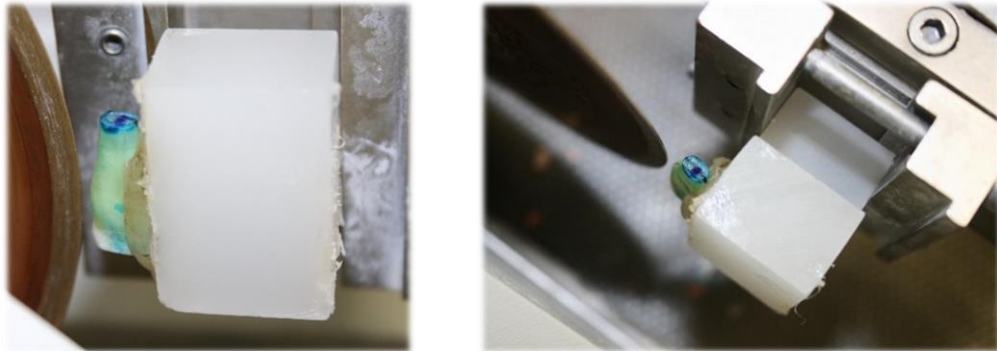


Figura 14. Dente do grupo A, espécime 3, corretamente posicionado no micrótomo, antes da execução do corte.

3.15 Observação

Com o recurso a uma lupa estereoscópica “Leica MZ6” (Leica Microsystems) com câmara digital incorporada DFC290HD e a uma ampliação de 1.25X fez-se observação das porções radiculares, após secção V-L, com o objetivo de medir a máxima penetração do corante. A observação foi feita por uma única pessoa (Asgary *et al.*, 2008).

Através do programa informático LAS V3.8 mediu-se a infiltração apical em milímetros. Para uma ampliação de 1.25X fez-se calibração de medida com uma régua endodôntica. Apenas uma porção de cada espécime seccionada foi submetida a avaliação (Wu & Weselink, 1993), sendo que em cada avaliação se obteve o valor correspondente à máxima penetração do corante.

Para medição da quantidade de infiltração considerou-se a coloração azul na margem situada entre o material retrobturador e a parede dentinária no sentido apico-coronal (Wu *et al.*, 1998a), como exemplificado na **Figura 15**, onde estão feitas duas medições, tendo sido considerado o valor mais elevado.

Na **Figura 16** está representado um esquema que demonstra, em termos gerais, a sequência dos passos seguidos para este estudo.

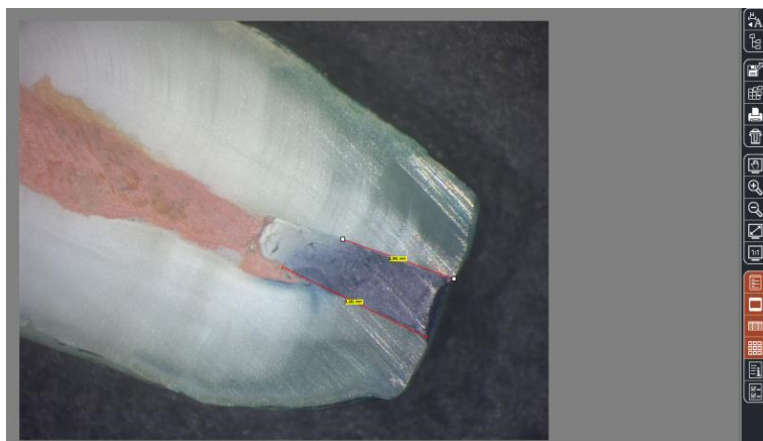


Figura 15. Medição da máxima infiltração do corante no espécime 2 no programa informático LAS V3.8.

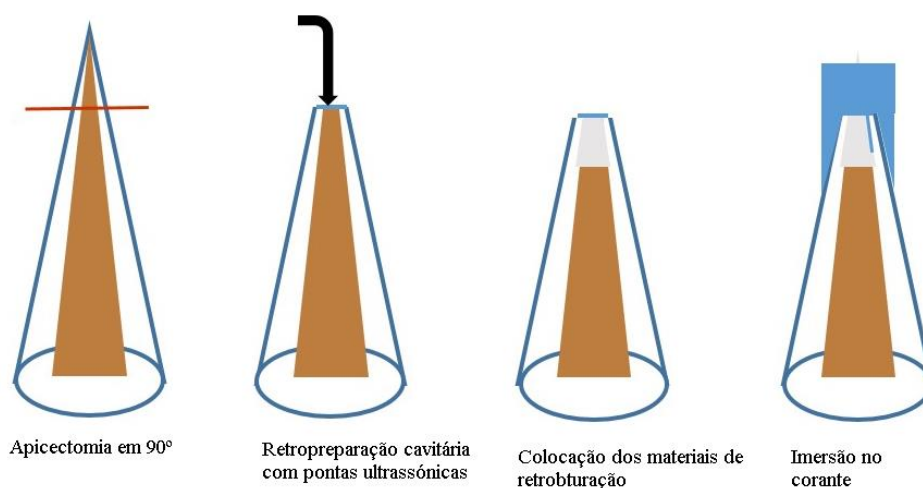


Figura 16. Esquema que representa a metodologia aplicada neste estudo.

3.16. Análise estatística

Para este estudo, com o objetivo de verificar se existem diferenças significativas na microinfiltração entre grupos, tomou-se como referência um nível de significância ($\alpha \leq 0.05$), para se aceitar ou rejeitar a hipótese nula estabelecida.

Como pretendíamos comparar as médias de infiltração entre três grupos, utilizou-se a análise de variância ANOVA¹. Usamos ainda o teste Post-hoc² para fazer a comparação múltipla dos valores médios de microinfiltração. A análise estatística foi feita com o *software* IBM SPSS v. 21.

¹ O teste ANOVA é um teste paramétrico, que permite a comparação de médias de mais do que duas populações.

² O Teste Post hoc permite determinar de uma forma mais específica as diferenças significativas entre médias.

IV. RESULTADOS

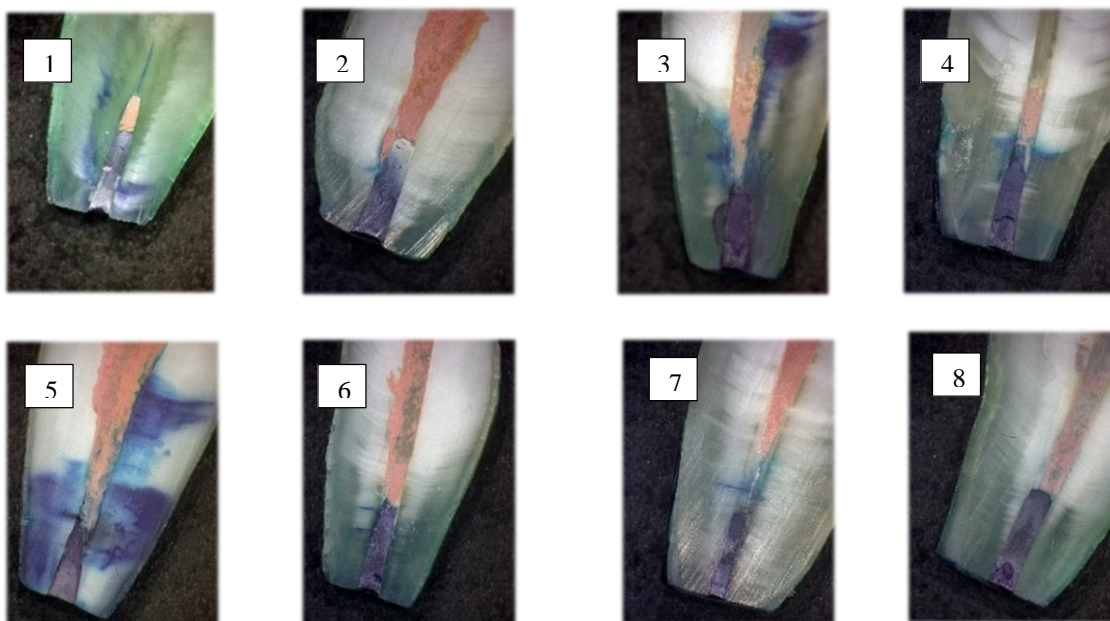
Após observação e medição, com a lupa estereoscópica “Leica MZ6”, da extensão da infiltração linear do corante, associada a cada grupo, os valores em mm foram registados na **Tabela 6**.

Na **Figura 17 e 18** estão, ainda, representadas as fotografias obtidas pela máquina digital incorporada no estereoscópio “Leica MZ6” (Leica Microsystems/ Modelo: DFC 290 HD/ Número de Série: 543552011).

