



**FMUC** FACULDADE DE MEDICINA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

## **Avaliação da adesão entre cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio e a dentina radicular**

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Autor: Neida Isabel Pinto Amaral Gonçalves  
Orientador: Professor Doutor João Miguel Marques dos Santos  
Co-Orientador: Investigador Doutor Miguel Patrício

Coimbra, 2013

## **Avaliação da adesão entre cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio e a dentina radicular**

Amaral, Neida<sup>1</sup>; Santos, João M<sup>2</sup>; Patrício, Miguel<sup>3</sup>

1 - Aluna do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

2 - Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

3 - Investigador Auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Av. Bissaya Barreto,  
Bloco de Celas 3000-075 Coimbra

Telefone: +351 239 484183

Fax: + 351 239 402910

Endereço eletrónico: [neida@sapo.pt](mailto:neida@sapo.pt)

---

## RESUMO

O objetivo deste estudo é avaliar, *in vitro*, o efeito de três soluções de irrigação (hipoclorito de sódio, ácido etilenodiaminotetracético e clorhexidina) nas forças de adesão de dois cimentos à base de silicato de cálcio (ProRoot® MTA e Biodentine™), usando o teste *push-out*.

Foram recolhidos e armazenados em Cloramina T a 0,5% um total de 66 dentes humanos monorradiculares. Após seccionar as coroas dos dentes, estes foram instrumentados mecanicamente com limas ProTaper F4 ao comprimento de trabalho mantendo-se a permeabilidade apical com uma lima K #15.

Os dentes foram divididos em 3 grupos (n=22) de acordo com o protocolo de irrigação final. O grupo A composto pelos dentes irrigados com hipoclorito de sódio 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany); o grupo B com irrigação final com ácido etilenodiaminotetracético 17% (SmearClear, SybronEndo, Glendora, USA); e o grupo C com uma solução de clorhexidina 2% (FGM®, Dentscare LTDA). Posteriormente, cada grupo foi subdividido em dois: o subgrupo 1 foi obturado com ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) e o subgrupo 2 com Biodentine™ (Septodont®, Saint-Maur-des-Fosses, France). Depois de 5 dias em estufa a 37° C e em ambiente húmido, fizeram-se 3 cortes transversais em cada raiz, obtendo-se amostras padronizadas de 2 ± 0,2 mm de espessura.

A avaliação da força de adesão foi feita através do teste *push-out* realizado numa máquina universal (Model AG-I, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). O valor da força no momento do deslocamento foi obtido (em Newton) para cada amostra, o que tomando em conta as respetivas áreas de adesão do cimento permitiu o cálculo da pressão (em Megapascal). O tipo de fratura de cada uma das amostras foi determinado através de imagens obtidas por microscópio *stereo* (Nikon SMZ 1500, Japan) e os dados adquiridos foram analisados através do SPSS.

De acordo com a metodologia empregue e com os resultados obtidos é possível concluir que o protocolo de irrigação final influencia a adesão alcançada pelos materiais de obturação à parede canal, destacando-se positivamente o efeito da irrigação com clorhexidina por permitir valores de adesão mais elevados. Quanto aos materiais, o Biodentine™ apresenta forças de adesão ligeiramente superiores ao ProRoot® MTA, o que pode representar um progresso no sentido de encontrar um material com elevada biocompatibilidade e melhorada capacidade de reforçar estruturalmente o dente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *push-out, bond strength, mineral trioxide aggregate, biodentine, irrigants, Sodium hypochlorite, chlorhexidine, Ethylenediaminetetraacetic acid*

## ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate in vitro the effect of three irrigation solutions (sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid and chlorhexidine) in the adhesion strengths of two calcium silicate-based endodontic sealers (ProRoot® MTA and Biodentine™) using the push-out test.

For that purpose, 66 single-rooted human teeth were collected and stored in 0.5% chloramine T. The crowns of the teeth were sectioned and the teeth were instrumented mechanically with ProTaper F4 files to the working length while the apical permeability was maintained with a K file # 15.

The teeth were divided into 3 groups (n = 22) according to the final irrigation protocol. Group A was comprised by the teeth irrigated with 3% sodium hypochlorite (CanalProNaOCl - Coltene ®, Langenau, Germany); the irrigation solution of group B was 17% ethylenediaminetetraacetic acid (SmearClear, SybronEndo, Glendora, USA) and that of group C was 2% chlorhexidine (FGM ®, Dentscare LTDA). Each group was subsequently subdivided into two subgroups: subgroup 1 was filled with ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) and subgroup 2 with Biodentine™ (Septodont ®, Saint-Maur-des-Fosses, France). After being kept for 5 days at 37 ° C in a humid environment, the crown was removed from each tooth and three cross sections were made in each root in order to get standardized samples of 2 ± 0.2 mm thickness.

The evaluation of the adhesion strength was made by applying the push-out test performed in a universal machine (Model AG-I, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). The value of the strength at the time of dislodgement was recorded (in Newton) and in the corresponding pressure was computed in Megapascal (MPa) taking the adhesion area of the sealer into account. The type of fracture of each sample was determined using images obtained by stereomicroscope (Nikon SMZ 1500, Japan) and the acquired data were analyzed using SPSS.

According to the methodology that was used and the results obtained, it is possible to conclude that the final irrigation protocol will influence the adhesion achieved by the filling materials to the canal wall, highlighting positively the effect of irrigation with chlorhexidine for providing higher adhesion values. As for materials, adhesion forces Biodentine™ are slightly higher than ProRoot® MTA, which may represent some progress towards finding a material with high biocompatibility and improved ability to strengthen the structure of the tooth.

**KEYWORDS:** push-out, bond strength, mineral trioxide aggregate, biodentine, irrigants, Sodium hypochlorite, chlorhexidine, Ethylenediamine tetraacetic acid

## INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende da preparação química e mecânica completa do sistema canalar bem como da obturação tridimensional adequada(1). As características e propriedades físico-químicas dos materiais usados na obturação são fundamentais para permitir um selamento adequado do canal e impedir a microinfiltração(2).

Os estudos desenvolvidos atualmente procuram materiais alternativos com resistência ao deslocamento e melhor adesão à dentina radicular de modo a eliminar espaços existentes na interface cimento-dentina(3-6). Uma vez que os dentes sujeitos a tratamento endodôntico são mais suscetíveis à fratura que os dentes vitais, especialmente dentes com dimensão canalar ampla, os materiais usados na obturação devem ter uma rigidez adequada de modo a reforçar a raiz e minimizar potenciais microinfiltrações(6). Entre os novos materiais desenvolvidos com esta capacidade encontram-se os cimentos à base de silicato de cálcio como o MTA e o Biodentine™.

O MTA, desenvolvido em 1993, é um pó constituído por pequenas partículas hidrofílicas de silicato dicálcico e tricálcico e óxido de bismuto, que toma presa na presença de humidade(7). Este material já se afirmou como uma alternativa aos materiais convencionais, especialmente em casos de ápice aberto, perfurações radiculares, cirurgia apical, comunicações endo-periodontais e canais amplos(8, 9).