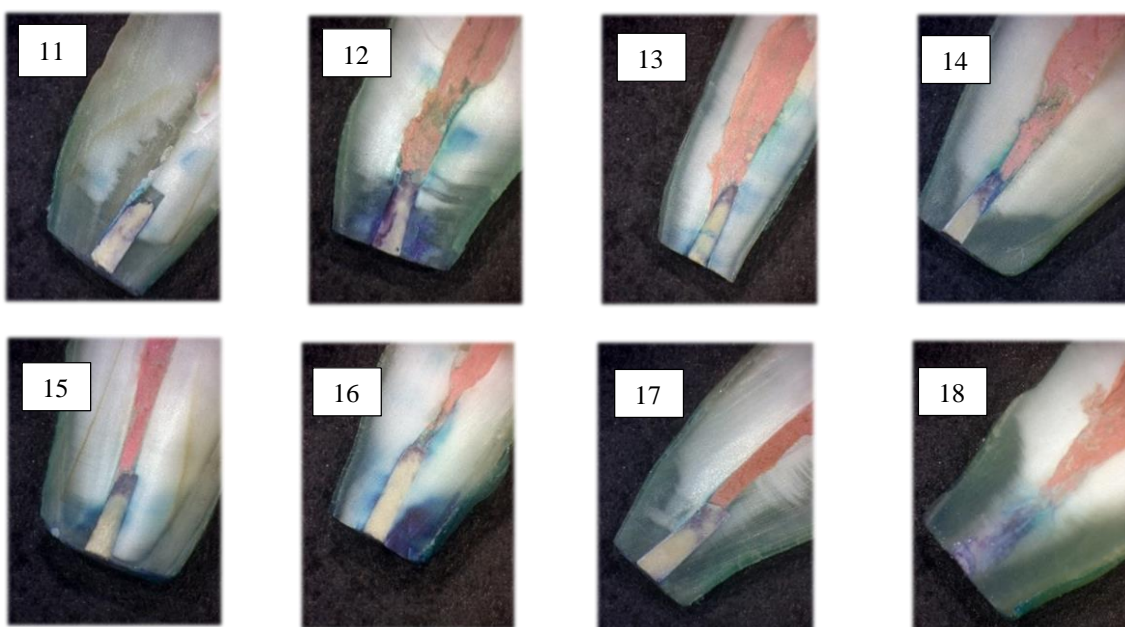
Grupo	Espécime	Infiltração
Grupo A (ProRoot® MTA)	1	3,126mm
	2	3,161mm
	3	2,702mm
	4	3,173mm
	5	3,03mm
	6	3,444mm
	7	3,115mm
	8	3,556mm
	9	Sem infiltração
	10	Infiltração total
Grupo B (Bi- odentine™)	11	2,611mm
	12	2,169mm
	13	1,138mm
	14	2,027mm
	15	3,077mm
	16	3,335mm
	17	0,22mm
	18	1,086mm
	19	Sem infiltração
	20	Infiltração total
Grupo C (IRM®)	21	3,137mm
	22	1,863mm
	23	3,447mm
	24	3,408mm
	25	3,166mm
	26	2,939mm
	27	3,087mm
	28	3,713mm
	29	Sem infiltração
	30	Infiltração total

Tabela 6. Quantidade de infiltração em mm obtida em cada um dos 30 espécimes da amostra.

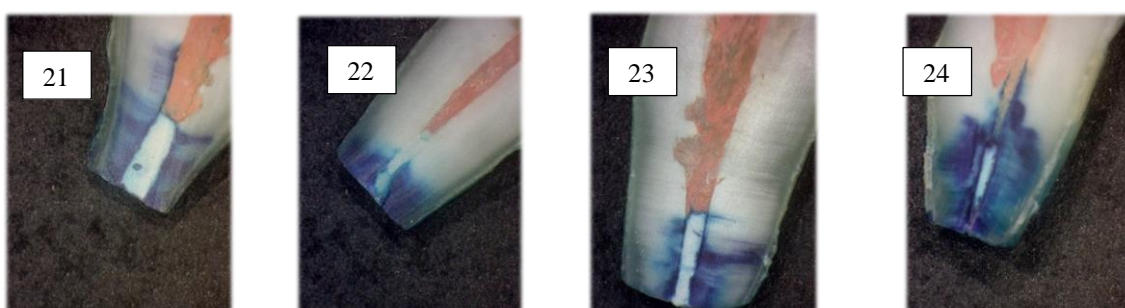
Grupo A (ProRoot® MTA)



Grupo B (Biodentine™)



Grupo C (IRM®)



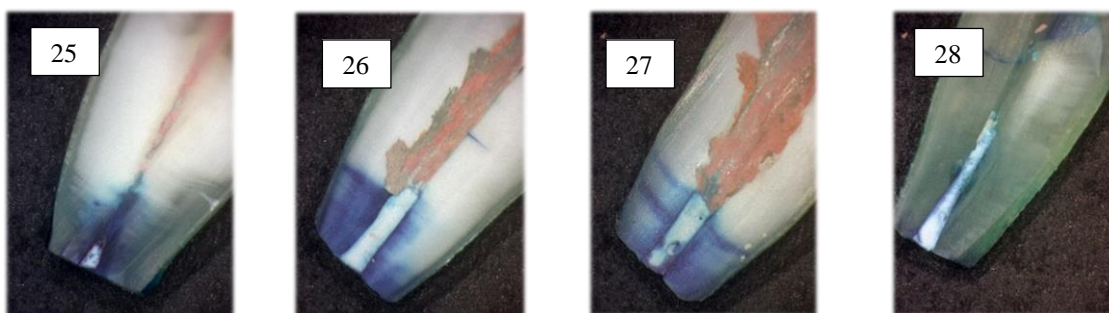
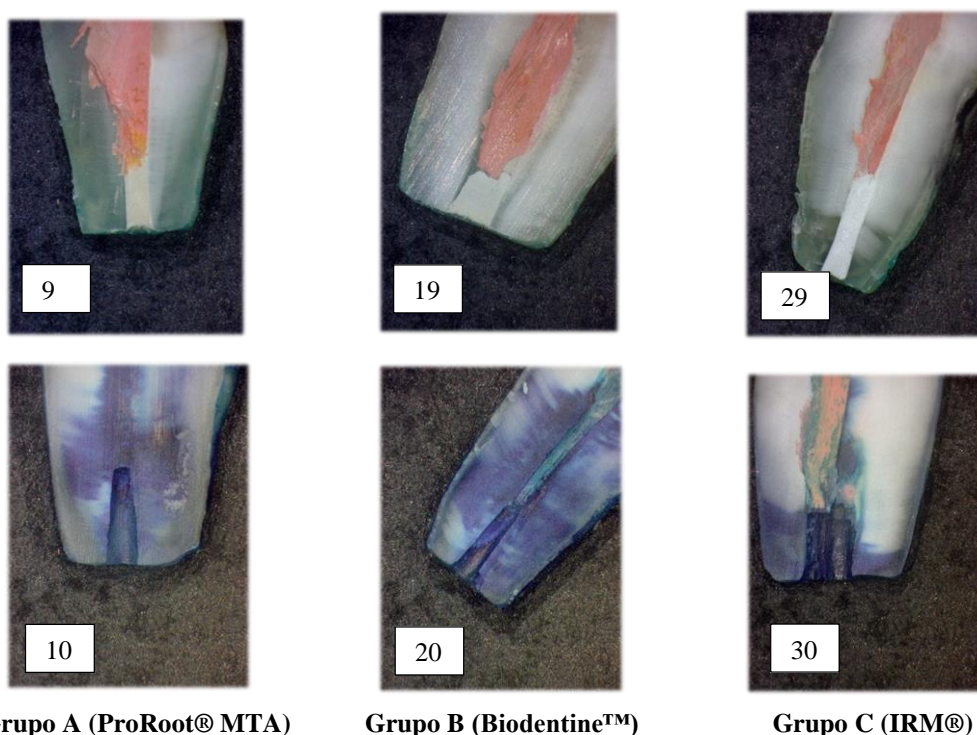


Figura 17. Visualização da infiltração do corante azul-de-metileno a 2% nos grupos A, B e C, com a identificação dos espécimes.



Grupo A (ProRoot® MTA)

Grupo B (Biodentine™)

Grupo C (IRM®)

Figura 18. Visualização da infiltração associada ao controlo negativo, em cima, e positivo, em baixo, correspondente a cada grupo.

Observamos que no grupo de controlo negativo não houve infiltração de corante, o que prova o efeito do verniz na prevenção da infiltração de corante pelas paredes externas do dente. Ao invés do que se verificou no grupo de controlo positivo, em que se deu total infiltração do corante nas cavidades retrógradas, ressaltando a importância da utilização de material de preenchimento.

A análise descritiva dos resultados da microinfiltração está apresentada na **Tabela 7** e o **Gráfico 1** exibe a mediana e a distribuição dos valores de infiltração por grupo.

Grupo		Statistic	Std. Error	
Infiltração	Grupo A	Média	3,16338	,091358
		Mediana	3,14350	
		Variância	,067	
		Desvio Padrão	,258401	
Infiltração	Grupo B	Média	1,95788	,379789
		Mediana	2,09800	
		Variância	1,154	
		Desvio Padrão	1,074205	
Infiltração	Grupo C	Média	3,09500	,196070
		Mediana	3,15150	
		Variância	,308	
		Desvio Padrão	,554569	

Tabela 7. Análise descritiva dos resultados da extensão da infiltração obtidos pelos três grupos em estudo.

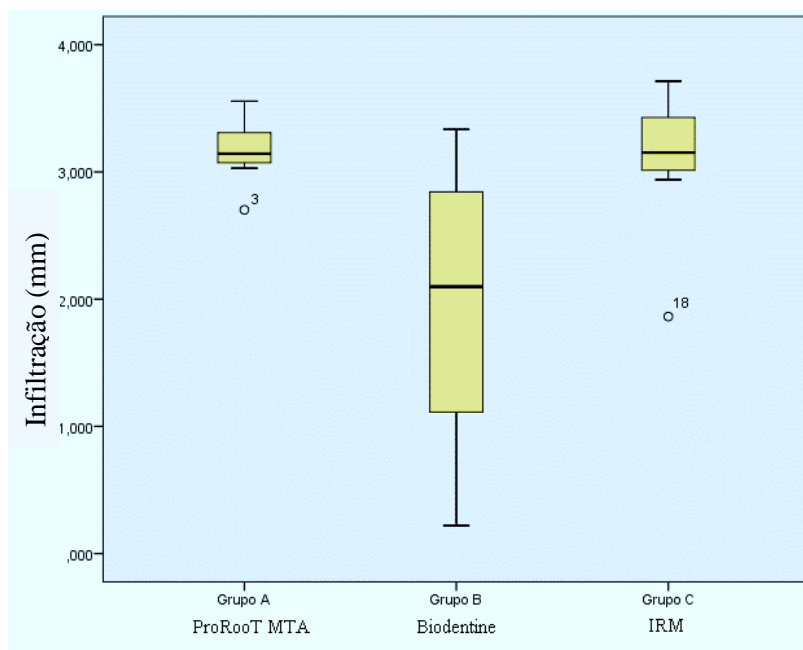


Gráfico 1. “Box plot” ilustrando a distribuição dos resultados da microinfiltração por grupo.

Constatamos que o grupo B do Biodentine™ foi o que obteve um menor valor médio de infiltração (1,958 mm +/- 1,074). Seguidamente, por ordem crescente: o grupo do IRM® obteve um valor médio de 3,095 mm +/- 0,555 e o grupo do ProRoot® MTA, 3,163 mm +/- 0,258.

O teste da análise de variância (com correção de Brown-Forsythe) foi aplicado, tendo demonstrado diferenças significativas entre os valores médios dos grupos experimentais ($p = 0,005 < 0,05$, $F = 9.269$, one way ANOVA). A **Tabela 8** representa a comparação dos valores médios entre os três grupos (teste ANOVA).

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,508	2	4,254	9,269	,002
Within Groups	8,720	19	,459		
Total	17,227	21			

Robust Tests of Equality of Means

	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	10,538	2	8,408	,005

a. Asymptotically F distributed.

Tabela 8. Teste ANOVA com correção de Brown-Forsythe em que se faz a comparação dos valores médios de microinfiltração para os três grupos.

O teste “post-hoc” Tamhane foi ainda realizado, tendo detetado diferenças significativas entre o grupo do ProRoot® MTA e o grupo do Biodentine™ $p = 0,036$ ($p < 0,05$), assim como entre o Biodentine™ e o IRM®, $p = 0,030$ ($p < 0,05$).

No entanto não se verificam diferenças significativas entre o grupo do ProRoot® MTA e o grupo do IRM® $p = 0,983$ ($p > 0,05$).

Assim a microinfiltração do grupo do Biodentine™ foi significativamente menor quando comparada com os grupos ProRoot® MTA e IRM® ($p < 0,05$).

A comparação múltipla dos valores médios de microinfiltração entre pares de grupos está representada na **Tabela 9**.

No **Gráfico 2** está ainda representada a diferença de valores médios entre grupos.

(I) Grupo	(J) Grupo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Grupo A	Grupo B	1,271411*	,386750	,036	,09036	2,45246
	Grupo C	-,041714	,123663	,983	-,38929	,30587
Grupo B	Grupo A	-1,271411*	,386750	,036	-2,45246	-,09036
	Grupo C	-1,313125*	,392678	,030	-2,49462	-,13163
Grupo C	Grupo A	,041714	,123663	,983	-,30587	,38929
	Grupo B	1,313125*	,392678	,030	,13163	2,49462

Tabela 9. Resultados do teste “post-hoc” Tamhane, comparação múltipla dos valores médios de microinfiltração, entre pares de grupos.

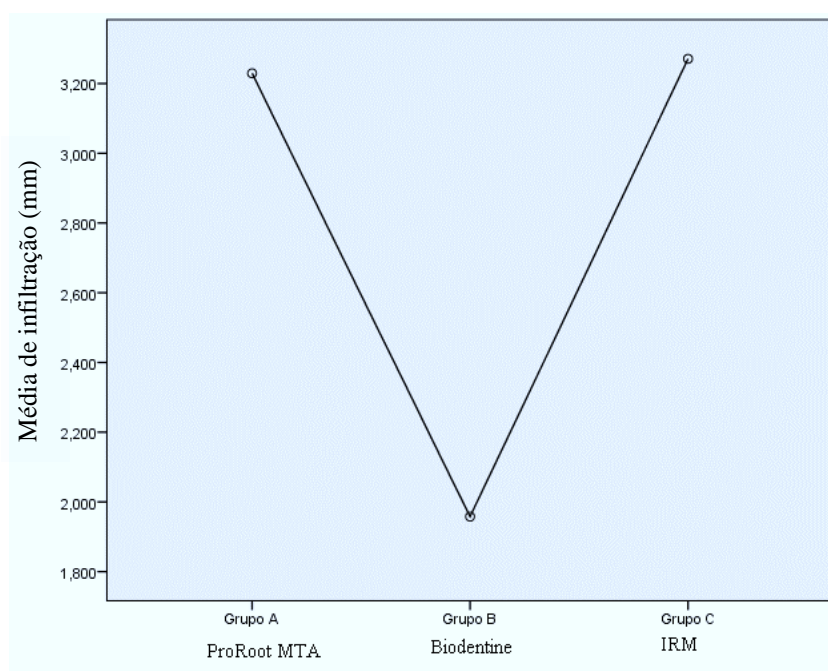


Gráfico 2. Gráfico ilustrativo dos valores médios de microinfiltração, por grupo.

V. DISCUSSÃO

Para a elabora o do presente estudo, selecionou-se uma metodologia baseada em várias investiga es publicadas de âmbito semelhante, pois não há um procedimento *Standard* na literatura para estudar materiais de retrobtura o.

A maioria dos estudos clínicos publicados na literatura associam o sucesso da cirurgia apical ao material utilizado para a retrobtura o (Johnson, 1999, Aqrawabi, 2000, Fogel & Peikoff, 2001, Kim & Kratchman, 2006, Asgary *et al.*, 2008, Von Arx, Pe arrocha & Jensen, 2010), sendo que um selamento imperfeito entre o material e a parede interna do canal   um dos principais responsáveis pelo insucesso cirúrgico, supondo que a permanência de espaços vazios seja uma via para a circula o de bactérias e suas toxinas, com conseqüente perpetua o do processo inflamatório e sustenta o do metabolismo bacteriano pelo fornecimento de nutrientes (Taschieri *et al.*, 2011, Song *et al.*, 2011b). Por essa razão decidiu-se comparar a habilidade para o selamento de três materiais, quantificando a microinfiltra o de um corante associada a cada um.

Foram selecionados dentes uniradiculares para evitar diferenças anat micas entre espécimes e os critérios de inclusão e exclusão utilizados para a elei o destes, foram citados por Abdal *et al.* (1982), Torabinejad *et al.* (1993), Asgary *et al.* (2008), Rahimi *et al.* (2008), Hasheminia *et al.* (2010), Shahi *et al.* (2011), Koçak *et al.* (2011), Sayed e Saeed (2012) e Arruda *et al.* (2012).