O MTA foi reconhecido como um biomaterial uma vez que tem a capacidade de ser bem tolerado e induzir uma resposta apropriada quando aplicado em contacto com os tecidos pulpo-periodontais(10). Devido ao potencial de interagir com os fluídos naturais presentes nos tecidos e deste modo promover a formação de tecido duro, o mesmo é considerado um material bioativo.(7, 11, 12) Esta capacidade deve-se à sua propensão para produzir cristais de apatite quando entre em contacto com soluções de fosfato, formando compostos químicos capazes de ativarem mecanismos de reparação e regeneração dos tecidos mineralizados(13).

Este material mostra ser eficaz no selamento das comunicações entre o sistema canalar e a superfície externa do dente e tecidos adjacentes(14). É um material não tóxico, não carcinogénico, estável dimensionalmente, com boa capacidade de selamento, toma presa na presença de sangue e tem efeito bactericida(11, 15-17).

A solubilidade do MTA é muito baixa ou mesmo inexistente,(18, 19) e a resistência à compressão atinge o valor máximo 72 horas após a mistura(20). Apresenta um pH inicial de 10,2 que aumenta gradualmente para 12,5 após 3 horas, quando ocorre a reação de presa, o que se deve à libertação de cálcio e à posterior formação de hidróxido de cálcio(18).

A sua expansão é influenciada pelos diferentes ambientes em que ocorre a presa inicial(21). Um ambiente com pouca humidade ou de pH ácido podem afetar adversamente

o MTA, pelo que antes da sua aplicação devem ser controlados os aspetos clínicos que promovam a inflamação a nível local. Também uma pressão exagerada durante a compactação tem efeitos nefastos nas suas propriedades, pelo que a sua aplicação deve ser concluída antes do endurecimento inicial(22).

Além destas, o MTA tem outras propriedades que tornam o seu uso delicado, como a dificuldade de manuseamento, o potencial de coloração do dente e o tempo de presa prolongado de  $165 \pm 5$  minutos(14, 18).

O Biodentine™ é um material que surgiu posteriormente ao MTA, com características que potencialmente podem colmatar algumas limitações deste último. As principais propriedades são o bom selamento, resistência elevada a forças de compressão, tempo de presa mais curto, biocompatibilidade e bioactividade(23).

Em relação à sua composição, o Biodentine™ apresenta uma componente sólida composta por um pó de silicato tricálcico, carbonato de cálcio e óxido de zircónio e uma componente líquida formada por água, cloreto de cálcio e policarboxilato modificado. O cloreto de cálcio funciona como acelerador do tempo de presa e redutor de água e o policarboxilato modificado como agente plastificante(23).

Este material apresenta efeitos positivos sobre as células da polpa e estimula a formação de dentina terciária(24). As suas partículas integram-se no tecido recém-formado mostrando assim a sua capacidade de promover a mineralização(25).

Assim, o Biodentine™ está recomendado como material de reparação endodôntico ou substituto de dentina em situações de restauração com resina composta.

Para além das considerações a ter em relação ao material a usar para um tratamento endodôntico, também as soluções de irrigação usadas podem afetar os tecidos dentários e a sua interação com os materiais de obturação, podendo a adesão dos mesmos ficar comprometida(26).

Diversas soluções de irrigação são tipicamente usadas durante a preparação canal, sendo as mais comuns o hipoclorito de sódio (NaOCl), o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) e a clorhexidina (CHX).

O NaOCl apresenta-se como antimicrobiano e solvente orgânico efetivo dos tecidos pulpaes necrosados ou vitais através da transformação das proteínas em aminoácidos(27-29). O pH elevado da solução interfere na integridade da membrana citoplasmática dos microrganismos através da inibição enzimática irreversível, de alterações da biossíntese do metabolismo celular e da destruição fosfolipídica.

O efeito antibacteriano é conseguido através da oxidação do grupo sulfidril das enzimas bacterianas. A dissolução dos tecidos é alcançada através de uma reação de saponificação em que ocorre a conversão de ácidos gordos e lípidos em sabão e glicerol(30).

Estas propriedades estão diretamente relacionadas com a concentração do NaOCl utilizado na clínica, podendo ir de 0,5% a 5,25%. Em baixas concentrações não é eficaz contra microrganismos e em altas pode provocar inflamação apical uma vez que o aumento da sua concentração diminui a biocompatibilidade(27, 31, 32).

Outro aspeto relevante é o facto de durante a instrumentação se produzir uma camada de resíduos, designada *smear layer*, constituída por uma componente inorgânica e outra orgânica que pode conter restos dos processos odontoblásticos, tecido necrótico e microrganismos. A remoção ou não desta camada antes da obturação canalar ainda gera muita controvérsia. Alguns autores sugerem que ao manter a *smear layer* pode limitar-se a penetração de bactérias e toxinas nos túbulos. No entanto, outros defendem que esta deve ser completamente removida, pois pode conter microrganismos ou impedir a chegada das soluções antissépticas ao interior dos túbulos dentinários infetados, bem como impossibilitar a formação de interdigitações do material de obturação na parede de dentina canalar, dificultando a adesão(33).

Para a remoção química desta camada pode ser usada uma solução desmineralizante que vai aumentar a permeabilidade dos túbulos dentinários.<sup>19</sup> O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) é um agente quelante capaz de realizar esta função, sendo normalmente usado a 17%. Apresenta boas propriedades lubrificantes, no entanto a sua ação antimicrobiana é muito limitada.(34) O EDTA reage com os iões de cálcio presentes na hidroxiapatite da dentina radicular, o que resulta na desmineralização da camada superficial da dentina e exposição das fibras de colagénio da matriz orgânica(35, 36).

O pH das soluções de EDTA afeta a sua eficácia e a disponibilidade dos iões de cálcio. À medida que o pH aumenta, a disponibilidade de iões de cálcio de hidroxiapatite para quelação diminui. Por outro lado, a um pH mais baixo os iões estão mais disponíveis mas a eficácia do EDTA irá diminuir. Deste modo, o pH ideal situa-se entre os 6 e 10, sendo este normalmente usado na clínica a 7. As soluções de EDTA neutras reduzem as proteínas não colagénicas conduzindo à alteração da superfície da dentina mas não à sua erosão(36).

Uma vez que o EDTA só remove a porção inorgânica da *smear layer* expondo o colagénio, este deve ser associado a outra solução solvente como por exemplo o NaOCl, que vai dissolver a componente orgânica desta camada atuando sobre o colagénio(34, 37).

A antisepsia canalar continua a ser um desafio não existindo na actualidade uma solução única efetiva contra todos os microrganismos. Por conseguinte, têm-se investigado soluções alternativas ou complementares ao clássico NaOCl. A clorohexidina (CHX) tem neste âmbito um lugar de destaque, sendo utilizada em Medicina Dentária sob a forma de sal de gluconato de modo a proporcionar uma maior solubilidade.(38) Na Endodôncia é usada como solução de irrigação (0,2% a 2%) ou medicação intracanal devido ao seu

amplo espectro de ação antimicrobiana contra Gram-positivas, Gram-negativas e fungos, associado à sua baixa citotoxicidade e elevada biocompatibilidade.<sup>22</sup> Uma das limitações que esta solução apresenta é a fraca capacidade de dissolução dos tecidos pulpares remanescentes(28).

Quanto à sua interação com as bactérias, a CHX leva à permeabilização da parede celular causando a perda dos componentes intracelulares. Já relativamente aos fungos, existe uma agressão da membrana plasmática externa destes com uma consequente permeabilização da membrana interna. Pode causar precipitação e coagulação dos constituintes intracelulares(30). Isto permite que a CHX seja um bacteriostático a baixas concentrações e um bactericida a altas. A CHX tem a capacidade de inibir a ação das metaloproteinases da matriz (MMP) presentes na dentina que são responsáveis pela degradação das fibras de colagénio e consequente enfraquecimento da zona híbrida de ligação entre os materiais e a dentina radicular(39).

O objetivo deste trabalho de investigação laboratorial é avaliar, *in vitro*, as forças de adesão de dois cimentos à base de silicato de cálcio à dentina radicular condicionada com três métodos de irrigação diferentes.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS**

Para a realização deste trabalho de investigação foram recolhidos 66 dentes humanos monorradiculares. Foram removidos os cálculos e o tecido de granulação dos dentes através de destarização e uso de curetas. Posteriormente, os dentes foram armazenados em Cloramina T a 0,5%.

Antes da determinação do comprimento de trabalho, a coroa de cada dente foi seccionada com um disco diamantado na presença de água a um comprimento de 14 mm. Para determinar o comprimento de trabalho foram usadas limas K #15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) inseridas no canal até serem visualizadas no ápex, retirando-se depois 1 mm a esse comprimento.

A instrumentação das amostras foi realizada através da instrumentação mecanizada. Para isso foram usadas limas ProTaper F4 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ao comprimento de trabalho acopladas no motor X-Smart™ (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) a uma velocidade de 300 e torque de 2,6 N/cm. Durante esta instrumentação foram usados 7 mL de NaOCl 3% (CanalProNaOCl 3% - Coltene®, Langenau, Germany; fabrico: 19/07/2011 validade: 19/07/2013) havendo uma irrigação final de 1 mL, perfazendo



8 mL no total. A permeabilização apical foi mantida durante toda a instrumentação através do uso da lima K #15 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

Os dentes foram divididos em 3 grupos (com n=22 dentes por grupo) de acordo com o protocolo de irrigação final: grupo A correspondendo a uma irrigação com hipoclorito de sódio 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany); grupo B, composto por dentes irrigados com ácido etilenodiaminotetracético 17% (SmearClear, SybronEndo, Glendora, USA; lote: 4341492 validade:11/2014); e grupo C, correspondente aos dentes cuja solução de irrigação foi a clorhexidina 2% (FGM®, Dentscare LTDA; lote: 090811 validade: 08/2013). Depois da secagem dos canais com cones de papel #40 (Produits Dentaires SA, Vevey, Switzerland; lote: 285263 validade: 09/2015) cada grupo foi subdividido em dois: o subgrupo 1 foi obturado com ProRoot® MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland; lote: 12001879 validade:04/2015) e o subgrupo 2 com Biodentine™ (Septodont®, Saint-Maur-des-Fosses, France; lote B06158; Validade: 07/2014).

Assim, obtiveram-se os seis grupos homogêneos representados na Figura 1 e listados de seguida (n=11), representando os diferentes protocolos de irrigação final e materiais de obturação.

➤ Grupo **A1**: 1 mL de **NaOCl** 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany) e obturação com **ProRoot® MTA** (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

➤ Grupo **A2**: 1 mL de **NaOCl** 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany) e obturação com **Biodentine™** (Septodont®, Saint-Maur-des-Fosses, France).

➤ Grupo **B1**: 1 mL de **NaOCl** 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany), 2 mL de **EDTA** 17% (SmearClear – SybronEndo, Glendora, USA) durante 1 minuto e 2 mL de **cloreto de sódio** 0,9% (Baxter; lote: 13C16E3E validade: 02/2015) seguido de obturação com **ProRoot® MTA** (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

➤ Grupo **B2**: 1 mL de **NaOCl** 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany), 2 mL de **EDTA** 17% (SmearClear – SybronEndo, Glendora, USA) durante 1 minuto e 2 mL de **cloreto de sódio** 0,9% (Baxter) seguido de obturação com **Biodentine™** (Septodont®, Saint-Maur-des-Fosses, France).

➤ Grupo **C1**: 1 mL de **NaOCl** 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany), 1 mL de **cloreto de sódio** 0,9% (Baxter), 2 mL de **CHX** 2% (FGM®, Dentscare LTDA; lote: 090811 validade: 08/2013) durante 5 minutos e obturação com **ProRoot® MTA** (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

➤ Grupo **C2**: 1 mL de **NaOCl** 3% (CanalProNaOCl - Coltene®, Langenau, Germany), 1 mL de **cloreto de sódio** 0,9% (Baxter), 2 mL de **CHX** 2% (FGM®, Dentscare LTDA) durante 5 minutos e obturação com **Biodentine™** (Septodont®, Saint-Maur-des-Fosses, France).

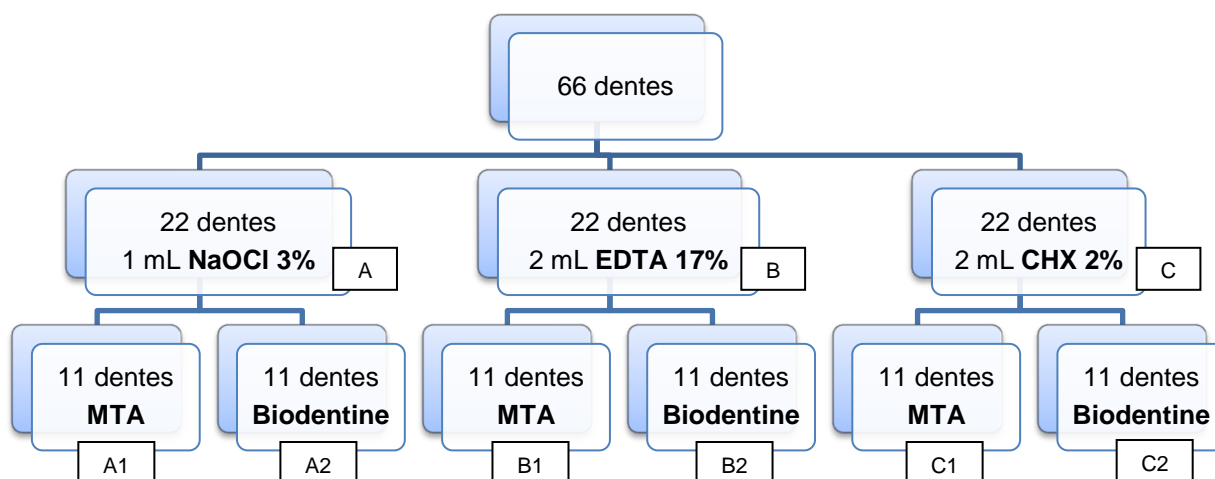


Figura 1 - Esquema representativo dos grupos experimentais.