A amostra foi conservada em formol a 10%, tal como nos trabalhos de Torabinejad *et al.* (1995b), Torabinejad *et al.* (1995c), Valera *et al.* (2006), Shahi *et al.* (2011) e Koçak *et al.* (2011) e num período de 2 semanas, segundo a recomenda o da *guideline* de controlo de infe o do Centro para o controlo e preven o de doenças.

A instrumenta o dos condutos, com o sistema ProTaper , foi também realizada por Koçak *et al.* (2011) e Arruda *et al.* (2012) e o protocolo de desinfe o apoiado por Torabinejad *et al.*, 1993, Torabinejad *et al.* (1994), Higa *et al.* (1994), Asgary *et al.* (2008), Hasheminia *et al.* (2010), Koçak *et al.* (2011) e Arruda *et al.* (2012).

A obtura o em endodontia   concretizada com recurso a gutta-percha e cimentos endodônticos, mas a sua forma de manipula o e introdu o nos canais   variável, sugerindo diversas técnicas, cujo objetivo   selar tridimensionalmente o espaço canalar (Johnson & Kulild, 2011). Neste estudo, optou-se pela técnica de condens o por onda contínua, com o sistema E&Q Master™, pois este permite a cria o de uma massa homog nea,

mais densa e proporciona a obturação de canais laterais (Lea, Apicella, Mines, Yancich & Parker, 2005). Esta técnica foi desenvolvida por Buchanan (1994) que a referia como sendo o estado da arte entre endodontistas (Buchanan, 1994).

Leonardo *et al.* (2009), num estudo que compara três técnicas de obturação, mostra que o sistema E&Q apresenta uma boa capacidade em promover selamento apical, com a vantagem de o sistema ser prático de utilizar. Ainda num estudo que compara a densidade de obturação entre a condensação lateral e a condensação por onda contínua, este último proporciona uma obturação mais densa (Lea *et al.*, 2005).

Relativamente aos resultados obtidos neste trabalho, pode-se constatar que existem diferenças significativas na infiltração apical associada aos três materiais utilizados: ProRoot® MTA, Biodentine™ e IRM®, sendo que em todos se verificou infiltração. Os resultados alcançados não são, contudo, unânimes com os estudos encontrados na literatura, uma vez que o grupo do ProRoot® MTA obteve a maior extensão de infiltração de corante, ao contrário do que se verifica em outros estudos.

Esta desigualdade pode dever-se à variedade de metodologias empregues nos trabalhos que pretendem analisar a infiltração, o que dificulta a comparação e conduz a resultados contraditórios. Por exemplo, Wu e Wesselink (1993) referem várias divergências com influência nos resultados, citando: a solução de conservação, o pH, o peso molecular e o tipo de corante, o isolamento ou não da superfície radicular externa à exceção da superfície recortada, o tipo de cortes (longitudinal ou transversal) e variações na manipulação do próprio material em estudo.

Outro aspeto a salvaguardar na questão da elevada infiltração encontrada, é a desidratação da dentina, comum nos estudos *in vitro*, que altera as suas propriedades mecânicas aumentando a sua suscetibilidade para as micro fraturas (Engel & Steiman, 1995, Kahler, Swain, Mouble, 2003).

Referente ao modo de conservação, Wu e Wesselink (1998a), afirmam que o formol a 10%, solução utilizada neste estudo, aumenta a densidade do corante azul-de-metileno, após um período longo de conservação, e como tal uma exposição limitada a esta solução pode não impedir a descoloração deste mesmo corante, que é frequente especialmente com o MTA, originando valores mais baixos de medição linear.

Quanto à forma de preparação da cavidade retrógrada e o seu efeito na microinfiltração, Koçak *et al.* (2011) ao comparar os resultados promovidos pelo Laser Er, Cr:YSGG, pontas ultrassónicas e brocas, conclui que o laser seria a melhor opção por conduzir a menor infiltração. No entanto, Rosales-Leal *et al.* (2011) constataram que a forma de preparação

da cavidade não tem a mesma influência para todos os materiais, porque uma menor infiltração tem muito que ver com a própria habilidade do material para o selamento, tendo demonstrado que a infiltração associada ao grupo do MTA não foi influenciada pela forma de preparação da cavidade. Ou seja, no caso de um material não ser bom na promoção do selamento, então a preparação com pontas ultrassônicas favorece o selamento e a adaptação marginal. Além de que, a utilização de pontas ultrassônicas prepara uma cavidade centrada com o longo eixo do dente, mais conservadora e cria um espaço limpo, com baixa acumulação de *smear layer*, o que diminui a probabilidade de infiltração, em comparação com a utilização de brocas (Harikaran *et al.*, 2010).

Taschieri *et al.* (2011) defendem que a forma de preparação da cavidade retrógrada, permitindo um selamento tridimensional da mesma, é um passo decisivo para o sucesso da cirurgia. Contudo, também creem que a existência de espaços pode estar associada a uma adaptação inadequada do material na cavidade, comum quando a capacidade de selamento de um material é fraca. Para evitar variações nos resultados, que tivessem que ver com o acabamento das paredes internas da cavidade, utilizamos pontas ultrassônicas para a sua preparação, salvaguardando, que os valores de infiltração obtidos com o IRM® apenas tivessem que ver com a sua habilidade para o selamento, objetivo do nosso trabalho, já que no caso do ProRoot MTA® e Biodentine™ o aspeto final da cavidade tem pouca influência na sua capacidade de selamento. Há que clarificar ainda que a opção pela apicectomia em 90° e a utilização do sistema ultrassônico para a retropreparação tem que ver com as vantagens já descritas dos métodos próprios que caracterizam a microcirurgia. Para o brunimento final das cavidades utilizaram-se pontas ultrassônicas diamantadas, pois estas, num estudo publicado por Rodríguez-Martos, Torres-Lagares, Castellanos-Cosano, Serrera-Figallo, Segura-Egea e Gutierrez-Perez (2012), provocaram menos fissuras radiculares em comparação com pontas de aço inoxidável.

Uma profundidade de aproximadamente 3 mm foi assumida para este estudo, com a consideração de que a profundidade de 2.5 a 3mm é o mínimo para se conseguir obter um selamento apical efetivo. Uma cavidade com dimensão inferior pode comprometer o sucesso da cirurgia, na medida em que pode não remover deltas apicais (Tanzilli *et al.*, 1980, Rahimi *et al.*, 2008, Harikaran *et al.*, 2010).

No que se refere à manipulação do material, foram respeitadas as regras de cada fabricante (Asgary *et al.*, 2008, Koçak *et al.*, 2011, Leal *et al.*, 2011, Sayed & Saeed, 2012).

A elevada infiltração encontrada nas cavidades seladas com ProRoot® MTA pode ser justificada por um manuseamento inadequado do material, devido à falta de experiência

do operador, a somar às principais desvantagens deste mesmo material: o tempo de presa longo e a dificuldade de manipulação. O MTA tem uma consistência granulosa, e à medida que toma presa torna-se difícil de manipular, porque perde coesão (Islam, Chng & Yap, 2006). Exige, como tal, uma curva de aprendizagem, suficiente para colmatar estes inconvenientes (Gondim, Kim & Souza-Filho, 2005). Candeiro, Maia, Frota, Veríssimo e Gavini (2010) acrescenta que a manipulação do ProRoot® MTA de acordo com as indicações do fabricante ainda complica a sua colocação na cavidade, principalmente quando esta tem dimensões muito reduzidas.

Outro fator questionado na literatura é o efeito de espaços vazios que podem surgir entre o material e a superfície interna do dente, e que são preenchidos por ar ou líquido. Este efeito pode influenciar a interpretação de quantidade de corante infiltrado, embora seja um obstáculo difícil de controlar. A ideia de submeter um teste de infiltração de corante a condições de vácuo, surge para contornar este problema, embora permaneça um assunto controverso e questionável por não haver uma certeza quanto à sua vantagem (Peters & Harrison, 1992, Wu & Wesselink, 1993, Torabinejad *et al.*, 1994) e por essa razão decidiu-se não usar nenhum sistema de redução de pressão de ar.

Quanto à impermeabilização da superfície externa à exceção da superfície dentinária apical exposta, esta foi apoiada por Asgary *et al.*, 2008, Leonardo *et al.* 2009, Candeiro *et al.*, 2010. Pretendia-se com este procedimento, garantir que a infiltração apenas ocorresse através da superfície dentinária apical, pois o objetivo do estudo é observar a infiltração que ocorre entre o material e a parede interna da cavidade.