As amostras foram envolvidas em compressas húmidas com cloreto de sódio 0,9% (Baxter) e colocadas numa estufa a 37° C durante 5 dias. Depois desse período as raízes foram incluídas em acrílico (Orthocryl EQ, Dentaurum Ispringen, Germany; lote 061031 validade 06/2020) e foram feitos três cortes transversais (cervical, médio e apical) numa máquina de corte (Accutom 5, Struers, Ballerup, Denmark) com 2 ± 0,2 mm cada, o que resultou em 33 cortes por grupo, 198 no total.

A avaliação das forças de adesão foi feita através do teste *push-out* realizado numa máquina universal (Shimadzu AG-I, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). A força compressiva foi aplicada exercendo uma pressão na superfície do material a ser testado numa direção corono-apical usando uma ponta de testes de 0,74 mm de diâmetro a uma velocidade constante de 1mm/minuto. As amostras foram colocadas num suporte com um orifício no centro de modo a permitir o movimento livre da broca. A força máxima aplicada no material no momento do seu deslocamento foi registada (em Newton) sendo o teste parado quando atingisse o zero.

A força necessária para deslocar o material foi transformada em pressão (em MPa), segundo Sagsen *et al* 2011(40), através da fórmula:  $F/SL$ .

$F$  representa o valor máximo em Newton e  $SL$  corresponde à área de adesão do cimento. O valor de  $SL$  é calculado por  $[\pi (R+r) g]$ :  $\pi=3,14$ ;  $R$ = raio do canal do lado A;  $r$ = raio do canal do lado B;  $g$ = espessura da amostra.

As imagens foram obtidas usando o microscópio *stereo* (Nikon SMZ 1500, Japan) e as medições foram feitas com o auxílio do programa Image J. Cada amostra foi categorizada de acordo com o tipo de fratura do material em: adesiva, coesiva ou mista.

## **ANÁLISE DE DADOS**

Como descrito anteriormente, para avaliar o impacto da utilização de 2 materiais de obturação e diferentes protocolos de irrigação à dentina radicular, mediu-se a força de adesão de um conjunto de amostras. Estas foram obtidas seccionando um total de 66 dentes e submetendo-os a tratamentos combinando diferentes materiais e soluções de irrigação. Optou-se por considerar como objetos do estudo estas amostras e efetuar a análise estatística global considerando a média das secções e análises estatísticas independentes para as diferentes secções (correspondendo 1 à secção cervical, 2 à secção média e 3 à secção apical), devido aos diferentes comportamentos esperados entre secções de um mesmo dente. Decidiu-se incluir estas análises de modo a compararem-se os resultados globais e os resultados por secção tentando perceber se os globais vão ao encontro dos resultados por secção. As forças de adesão das amostras, tratadas com diferentes combinações de materiais e soluções de irrigação foram comparadas recorrendo a um teste *Two way* ANOVA.

Esta técnica foi escolhida uma vez que existem duas variáveis independentes: o tipo de material de obturação e o tipo de solução de irrigação. Esta técnica permite determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os seis grupos para as duas variáveis independentes (Soluções\_Irrigação e Material) e para a sua interação (Soluções\_Irrigação \* Material). Os testes de normalidade *Shapiro-Wilk* foram usados para determinar a normalidade de distribuição das amostras. O teste de *Levene* usou-se para determinar se a variância da variável dependente (MPa) é igual em todos os grupos. O nível de confiança estatística global foi de  $\alpha=0.05$ .

Os dados foram analisados através do programa SPSS 19.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

## RESULTADOS

Na Tabela I encontra-se a média, desvio-padrão, mediana, valor máximo e valor mínimo dos seis grupos estudados, tendo o valor da força de adesão de cada dente sido calculado como o valor médio das forças de adesão das suas três secções. Estes dados foram incluídos de modo a tentar perceber se poderão os resultados globais ser representativos dos resultados por secções. Nas Tabelas II, III e IV, foram apresentados os valores correspondentes às diferentes secções dos dentes, equivalendo cada uma das secções a uma tabela. Estes valores encontram-se ainda representados nos gráficos 1 e 2.

**Tabela I - Estatística descritiva dos seis grupos experimentais.**

Grupo	Média ± Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>A1: MTA + NaOCl 3%</b>	9,72 ± 1,30	10,01	7,24	10,92
<b>A2: BIO + NaOCl 3%</b>	11,40 ± 1,74	11,79	8,86	13,97
<b>B1: MTA + EDTA 17%</b>	10,91 ± 1,79	10,45	8,75	13,97
<b>B2: BIO + EDTA 17%</b>	10,23 ± 1,93	10,26	6,39	13,51
<b>C1: MTA + CHX 2%</b>	11,97 ± 2,00	12,38	8,52	14,59
<b>C2: BIO + CHX 2%</b>	12,80 ± 1,48	13,59	10,56	14,32

A Tabela I mostra que foi para a combinação Biodentine™ + EDTA 17% que se obteve o menor valor de adesão (6,39). No entanto, o Biodentine™ apresentou os valores mínimos mais elevados de adesão quando a irrigação foi feita com NaOCl 3% (8,86) e CHX 2% (10,56)

Os grupos obturados com Biodentine™ apresentaram valores de adesão médios ligeiramente mais altos que os grupos do ProRoot® MTA, nos casos em que a irrigação foi feita com NaOCl 3% e CHX 2%. Com o EDTA 17% esta situação não se verifica sendo o valor médio de adesão superior no grupo do ProRoot® MTA, apesar da diferença entre os dois materiais não ser muito acentuada.

Nos grupos obturados com Biodentine™, a irrigação com CHX 2% apresentou valores de adesão superiores (12,80), seguida do NaOCl 3% (11,40) e por último o EDTA 17% (10,23).

Nos grupos do ProRoot® MTA, a CHX apresentou novamente o maior valor de adesão (11,97). O EDTA 17% evidenciou valores de adesão superiores (10,91) ao NaOCl 3% (9,72).

**Tabela II - Estatística descritiva para a secção 1 (cervical) dos seis grupos experimentais.**

Grupo	Média ± Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>A1: MTA + NaOCI 3%</b>	8.139 ± 1,187	7.774	5.674	10.746
<b>A2: BIO + NaOCI 3%</b>	12.571 ± 3,489	12.885	5.927	16.282
<b>B1: MTA + EDTA 17%</b>	8.160 ± 4,180	8.479	2.089	15.269
<b>B2: BIO + EDTA 17%</b>	10.176 ± 2,460	9.695	5.761	14.569
<b>C1: MTA + CHX 2%</b>	8.813 ± 2,979	9.153	4.398	12.482
<b>C2: BIO + CHX 2%</b>	10.152 ± 2,128	10.399	7.078	13.014

A Tabela II mostra que para a secção 1 os grupos obturados com Biodentine™ apresentaram consistentemente valores ligeiramente mais altos de adesão que os grupos do ProRoot® MTA, independentemente da solução de irrigação.

Na Tabela I verificam-se forças de adesão globalmente superiores às apresentadas na Tabela II para os dois materiais. No entanto, a Tabela II permite confirmar os resultados anteriores verificando-se uma tendência de maiores valores de adesão por parte do Biodentine™.

Quando a irrigação foi feita com NaOCI 3%, o Biodentine™ apresentou um valor de 12,571 que foi superior ao tratamento por EDTA 17% (10,176) e por CHX 2% (10,152). Os grupos do ProRoot® MTA não apresentaram diferenças na média de acordo com a irrigação (NaOCI 3%: 8,139; EDTA 17%: 8,160 e CHX 2%: 8,813).

**Tabela III - Estatística descritiva para a secção 2 (média) dos seis grupos experimentais.**

Grupo	Média ± Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>A1: MTA + NaOCI 3%</b>	11.119 ± 1,688	11.232	7.977	13.559
<b>A2: BIO + NaOCI 3%</b>	10.568 ± 2,271	10.930	6.669	13.115
<b>B1: MTA + EDTA 17%</b>	11.095 ± 2,906	9.680	7.877	15.396
<b>B2: BIO + EDTA 17%</b>	10.504 ± 2,962	9.596	6.184	14.582
<b>C1: MTA + CHX 2%</b>	12.961 ± 2,970	13.577	8.564	16.482
<b>C2: BIO + CHX 2%</b>	13.133 ± 3,377	12.865	9.117	19.533

A Tabela III indica que para a secção 2, os grupos do ProRoot® MTA + NaOCI 3% e ProRoot® MTA + EDTA 17% invertem a tendência anterior e apresentam valores de adesão ligeiramente superiores aos de Biodentine™ + NaOCI 3% e Biodentine™ + EDTA 17%.

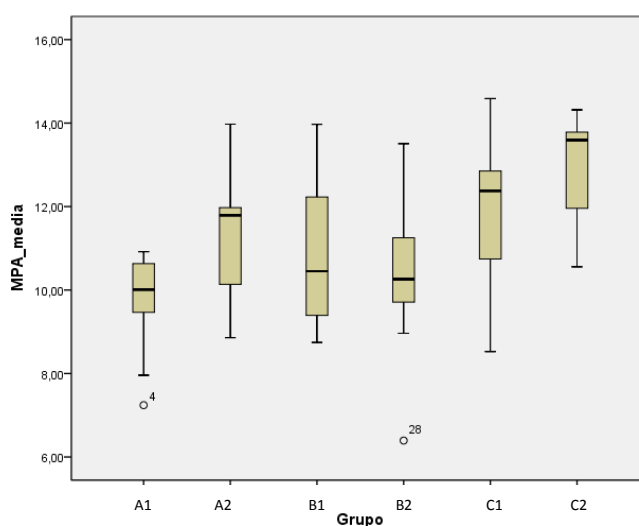
Quanto à irrigação com CHX 2% os resultados vão na direção dos anteriores no sentido de que é com este tratamento que se obtêm os valores de adesão mais elevados (ProRoot® MTA:12,961 e Biodentine™: 13,133).

**Tabela IV - Estatística descritiva para a secção 3 (apical) dos seis grupos experimentais.**

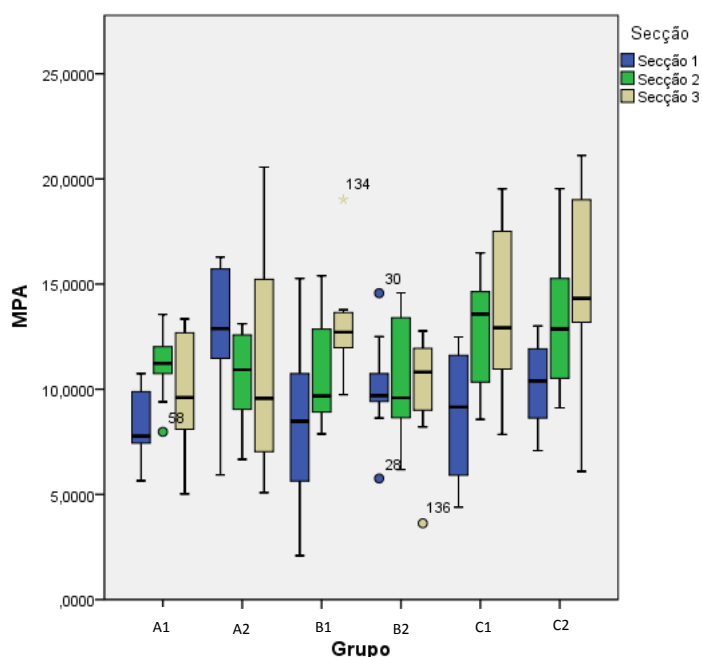
Grupo	Média ± Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
<b>A1: MTA + NaOCl 3%</b>	9.898 ± 2,844	9.607	5.024	13.341
<b>A2: BIO + NaOCl 3%</b>	11.058 ± 5,389	9.571	5.084	20.558
<b>B1: MTA + EDTA 17%</b>	13.091 ± 2,557	12.714	9.744	19.026
<b>B2: BIO + EDTA 17%</b>	10.008 ± 2,837	10.816	3.626	12.774
<b>C1: MTA + CHX 2%</b>	14.127 ± 3,978	12.919	7.854	19.525
<b>C2: BIO + CHX 2%</b>	15.118 ± 4,549	14.319	6.092	21.116

Na Tabela IV, os grupos tratados com NaOCl 3% e CHX 2% apresentaram valores de adesão superiores quando a obturação foi feita com Biodentine™ (11,058 e 15,118, respetivamente). O grupo ProRoot® MTA + NaOCl 3% apresentou valores de 9,898 e o grupo ProRoot® MTA + CHX 2% de 14,127.

Relativamente aos grupos irrigados com EDTA 17%, o grupo obturado com o ProRoot® MTA evidenciou valores de adesão superiores (13,091) ao grupo do Biodentine™ (10,008).



**Gráfico 1 - Box plot representativo dos valores de adesão em MPA nos seis grupos experimentais.**



**Gráfico 2 - Box plot representativo dos valores de adesão em MPa nos seis grupos experimentais de acordo com as três secções (1= cervical; 2=média; 3=apical).**

A Tabela V apresenta os valores médios do diâmetro canalar dos três terços para cada grupo experimental. Estes valores permitem apurar a relação existente entre os diâmetros dos canais e o diâmetro da ponta de teste.

**Tabela V - Valores médios do diâmetro canalar dos três terços (1= cervical; 2=média; 3=apical) para cada grupo experimental.**

Grupo	Terço 1	Terço 2	Terço 3
<b>A1: MTA + NaOCI 3%</b>	1,867 ± 0,374	1,643 ± 0,341	1,507 ± 0,278
<b>A2: BIO + NaOCI 3%</b>	1,763 ± 0,467	1,746 ± 0,259	1,44 ± 0,399
<b>B1: MTA + EDTA 17%</b>	1,999 ± 0,744	1,617 ± 0,195	1,433 ± 0,182
<b>B2: BIO + EDTA 17%</b>	1,923 ± 0,398	1,805 ± 0,360	1,570 ± 0,243
<b>C1: MTA + CHX 2%</b>	1,706 ± 0,177	1,570 ± 0,087	1,482 ± 0,087
<b>C2: BIO + CHX 2%</b>	2,064 ± 0,768	1,764 ± 0,566	1,474 ± 0,197

Como referido anteriormente, para aferir da existência de diferenças estatisticamente significativas entre as forças de adesão para os grupos em análise (tanto separados por secções quanto considerando-se a média dos valores obtidos para as várias secções), recorreu-se a uma ANOVA de dois factores. A verificação da validade da aplicação deste teste foi efectuada recorrendo a testes de normalidade de *Shapiro-Wilk*. Verificou-se

também a homogeneidade das variâncias com um teste de *Levene* sendo a variável (MPa) igual entre os grupos e entre as secções.