Relativamente à imersão no corante azul-de-metileno a 2%, durante 24h, também esta foi a opção de Asgary *et al.*, 2008 e Sayed e Saeed, 2012. É um método antigo e largamente empregue para estudar a quantidade de infiltração e adaptação marginal dos materiais de retobturação (Ahlberg *et al.*, 1995). Utilizamos ainda o corante a um pH 7, neutro, para evitar a desmineralização da dentina que ocorre na presença de um pH ácido (Wu & Wesselink, 1993).

Os resultados da microinfiltração obtidos *in vitro* não podem ser extrapolados para efeitos clínicos, no entanto optamos pelo método de infiltração do corante azul-de-metileno por ser mais acessível, fácil de utilizar sem necessidade de equipamentos muito sofisticados, seguro (Johnson, 1999) e apresentar um peso molecular mais baixo do que as bactérias e seus produtos de degradação (Torabinejad *et al.*, 1993, Ahlberg *et al.*, 1995, Aqrabawi, 2000). Os espécimes, neste estudo, estiveram mergulhados no corante durante 24h. Wu *et al.* (1998a) afirmaram que após um período de 24h este mesmo corante pode sofrer

uma descoloração em contacto com certas substâncias alcalinas, sobretudo com o ProRoot® MTA, devido ao óxido de cálcio presente na sua constituição, o que significa que após esse período de imersão o valor da infiltração não corresponde a um valor real. Gondim *et al.* (2005) também mergulhou a sua amostra em azul-de-metileno a 2%, mas durante 12h apenas, para evitar o efeito da descoloração, num estudo que pretendia avaliar a capacidade de selamento do Super EBA™ (Harry J. Bosworth Co, Skokie, Ill, EUA), IRM® (L. D. Caulk Co, Milford, Del, EUA) e ProRoot® MTA (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, Okla, EUA) após três formas distintas de acabamento.

A medição linear da penetração do azul-de-metileno pode ser feita após uma divisão longitudinal ou após cortes transversais. Wu *et al.* (1998a) consideram que a água libertada durante os cortes transversais dilui o corante existente nos espaços vazios, podendo este facto resultar em valores de infiltração menores. Por essa mesma razão e à semelhança do que foi feito por Asgary (2008), Rahimi *et al.* (2008), Candeiro *et al.*, 2010, Hashemini *et al.* (2010), Orosco *et al.*, 2010, Shahi *et al.*, 2011, Sayed e Saeed (2012), Arruda *et al.*, 2012 realizaram-se cortes longitudinais. Todavia, a secção vertical dos espécimes contempla somente a medição da infiltração, num único plano, não apreciando o volume total de infiltração, daqui resultando a caracterização semi-quantitativa destes testes (Wu & Wesselink, 1993, Ahlberg *et al.*, 1995, Kazem *et al.*, 2010).

Conforme os resultados obtidos neste estudo, o ProRoot® MTA obteve os valores mais altos de infiltração em comparação com o IRM® e Biodentine™. Contudo acreditamos que estes valores não estejam diretamente associados às características de adaptação do material.

Todavia estes resultados sugerem que se houve infiltração de moléculas de pequenas dimensões, é porque possivelmente permaneceram espaços entre o material e as paredes dentinárias que são potenciais vias para a transmissão de bactérias (Torabinejad *et al.*, 1994).

Valores elevados de infiltração para o ProRoot® MTA foram igualmente obtidos por Wu, Kontakiotis e Wesselink (1998b), após 24h, embora nesse estudo se tenha utilizado o modelo de transporte de fluido. Todavia, a avaliação realizada após três meses, ainda no mesmo estudo, evidencia uma melhoria significativa no selamento promovido por este mesmo material. Este fenómeno é justificado pelo efeito da humidade, que ao hidratar o pó constituinte do MTA, aumenta a sua força de compressão e conseqüentemente a infiltração diminui.

Chong *et al.* (2003), num estudo clínico prospetivo que comparou o MTA com o IRM, verificou que o nível de sucesso foi muito superior após o primeiro ano de tratamento, não tendo encontrado diferenças significativas entre os dois materiais. Bem como num estudo prospetivo de Lindeboom, Frenken, Kroon, e Van den Akken (2005), não se encontram diferenças significativas, no que respeita à eficiência clínica, entre o IRM e o MTA.

No sistema de filtração de fluído, utilizado por Fogel e Peikoff (2001) para estudar a microinfiltração de materiais de retrobturação, também estes autores obtiveram resultados semelhantes para o MTA e o IRM., à semelhança do que se verificou no presente trabalho, em que não ocorreram diferenças significativas entre estes dois materiais.

Todavia, o MTA tem provado, em várias investigações, a sua primazia. Não só testes laboratoriais como também *in vivo*, demonstram a sua excelente biocompatibilidade e capacidade de selamento (Torabinejad e Parirokh, 2010, Froughreyhsni *et al.*, 2011). A habilidade de selamento deve-se à natureza hidrofílica que o caracteriza, com consequente expansão em ambiente húmido (Torabinejad *et al.*, 1995b) e à sua capacidade de adaptação marginal (Torabinejad *et al.*, 1995c, Gondim *et al.*, 2005).

Torabinejad *et al.* (1995b) quando comparou a infiltração bacteriana entre o MTA, o IRM e o Super-EBA, verificou uma infiltração significativamente menor para o MTA. Noutro estudo de Torabinejad *et al.* (1993), a infiltração de corante rodamina B foi significativamente menor para o MTA, em comparação com a amálgama e o Super-EBA.

Torabinejad *et al.* (1994) e Gondim *et al.* (2005) também encontraram uma infiltração do corante azul-de-metileno significativamente menor para o MTA, quando comparado com o IRM.

Já o Biodentine™ mostrou valores significativamente menores de infiltração em comparação com o ProRoot® MTA e o IRM®. Na literatura, ainda há poucos estudos publicados sobre os materiais biocerâmicos, particularmente sobre o Biodentine™ no que se refere à utilização em endodontia, não tendo sido encontrado qualquer estudo de infiltração para determinar a sua habilidade para o selamento marginal. Por esse motivo decidiu-se comparar os resultados obtidos neste trabalho com os de estudos que utilizam materiais com composição semelhante, com o intuito de aprofundar e explorar as potencialidades destes materiais recentemente desenvolvidos.

Asgary *et al.* em 2008 quando comparam a capacidade de selamento do MTA com o IRM e um novo cimento endodôntico, denominado por CEM, constituído maioritariamente por

compostos de cálcio também observam que este material, mais recente, tem menores valores de infiltração de corante azul-de-metileno após imersão durante 24h, embora não estatisticamente significativos. Explica que a composição deste cimento rica em silicato e sulfato de cálcio permite uma ligeira expansão do material com a hidratação após a sua colocação na cavidade. Para além de que em meio aquoso, conduz à formação de cristais de hidroxiapatite que não só aumentam a sua biocompatibilidade como a capacidade de selamento. O IRM®, contudo, revelou a maior extensão de infiltração entre os três materiais comparados. Em 2010 Hasheminia *et al.* mostraram igualmente que os novos cimentos endodônticos ricos em cálcio promovem um selamento mais efetivo que o MTA. À semelhança Sayed e Saeed (2012), demonstraram menos infiltração apical associada ao BioAggregate, material com composição química semelhante ao Biodentine, em comparação com o MTA.

O primeiro estudo que compara dois cimentos biocerâmicos, o Ceramicro e o BioAggregate, através do modelo de infiltração de glucose, mostra menos infiltração associada ao Ceramicro, embora estes dois materiais tenham demonstrado capacidade semelhante em prevenir a infiltração quando comparados com o MTA (Leal *et al.*, 2011).

Não é possível fazer uma recomendação confiável em termos clínicos, porque os testes *in vitro* não simulam totalmente as condições *in vivo*, e porque permanece desconhecida a importância dos estudos de infiltração, clinicamente. Como tal o que se recomenda é a escolha do material que promova a melhor capacidade de selamento a par com as melhores propriedades biológicas (Valera *et al.*, 2006). Tal como indicado por Wu *et al.*, (1998b), o comportamento dos materiais de retrobturação *in vivo* é ditada pelas características de manipulação, pela humidade e pela biocompatibilidade.

Sabe-se apenas que se o material de retrobturação, *in vitro*, impedir a passagem de moléculas de pequenas dimensões, como o azul-de-metileno, também será capaz de impedir a passagem de bactérias e toxinas, cujo tamanho molecular é superior (Torabinejad *et al.*, 1993).