Nas tabelas VI a XII estão apresentados os efeitos das variáveis independentes, Soluções\_Irrigação e Material, na variável dependente, MPa.

**Tabela VI- Tests of Between-Subjects Effects: Seis grupos experimentais.**

Efeito	Graus de liberdade	F	p-valor
<b>Solução_Irrigação</b>	2	6.687	0,003
<b>Material</b>	1	1,704	0,198
<b>Interação</b>	2	2,155	0,127

Há diferenças estatísticas significativas entre os valores calculados para as diferentes soluções ( $p=0,003$ ) mas não entre os materiais ( $p=0,198$ ). Para detetar entre que soluções de irrigação existem diferenças recorreu-se a um teste *post-hoc* de comparação entre as soluções (Bonferroni).

**Tabela VII - Tabela dos p-valores encontrados pelo *post-hoc* de teste de Bonferroni, para cada par de soluções, com valores determinados para a diferença média dos valores de adesão determinados para cada par e respetivo intervalo de confiança: seis grupos experimentais**

Solução		p-valor	Diferença média	Intervalo de confiança
<b>1</b>	<b>2</b>	1,000	-0.0084	[-1,4347; 1,4180]
	<b>3</b>	0,008	-1,8250	[-3,2513; -0,3987]
<b>2</b>	<b>1</b>	1,000	0,0084	[-1,4180; 1,4347]
	<b>3</b>	0,008	-1,8167	[-3,2430; -0,3903]
<b>3</b>	<b>1</b>	0,008	1,8250	[0,3987; 3,2513]
	<b>2</b>	0,008	1,8167	[0,3903; 3,2430]

Este teste permite verificar que há diferenças estatisticamente significativas entre o uso das soluções 1 (NaOCl 3%) e 3 (CHX 2%) ( $p=0.008$ ) e também entre o uso das soluções 2 (EDTA 17%) e 3 (CHX 2%) ( $p=0.008$ ). Em média, esta diferença foi, em ambos os casos, de cerca de 1.8 MPa.



Repetimos de seguida a análise efectuada, focando a atenção em cada uma das secções separadamente, tratadas como independentes entre si.

## SECÇÃO 1

**Tabela VIII - Tests of Between-Subjects Effects: secção 1.**

Efeito	Graus de liberdade	F	p-valor
<b>Solução_Irrigação</b>	2	0,582	0,563
<b>Material</b>	1	9,246	0,004
<b>Interação</b>	2	1,532	0,226

Para a secção 1, a um nível de confiança global de 95%, a interação entre as soluções de irrigação e os materiais não apresenta diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,226$ ).

Há diferenças estatísticas significativas para o material ( $p=0,004$ ) mas não para a solução ( $p=0,563$ ), a um nível de confiança de 95%.

## SECÇÃO 2

**Tabela IX - Tests of Between-Subjects Effects: secção 2.**

Efeito	Graus de liberdade	F	p-valor
<b>Solução_Irrigação</b>	2	3,996	0,025
<b>Material</b>	1	0,157	0,694
<b>Interação</b>	2	0,098	0,907

Para a secção 2, a um nível de confiança de 95%, a interação entre as soluções de irrigação e os materiais não apresenta diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,907$ ).

Há diferenças estatísticas significativas para a solução de irrigação ( $p=0,025$ ) mas não para o material ( $p=0,694$ ), a um nível de confiança global de 95%.

Para detetar entre que soluções de irrigação existem diferenças recorreu-se a um teste *post-hoc*.

Tabela X - Tabela dos *p*-valores encontrados pelo *post-hoc* de LSD, para cada par de soluções, com valores determinados para a diferença média dos valores de adesão determinados para cada par e respetivo intervalo de confiança: secção 2.

Solução		<i>p</i> -valor	Diferença média	Intervalo de confiança
1	2	0,927	0,083989	[-1,760705; 1,928684]
	3	0,020	-2,203090	[-4,047784; -0,358395]
2	1	0,927	0,083989	[-1,928684; 1,760705]
	3	0,016	-2,287079	[-4,131773; -0,442385]
3	1	0,020	-2,203090	[0,358395; 4,047784]
	2	0,016	-2,287079	[0,442385; 4,131773]

Este teste permite verificar que há diferenças estatisticamente significativas entre o uso das soluções 1 (NaOCl 3%) e 3 (CHX 2%) ( $p=0.020$ ) e também entre o uso das soluções 2 (EDTA 17%) e 3 (CHX 2%) ( $p=0.016$ ).

### SECÇÃO 3

Tabela XI - *Tests of Between-Subjects Effects*: secção 3.

Efeito	Graus de liberdade	F	<i>p</i> -valor
<b>Solução_Irrigação</b>	2	5,665	0,006
<b>Material</b>	1	0,089	0,767
<b>Interação</b>	2	1,766	0,182

Para a secção 3, a um nível de confiança global de 95%, a interação entre as soluções de irrigação e os materiais não apresenta diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,182$ ).

Considerando cada uma das variáveis independentes separadamente, há diferenças estatísticas significativas para a solução de irrigação ( $p=0,006$ ) mas não para o material ( $p=0,767$ ), a um nível de confiança global de 95%.

Para detetar entre que soluções de irrigação existem diferenças recorreu-se a um teste *post-hoc*.

Tabela XII - Tabela dos *p*-valores encontrados pelo post-hoc de LSD, para cada par de soluções, com valores determinados para a diferença média dos valores de adesão determinados para cada par e respetivo intervalo de confiança: secção 3.

Solução		<i>p</i> -valor	Diferença média	Intervalo de confiança
1	2	0,406	-1,071138	[-3,641204; 1,498928]
	3	0,002	-4,144409	[-6,714475; -1,574343]
2	1	0,9406	1,071138	[-1,498928; 3,641204]
	3	0,020	-3,073271	[-5,643338; -0,503205]
3	1	0,002	4,144409	[1,574343; 6,714475]
	2	0,020	3,073271	[0,503205; 5,643338]

Este teste permite verificar que há diferenças estatisticamente significativas entre o uso das soluções 1 (NaOCl 3%) e 3 (CHX 2%) ( $p=0.002$ ) e também entre o uso das soluções 2 (EDTA 17%) e 3 (CHX 2%) ( $p=0.020$ ).

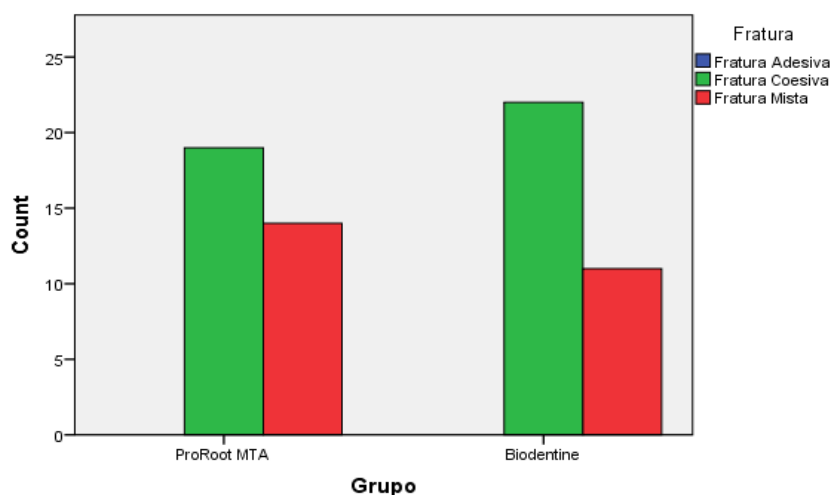
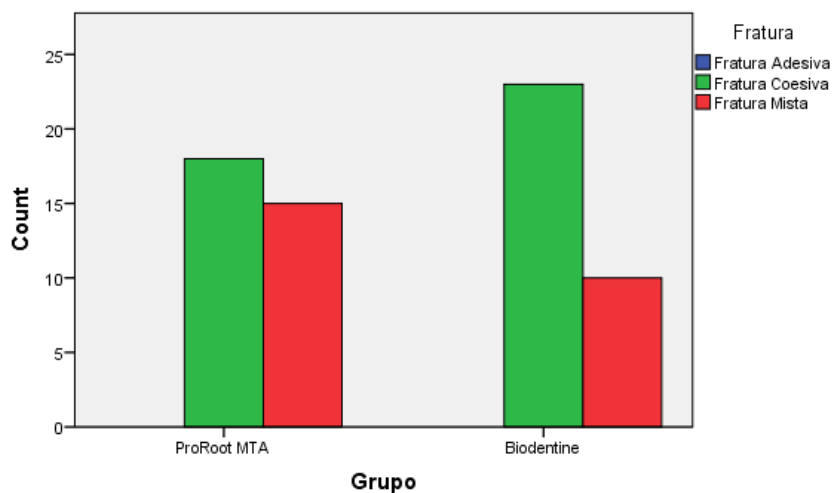
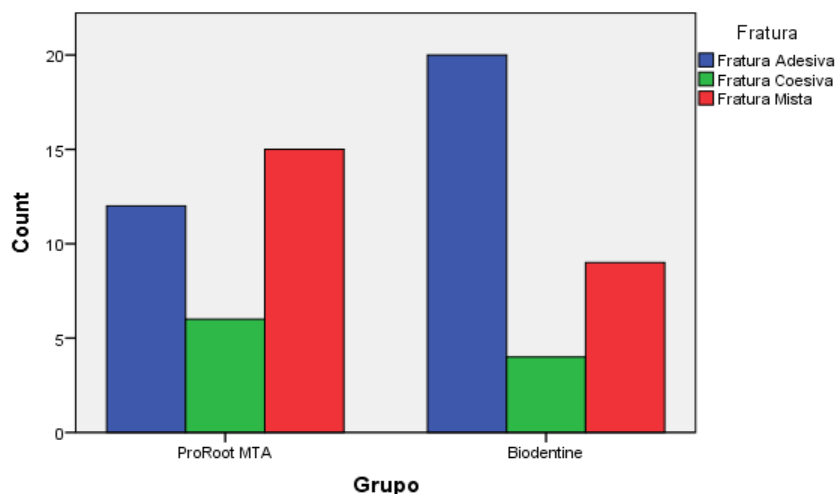


Gráfico 3 - Fraturas do terço cervical (1) em cada material de obturação.



**Gráfico 4 - Fraturas do terço médio (2) em cada material de obturação.**



**Gráfico 5 - Fraturas do terço apical (3) em cada material de obturação.**

O gráfico 3, 4 e 5 apresentam a prevalência de cada tipo de fratura no terço cervical, médio e cervical, respectivamente.

Nos terços cervical e médio, o tipo de fratura que ocorreu com mais frequência foi a fratura coesiva seguida imediatamente pela fratura mista. Nestes dois terços não se verificaram fraturas adesivas em nenhuma das amostras tanto para o ProRoot® MTA como para o Biodentine™.

Já no terço apical, existiram fraturas dos três tipos sendo que no ProRoot® MTA a mais comum foi a fratura mista, seguida da fratura adesiva. No grupo do Biodentine™, a fratura adesiva foi a mais frequente, sendo a fratura mista a segunda mais comum. Em relação às fraturas coesivas, estas foram as menos frequentes nos dois grupos para o terço apical.

## DISCUSSÃO

Os principais objetivos do tratamento endodôntico são eliminar microrganismos do sistema de canais radiculares e evitar a reinfeção(41). A completa obturação do sistema de canais depois de uma antissepsia eficaz e da instrumentação é fundamental para prevenir a colonização por microrganismos e a reinfeção dos canais e dos tecidos periapicais(42).

É essencial que os materiais usados na obturação proporcionem um selamento eficaz. Para isso, é importante que o cimento endodôntico se aproxime o mais possível do ideal, devendo para tanto ser biocompatível, antimicrobiano, não tóxico, radiopaco, ter estabilidade dimensional, boa adesão à parede do canal, selamento hermético e permitir ou induzir a reparação dos tecidos(42, 43). A resposta dos tecidos a estes materiais influencia o sucesso do tratamento(43).

O ideal numa obturação é que todo o espaço canalar seja preenchido sem lacunas ou espaços vazios. O cimento deve formar uma massa uniforme que adira à dentina e minimize a microinfiltração(44). A adesão é necessária para evitar o deslocamento do cimento que pode ocorrer devido às forças exercidas sobre o dente durante procedimentos operativos e na preparação para espigões. Também em casos de apexogênese, apexificação, revascularização ou reabsorções internas, a fragilidade radicular estrutural associada a estas situações clínicas aconselha a utilização de materiais de obturação canalar com capacidade de adesão à dentina, com vista à melhoria da resistência à fractura apresentada por estes dentes. As fraturas radiculares são eventos altamente prejudiciais para o prognóstico do tratamento endodôntico, pelo que devem ser feitos todos os esforços para a sua minimização. Uma ótima adesão requer que exista um contacto íntimo entre o material e a dentina de modo a facilitar a atração molecular e permitir adesão química ou penetração para se conseguir uma adesão micromecânica(1).

Para avaliar a adesão dos materiais podem ser usados testes de microtração. No entanto, estes são inapropriados para usar em casos de avaliação de materiais de obturação devido às fraturas prematuras e à grande variação nos resultados(45).

Atualmente, o teste *push-out* é o mais indicado por isso foi usado nesta investigação, para avaliar as forças de adesão dos materiais de obturação à dentina. Este tem-se mostrado mais eficiente, prático, confiável, fácil de reproduzir e interpretar(23).

No entanto, na realização deste teste há a considerar diversos fatores que podem ter influência nos resultados, como a posição da amostra no suporte, a espessura do corte, o diâmetro da ponta de testes e o diâmetro do canal obturado.

Em relação à posição da amostra, esta deve estar colocada no suporte com a menor angulação possível de modo a que forme com a ponta de teste um ângulo próximo de 90°, permitindo que a verdadeira direção do teste seja corono-apical.