VI. CONCLUSÃO

Pode-se concluir, de acordo com a metodologia empregue neste estudo e suas limitações e com base nos resultados obtidos, que:

- Se rejeita a hipótese nula, dado que se verificaram diferenças significativas na média da microinfiltração associada aos três materiais em estudo: ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer), Biodentine™ (Septodont) e IRM® (Dentsply).
- Em todos os grupos se deu infiltração do corante azul-de-metileno a 2%, o que evidencia que nenhum material em estudo promove um selamento marginal completo.
- O Biodentine™ demonstrou uma extensão de infiltração do corante significativamente menor quando comparado com o ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer) e com o IRM® (Dentsply), revelando deste modo, melhor capacidade de selamento marginal.
- O ProRoot® MTA apresentou de modo geral maior grau de infiltração de corante.

VII. PERSPETIVAS FUTURAS

É imprescindível que se compreendam e que se esclareçam os fatores que intervêm negativamente na adaptação marginal do material e conseqüentemente na sua capacidade de selamento em testes *in vitro*, para que em estudos futuros se minimizem os riscos que conduzem a níveis de infiltração, não coincidentes com a realidade *in vivo*, evitando resultados com pouca veracidade clínica.

No entanto, mesmo com as suas limitações, os testes de selamento marginal têm um papel muito útil para o desenvolvimento de novos materiais. Inúmeros estudos têm provado que o MTA é o material que reúne as melhores condições para o preenchimento de cavidades retrógradas. Mas é importante abrir caminho para que novos materiais sejam produzidos no sentido de colmatar as lacunas ainda existentes, promovendo a evolução e o progresso. Os materiais biocerâmicos têm vindo a adquirir importância na medicina dentária e especialmente em endodontia parecem ser promissores. Contudo, são precisas mais investigações que incidam na avaliação da sua capacidade de selamento e adaptação marginal.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Abdal, A.K., Retief, D.H. e Jamison, H.C. (1982). The apical seal via the retrosurgical Approach. *ORAL SURG ORAL MED O*, 54 (2), 213-218. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6214753>
- Ahlberg, K.M.F., Assavanop, P. e Tay, W.M. (1995). A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and Indian ink in root-filled teeth. *INT ENDOD J*, 28, 30-34. Doi: 10.1111/j.1365-2591.1995.tb00153.x
- Al-Hezaimi, K., Naghshbandi, J., Oglesby, S., Simon, J.H.S. e Rotstein, I. (2005). Human Saliva Penetration of Root Canals Obturated with Two Types of Mineral Trioxide Aggregate Cements. *J ENDODONT*, 31 (6), 453-456. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15917686>
- Aqrabawi, J. (2000). Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *BR DENT J*, 188, 266-8. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10758689>
- Araújo, R.M., Araújo, M.A.M., Silva, R.S.S.P., Gonçalves, S.E.P., Huhtala, M.F.R.L. e Rodrigues, J.R. (1999). Influência de diferentes meios de armazenamento de dentes extraídos na infiltração marginal. *JORNAL BRASILEIRO DE CLÍNICA E ESTÉTICA EM ODONTOLOGIA*, 3 (14), 31-35. Disponível em www.google.pt. Consultado em 24/04/2013
- Arruda, R.A.A., Cunha, R.S., Miguita, K.B., Silveira, C.F.M., De Martin, A.S., Pinheiro, S.L., Rocha, D.G.P. e Bueno, C.E.S. (2012). Sealing ability of mineral trioxide aggregate (MTA) combined with distilled water, chlorohexidine, and doxycycline. *J ORAL SCI*, 54 (3), 233-239. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23047034>

- Asgary, S., Eghbal, M.J. e Pariokh, M. (2008). Sealing ability of a novel endodontic cement as a root-end filling material. *JOURNAL OF BIOMEDICAL MATERIALS RESEARCH*, 87A (3), 706-709. Doi: 10.1002/jbm.a.31678
- Baek, S-Ho, Plenk, H. e Kim, S. (2005). Periapical Tissue Responses and Cementum Regeneration with Amalgam, SuperEBA, and MTA as Root-End Filling Materials. *J ENDODONT*, 31 (6), 444-449. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15917684>
- Berbert, F.L.C.V. *et al.* (2010). An in vitro evaluation of apicoectomies and retropreparations using different methods. *ORAL SURG ORAL MED O*, 110, 57-63. Doi:10.1016/j.tripleo.2010.03.004
- Buchanan, L.S. (1994). The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *DENT TODAY*, 13 (80), 82, 84-85. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9540580>
- Biodentine Scientific File (2010) Active Biosilicate Technology™, Septodont. Saint-Maur-des-Fosses Cedex, France: R&D Department. www.septodont.fr. Consultado em 05/04/2013
- Camilleri, J. (2008). Modification of mineral trioxide aggregate. Physical and mechanical properties. *INT ENDOD J*, 41, 843–9. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01435.x
- Camilleri, J, Sorrentino, F. e Damidot, D. (2013). Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *DENTAL MATERIALS*, 29, 580-593. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.03.007>
- Candeiro, G.T.M., Maia, A.I.A., Frota, B.M.D, Veríssimo, D.M. e Gavini, G. (2010). Evaluation of apical leakage of white MTA associated with two different vehicles. *J HEALTH SCI INST*. 28(2), 113-116. Disponível em <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=644806&indexSearch=ID>

- Carr, G.B. (1997). Ultrasonic root-end preparation. *Dent Clin North Am*, 41, 541-554.
Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9248690>
- Center for Disease Control and Prevention, Guidelines for infection control in dental health care setting. 2003. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 52, 1-76. Consultado no dia 7 de Março de 2013
- Chong, B.S., Pitt Ford, T.R. e Hudson, M.B. (2003). A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *INT ENDOD J*, 36, 520-526. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12887380>
- Chong, B.S. e Pitt Ford, T.R. (2005). Root-end filling materials: rationale and tissue response. *ENDODONTIC TOPICS*, 11, 114-130. Doi: 10.1111/j.1601-1546.2005.00164.x
- Dammaschke, T. (2012). A new bioactive cement for direct pulp capping. *International dentistry*, 2(2), 64-69. Disponível em http://www.moderndentistrymedia.com/mar_april2012/Dammaschke.pdf
- Delivanis, P. e Tabibi, A. (1978). A comparative sealability study by different retrofilling materials. *ORAL SURG*, 45, 273-281. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8225643>
- Dorn, S.O. e Gartner, A.H. (1990). Retrograde filling materials: A retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J ENDODONT*, 16, 391-393. Doi:10.1016/S0099-2399(06)81912-6
- Engel, T.K. e Steiman, H.R. (1995). Preliminary investigation of ultrasonic root-end preparation. *J ENDODONT*, 21, 443-445. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Preliminary+investigation+of+ultrasonic+root-end+pre-+%09paration>

- Filho, M.T., Figueiredo, F.A. e Tanomaru, J.M.G. (2005). Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of mineral trioxide aggregate. *BRAZ ORAL RES*, 19 (2), 119-122. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16292444>
- Fogel, H.M. e Peikoff, M.D. (2001). Microleakage of root-end filling materials. *J EN-DODONT*, 27 (7), 456-458. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239905606802>
- Froughreyhani, M., Milani, A.S., Rahimi, S., Shakouie, S. e Fateh, S. (2011). Comparison of apical sealing ability of resected mineral trioxide aggregate, gutta-percha and a resin-based root canal filling material (resilon). *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY*, 10(51), 10516-10519. Doi: 10.5897/AJB11.599
- Gandolfi, M.G., Pagani, S. e Perut, F. et al. (2008). Innovative silicate-based cements for endodontics: a study of osteoblastlike cell response. *J BIOMED MATER RES-A*, 87, 477–86. Doi: 10.1002/jbm.a.31795
- Gartner, A.H. e Dorn, S. O. (1992). Advances in endodontic surgery. *DENT CLIN NORTHAM*, 36, 357-378. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1572504>
- Glickman, G.N. e Hartwell, G.R. (2008). Surgical Procedures in Endodontics: Endodontic Surgery. In J.I.Ingle, L.K.Bakland e J.C.Baumgartner (Eds.), *Endodontics* (pp.1233-1294). 6  edic o. USA: PMPH-USA.
- Gluskin, A.H., Peters, C.I., Wong, R.D.M. e Ruddle, C.J. (2008). Management: Retreatment of Non-Healing Endodontic Therapy and Management of Mishaps. In J.I.Ingle, L.K.Backland e J.C. Baumgartner (Eds.), *Endodontics*, (pp.1088-1161). 6  edic o. USA: PMPH-USA.

- Gondim, E.J.R., Kim, S. e de Souza-Filho, F.J. (2005). An investigation of microleakage from root-end fillings in ultrasonic retrograde cavities with or without finishing: a quantitative analysis. *ORAL SURG ORAL MED O*, 99, 755-60. Doi:10.1016/j.tripleo.2004.08.019
- Grech, L., Mallia, B. e Camilleri, J. (2012). Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *INT ENDOD J*, 1-10. Doi: 10.1111/iej.12039
- Grech, L., Mallia, B. e Camilleri, J. (2013). Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *DENTAL MATERIALS*, 29, 20-28. Doi: 10.1016/j.dental.2012.11.007
- Guide to clinical endodontics (2013). 5º Edição. Associação Americana de Endodontia. Disponível em <http://www.aae.org/publications-and-research/glossaries-and-guides/glossaries---guides.aspx>. Consultado em 14/02/2013
- Han, L. e Okiji, t. (2011). Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *INT ENDOD J*, 1-7. Doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x
- Harikaran, Kavitha e Narayanan, J. (2010). SEM Evaluation of two different root-end preparations and Comparative Microleakage evaluation of three different Retro-filling materials using two different root-end preparations by Dye Penetration method – and in vitro study. *JIADS*, 1 (3), 1-6. Disponível em <http://jiads.net/index.php?id=home>
- Hasheminia, M., Nejad, S.L. e Asgary, S. (2010). Sealing Ability of MTA and CEM Cement as Root- End Fillings of Human Teeth in Dry, Saliva or Blood-Contaminated Conditions. *INT ENDOD J*, 5 (4), 151-156. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23130044>

- Hess, D., Solomon, E., Spears, R. e He, J. (2011). Retreability of a Bioceramic Root Canal Sealing Material. *J ENDODONT*, 37 (11), 1547-1549. Doi: 10.1016/j.joen.2011.08.016.
- Higa, R.K., Torabinejad, M., Mckendry, D.J. e Mcmillan, P.J. (1994). The effect of storage time on the degree of dye leakage of root-end filling materials. *INT ENDOD J*, 27, 252-256. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7814137>
- Islam, I., Chng, H.K. e Yap, A.U. (2006). Comparison of the physical properties of MTA and Portland cement. *J ENDODONT*, 32 (3), 193-197. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16500224>
- Johnson, B.R. (1999). Considerations in the selection of a root-end filling material. *ORAL SURG ORAL MED O*, 87 (4), 398-404. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10225620>
- Johnson, B.R. e Witherspoon, D.E. (2006). Periradicular surgery. In S. Cohen, K.M. Hargreaves (Eds.), *Pathways of the Pulp* (pp.724-785) 9  edic o. St. Louis, EUA: Mosby Elsevier
- Johnson, W.T. e Kulild, J.C. (2011). Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In K.M. Hargreaves e S. Cohen (Eds.), *Cohen’s Pathways of the pulp* (pp. 349-388). 10  edic o. St.Louis, Missouri, EUA: Mosby Elsevier
- Johnson, B. R., Fayad, M.I. e Witherspoon, D.E. (2011). Periradicular surgery. In K.M. Hargreaves e S. Cohen (Eds.), *Cohen’s Pathways of the pulp* (pp.720-776). 10  edic o. St.Louis, Missouri, EUA: Mosby Elsevier
- Kahler, B., Swain, M.V. e Mouble, A. (2003). Fracture-toughening mechanisms responsible for differences in work to fracture of hydrated and dehydrated dentine. *J BIOMECH*, 36, 229-237. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12547360>

- Karabucak, B. e Setzer, F. (2007). Criteria for the ideal treatment option for failed endodontics: surgical or nonsurgical? *Compend Contin Educ Dent*, 28, 304–310. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17682612>
- Kazem, M., Eghbal, M.J. e Asgary, S. (2010). Comparison of Bacterial and Dye Microleakage of Different Root-End Filling Materials. *INT ENDOD J*, 5 (1), 17-22. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23130024>
- Kim, S. e Kratchman, S. (2006). Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A Review. *J ENDODONT*, 32 (7), 601-623. Doi:10.1016/j.joen.2005.12.010
- Kim, E., Song, J.S., Jung, I.Y., Lee, S.J. e Kim, S. (2008). Prospective clinical study evaluating endodontic microsurgery outcomes for cases with lesions of endodontic origin compared with cases with lesions of combined periodontal-endodontic origin. *J ENDODONT*, 34, 546–551. Doi: 10.1016/j.joen.2008.01.023
- Koçac, M.M., Koçak, S., Aktuna, S., Gorucu, J. e Yaman, S.D. (2011). Sealing ability of retrofilling materials following various root-end cavity preparation techniques. *LASER MED SCI*, 26, 427-431. Doi: 10.1007/s10103-010-0789-6
- Kossev, D. e Stefanov, V. (2009). Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. *research-ceramics based sealers*, 1, 42-48.
- Lea, C.S., Apicella, M.J., Mines, P., Yancich, P.P. e Parker, M.H. (2005). Comparison of the Obturation Density of Cold Lateral Compaction Versus Warm Vertical Compaction Using the Continuous Wave of Condensation Technique. *J ENDODONT*, 31 (1), 37-39.
- Leal, F., De-Deus, G., Brandão, C., Luna, A.S., Fidel, S.R. e Souza, E.M. (2011). Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and white MTA. *INT ENDOD J*, 44, 662-668. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01871.x. Epub 2011 Mar 6

- Leonardo, M.V., Goto, E.H., Torres, C.R.G., Borges, A.B., Carvalho, C.A.T. e Barcellos, D.C. (2009). Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *J ORAL SCI*, 51 (4), 593-599. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20032613>
- Lindeboom, J.A.H., Frenken, J.W.H., Kroon, F.H.M. e Van den Akken, H.P. (2005). A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery. *ORAL SURG ORAL MED O*, 100, 495-500. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16200680>
- Lopes, H.P., Júnior, J.F.S., Pinto, S.S.L. e Elias, C.N. (2004) “Acidentes e Complicações em Endodontia”, in Guanabara Koogan S.A. (Ed.) *Endodontia: Biologia e Técnica*, 509-533. Rio de Janeiro.
- Markowitz, K., Moynihan, M., Liu, M. e Kim, S. (1992). Biological properties of eugenol and zinc oxide-eugenol. *ORAL SURG ORAL MED O*, 73, 729- 737. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1437045>
- Orosco, F.A., Bramante, C.M., Garcia, R.B., Bernardineli, N. e Moraes, I.G. (2010). Sealing ability, marginal adaptation and their correlation using three root-end filling materials as apical plugs. *J APPL ORAL SCI*, 18 (2), 127-134. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20485923>
- Oynick, J. e Oynick, T. (1978). A study of a new material for retrograde fillings. *J ENDODONT*, 4, 203-206. Doi:10.1016/S0099-2399(78)80183-6
- Peters, L.B. e Harrison, J.W. (1992). A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *INT ENDOD J*, 25, 273-8. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1306858>

- Peters, O.A. e Peters, C.I. (2011). Cleaning and shaping of the root canal system. In K.M. Hargreaves e S. Cohen (Eds.), *Cohen's Pathways of the pulp* (pp.283-348). 10ª edição. St.Louis, Missouri, EUA: Mosby Elsevier
- Rahimi, S., Shahi, S., Lotfi, M., Yavari, H.R. e Charehjo, M.E. (2008). Comparison of microleakage with three different thicknesses of mineral trioxide aggregate as root-end filling material. *J ORAL SCI*, 50 (3), 273-277. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18818462>
- Rodríguez-Matos, R., Torres_Lagares, D., Castellanos-Cosano, L., Serrera-Figallo, M.A., Segura-Egea, J.J. e Gutierrez-Perez, J.L. (2012). Evaluation of apical preparations performed with ultrasonic diamond and stainless steel tips at different intensities using a scanning electron microscope in endodontic surgery. *MED ORAL PATOL ORAL CIR BUCAL*, 17 (6), 988-993. Doi:10.4317/medoral.17961
- Rosales-Leal, J., Olmedo-Gaya, V., Vallecillo-Capilla, M. e Luna-Del-Castillo, J. (2011). Influence of cavity preparation technique (rotator vs. ultrasonic) on microleakage and marginal fit of six end-root filling materials. *MED ORAL PATOL ORAL CIR BUCAL*, 16 (2), 185-189. Doi:10.4317/medoral.16.e185
- Rubinstein, R.A. e Kim, S. (1999). Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of surgical operation microscope and Super-EBA as root end filling material. *J ENDODONT*, 25, 43-48. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239999803987>
- Sayed, M.E. e Saeed, M. (2012). *In vitro* comparative study of sealing ability of Diadent BioAggregate and other root-end filling materials. *J CONSERV DENT*, 15 (3), 249-252. Doi: 10.4103/0972-0707.97950
- Schneider, S.W. (1971). A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *ORAL SURG ORAL MED O*, 32 (2), 271-275. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0030422071902301>

- Setzer, F.C., Kohli, M.R., Sahb, S.B., Karabucak, B. e Kim, S. (2012). Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature – Part2: Comparison of Endodontic Microsurgical Techniques with and without the Use of Higher Magnification. *J ENDODONT*, 38 (1),1-10. Doi: 10.1016/j.joen.2011.09.021
- Shahi, S., Yavari, H.R., Rahimi, S., Eskandarinezhad, M., Shakoiei, S. e Unchi, M. (2011). Comparison of the sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement used as a root-end filling materials. *J ORAL SCI*, 53 (4), 517-522. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22167039>
- Sjogren, U., Hagglund, B., Sundqvist, G. e Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J ENDODONT*, 16, 498-504. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2084204>
- Song, M., Jung, I.Y., Lee, S.J., Lee, C.Y. e Kim, E. (2011a). Prognostic Factors for Clinical Outcomes in Endodontic Microsurgery: A Retrospective Study. *J ENDODONT*, 37 (7), 927-933. Doi: 10.1016/j.joen.2011.04.005
- Song, M., Shin, S-J. e Kim, E. (2011b). Outcomes of Endodontic Micro-resurgery: A Prospective Clinical Study. *J ENDODONT*, 37 (3), 316-320. Doi: 10.1016/j.joen.2010.11.029
- Song, M. e Kim, E. (2012) “A Prospective Randomized Controlled Study of Mineral Trioxide Aggregate and Super Ethoxy-Benzoic Acid as Root-End Filling Materials in Endodontic Microsurgery”, *J ENDODONT*, 38 (7), 875-879. Doi:10.1016/j.joen.2012.04.008
- Stabholz, A., Shani, J., Friedman, S. e Abed, J. (1985). Marginal Adaptation of Retrograde Fillings and Its Correlation with Sealability. *J ENDODONT*, 11 (5), 218-223. Doi:10.1016/S0099-2399(85)80063-7

- Tanzilli, J.P., Raphael, D. e Moodnik, R.M. (1980). A comparison of the marginal adaptation of retrograde techniques: A scanning electron microscopic study. *ORAL SURG ORAL MED O*, 50 (1), 74-80. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6994015>
- Taschieri, S., Testori, T., Francetti, L. e Del Fabbro M. (2004). Effects of ultrasonic root end preparation on resected root surfaces: SEM evaluation. *ORAL SURG ORAL MED ORAL*, 98, 611-8. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15529135>
- Taschieri, S., Bettach, R., Lolato, A., Monegini, L. e Del Fabro, M. (2011). Endodontic surgery failure: SEM analyses of root-end filling. *J ORAL SCI*, 53 (3), 393-396. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21959669>
- Theodosopoulou, J.N.e Niederman, R. (2005). A systematic review of in vitro retrograde obturation materials. *J ENDODONT*, 31, 341–349. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15851926>
- Torabinejad, M., Watson, T.F. e Pitt Ford, T.R. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J ENDODONT*, 19 (12), 591-595. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8151252>
- Torabinejad, M., Higa, R.K., McKendry, D.J. e Pitt Ford, T.R. (1994). Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J ENDODONT*, 20 (4), 159-163. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8035153>
- Torabinejad, M., Hong, C.U., McDonald, F. e Pitt Ford, T.R. (1995a). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J ENDODONT*, 21 (7), 349-353. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7499973>
- Torabinejad, M., Rastegar, A.F., Kettering, J.D. e Pitt Ford, T.R. (1995b). Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J ENDODONT*, 21 (3), 109-112. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7561650>

- Torabinejad, M., Smith, P.W., Kettering, J.D. e Pitt Ford, T.R. (1995c). Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J ENDODONT*, 21 (6), 295-299. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7673836>
- Torabinejad, M. e Pitt Ford, T.R. (1996). Root end filling materials: a review. *ENDODENT TRAUMATOL*, 12, 161-178. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9028180>
- Torabinejad, M. e Chivian, N. (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J ENDODONT*, 25, 197-205. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10321187>
- Torabinejad, M., Corr, R., Handysides, R. e Shabahang, S. (2009). Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *J ENDODONT*, 35 (7), 930-937. Doi: 10.1016/j.joen.2009.04.023
- Torabinejad, M. e Parirokh, M. (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review – Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. *J ENDODONT*, 36(2), 190-202. Doi: 10.1016/j.joen.2009.09.010.
- Tsesis, I., Rosen, E., Schwartz-Arad, D. e Fuss, Z. (2006). Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *J ENDODONT*, 32 (5), 412-416. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16631838>
- Tsesis, I., Faivishevsky, V., Kfir, A. e Rosen, E. (2009). Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: a meta-analysis of literature. *J ENDODONT*, 35, 1505-1511. Doi: 10.1016/j.joen.2009.07.025

- Valera, M.C., Camargo, C.H.R., Carvalho, A.S. e Gama, E.R.P. (2006). In vitro evaluation of apical microleakage using different root-end filling materials. *J APPL ORAL SCI*, 14 (1), 49-52. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19089030>
- Veríssimo, D.M. e do Vale, M.S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J ORAL SCI*, 48, 93-98. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17023739>
- Vertucci, F.J. e Beatty, R.G. (1986). Apical Leakage Associated with Retrofilling Techniques: A Dye Study. *J ENDODONT*, 12(8), 331-336. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239986800322>
- Vertucci, F.J. e Haddix, J.E. (2011) “Tooth morphology and access cavity preparation”, in Hargreaves, K.M. e Cohen, S. (Ed.) *Cohen’s Pathways of the pulp*, 10ª edição, 136-222, Mosby, Elsevier, St.Louis, Missouri, EUA.
- Von, A. T., Peñarrocha, M. e Jensen, S. (2010). Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: A Meta-analyses. *J ENDODONT*, 36(6), 957-973. Doi: 10.1016/j.joen.2010.02.026.
- Walivaara, D., Abrahamsson, P., Fogelin, M. e Isaksson, S. (2011). Super-EBA and IRM as root-end fillings in periapical surgery with ultrasonic preparation: a prospective randomized clinical study of 206 consecutive teeth. *ORAL SURG ORAL MED O*, 112 (2), 258-263. Doi: 10.1016/j.tripleo.2011.01.016
- Watts, J.D., Holt, D.H., Beeson, T.J., Kirkpatrick, T.C. e Rutledge, R.E. (2007). Effects of pH and Mixing Agents on the Temporal Setting of Tooth-colored and Gray Mineral Trioxide Aggregate. *J ENDODONT*, 33 (8), 970-973. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17878085>
- Weston, G.D., Moule, A.J. e Bartold, P.M. (1999). A comparison in vitro of fibroblast attachment to resected root-ends. *INT ENDOD J*, 32, 444-9. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10709492>

- Wu, M.-K., Kean, S.D. e Kersten, H.W. (1990). A quantitative microleakage study on a new retrograde filling technique. *INT ENDOD J*, 24, 245-249. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2098340>
- Wu, M.-K. e Wesselink, P.R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *INT ENDOD J*, 26, 37-43. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8473032>
- Wu, M.-K., Kontakiotis, E.G. e Wesselink, P.R. (1998a). Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling Materials. *J DENT*, 26, 585-589. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9754747>
- Wu, M. -K., Kontakiotis, E.G. e Wesselink, P.R. (1998b). Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J ENDODONT*, 24 (8), 557-560. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9759020>
- Zhao, W., Wang, J., Zhai, W., Wang, Z. e Chang, J. (2005). The self-setting properties and in-vitro bioactivity of tricalcium silicate. *BIOMATERIALS*, 26, 6113-6121. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15927252>



Clínica Universitária

Declaração da Direção Clínica para cedência de dentes
do BDH para realização trabalho de projeto final do
MIMD

IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE: Micaela Leitão Agostinho

TÍTULO DO TRABALHO: "Comparação da microinfiltração de três materiais de
retobturação utilizados em cirurgia endodôntica"

Excelentíssima Professora Doutora Fernanda de Mesquita

A aluna Micaela Leitão Agostinho, pode utilizar 34 dentes monoradiculares
hígidos do Banco de dentes humanos (BDH) da Clínica Dentária Universitária
Egas Moniz (CDUEM).

Aguardo a aprovação da Comissão Científica e da Comissão de Ética, para
cedência dos dentes.

Atenciosamente, com os melhores cumprimentos

Monte da Caparica, 12 de Dezembro de 2012

Direção Clínica