A espessura da amostra, que inclui a espessura do material e da dentina, influencia também o resultado. Se a amostra tiver uma espessura muito pequena, os valores de adesão poderão não ser devidamente avaliados uma vez que podem existir fraturas prematuras do material ou até mesmo da dentina. De acordo com a publicação de Chen *et al* (2013), a amostra deve ter uma espessura mínima de 1,1 mm de modo a que a fórmula usada para calcular as forças de adesão permita determinar as forças de adesão do material(45). A espessura de 2 mm utilizada encontra-se dentro dos valores recomendados e utilizados por outros grupos de investigadores(1, 45).

O diâmetro da ponta de teste ( $D_p$ ) usada é outro fator a ter em consideração pois o material de obturação testado não deve fraturar na interface da ponta de teste com o material durante a realização do teste, pois assim não se avalia o verdadeiro valor de adesão. Por esta razão, é recomendada uma ponta de teste com um diâmetro ligeiramente inferior ao diâmetro do canal ( $D_c$ ) para que o *stress* do teste seja direcionado para a interface material-dentina. No entanto, a ponta de teste não deve ter um diâmetro demasiado inferior ao diâmetro do canal, porque se assim fosse faria apenas a perfuração do material e não avaliaria a força de adesão(45). Por estas razões, o rácio de  $D_p/ D_c$  não deverá ultrapassar 0,85 de modo a garantir a obtenção de resultados mais próximos da realidade(45).

Nesta investigação, procuraram-se obter as condições ideais para a realização da experiência, no entanto algumas limitações do teste *push-out* podem ter interferido com os resultados observados. A utilização de um único diâmetro de ponta de teste ao longo de todos os ensaios realizados deve ser tomado em conta na análise dos resultados. Em particular, é possível considerar que os valores de adesão mais baixos no terço cervical poderão ter sido condicionados pelo diâmetro inferior da ponta de teste em relação ao diâmetro do canal. Nesta secção o tipo de fracturas observado foi misto ou coesivo, o que revela, em nosso entender, que a utilização de uma ponta de maior diâmetro poderia ter possibilitado uma avaliação mais realista, ao promover o aparecimento de fraturas adesivas. Por outro lado, no terço apical, o diferencial entre o diâmetro da ponta de teste e do canal foi menor, observando-se fracturas adesivas, coesivas e mistas, o que mostra que a metodologia permitiu resultados mais fidedignos nesta secção.

Contudo, a escolha do diâmetro da ponta de teste deve também ter em conta o facto de que se o mesmo for muito próximo do diâmetro do canal, aquando da realização do teste *push-out*, é muito difícil garantir um controlo da localização da ponta em relação à periferia da preparação canal, o que pode induzir o contacto com a parede de dentina e sobreavaliar os valores de adesão reais das amostras.

Nesta investigação foram detetadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de adesão encontrados para cada um dos protocolos de irrigação testados, tendo-se

destacado positivamente a irrigação final com clorhexidina, que promoveu melhores resultados para ambos os materiais de obturação. Este facto reforça a relevância da escolha, no decurso do tratamento endodôntico, de um protocolo de irrigação adequado ao material de obturação que se pretenda vir a utilizar, não se devendo dissociar estas duas opções(26, 46). Os resultados desta investigação são corroborados pelo estudo de Erdemir *et al* (2004). Neste estudo foi usado NaOCl 5% para irrigação de um grupo de amostras e CHX 0,2% para outro grupo, durante 60 segundos. Os resultados obtidos evidenciaram uma diminuição da força de adesão à dentina no grupo do NaOCl 5% e aumento no grupo da CHX 0,2%(47).

O NaOCl, devido às suas propriedades de dissolução, atinge a componente orgânica da dentina dissolvendo-a podendo afetar a dureza da sua superfície. Este é capaz de reduzir o módulo de elasticidade e a força de flexão da dentina. O EDTA e outros agentes quelantes reduzem significativamente a microdureza da dentina. Já a CHX parece não afetar a microdureza da dentina radicular(26).

Atualmente ainda existe uma grande controvérsia quanto à remoção ou não da *smear layer*. Os estudos têm alcançado diversas conclusões no entanto há que ter em conta o tipo de estudo, a metodologia usada e o tamanho da amostra(48).

Segundo alguns autores a remoção desta camada deve ser feita pois tem espessura e volume imprevisíveis uma vez que é constituída em grande parte por água(49), contém bactérias, os seus produtos e tecido necrótico. As bactérias podem proliferar para o interior dos túbulos dentinários(50) e ainda funcionar como um substrato para os microrganismos(51). A sua presença pode limitar a penetração das soluções de irrigação e pode atuar como uma barreira entre a parede do canal e o material de obturação, comprometendo o selamento e permitindo a passagem de bactérias.(52)

Pelo contrário, alguns autores acreditam que manter a *smear layer* pode bloquear os túbulos dentinários prevenindo a troca de bactérias e agentes irritantes.(53) Se os canais não forem adequadamente desinfetados ou se ocorrer contaminação depois da preparação a *smear layer* pode impedir a invasão bacteriana para os túbulos(54).

Caso se pretenda fazer a remoção da *smear layer* deve usar-se um agente quelante como é o caso do EDTA. Uma vez que este tem uma ação desmineralizante, deve ser associado a uma solução que dissolva a componente orgânica de modo a permitir uma remoção eficaz desta camada(48). Nesta investigação, o EDTA foi associado ao NaOCl no protocolo de remoção da *smear layer*.

Na secção apical o Biodentine™ apresentou os valores de adesão mais elevados em relação ao ProRoot® MTA, sendo a média mais elevada observada com a irrigação com clorhexidina. Em relação aos valores de adesão mais elevados do Biodentine™, estes poderão ser justificados pelo facto deste material promover a adesão à dentina através da

formação de estruturas *tag-like* dentro dos túbulos dentinários levando à ancoragem micromecânica. A capacidade de biomineralização deste material, através das estruturas *tag-like*, será assim a razão da maior resistência ao deslocamento, comprovado ou reforçado pelo facto da maioria das fraturas serem coesivas(23).

Já no caso da irrigação com EDTA, com remoção da *smear layer*, o ProRoot® MTA inverteu a tendência, demonstrando com este protocolo de irrigação uma adesão superior ao Biodentine™. Esta observação pode dever-se a uma menor dependência da composição inorgânica da dentina da parede canal para a adesão adequada do ProRoot® MTA em relação ao Biodentine™. A adesão do MTA parece ser uma adesão química através de uma reação de difusão controlada entre a superfície do MTA e a dentina formando uma camada aderente firmemente presa à parede de dentina(17). Além disso, a remoção da *smear layer* conduz à abertura dos túbulos dentinários, melhorando a capacidade do cimento de penetrar nos mesmos e conseqüentemente melhorar a adaptação do material de obturação à parede do canal. Esta abertura dos túbulos poderá proporcionar uma maior área de adesão e retenção micromecânica do material obturador(55).

Nos grupos obturados com ProRoot® MTA, houve uma diminuição nos valores de adesão no grupo preparado com NaOCl 3% em relação à CHX 2%. Aggarwal *et al* (2011) mostraram que o NaOCl 5,25% poderá diminuir a força de flexão e a microdureza da superfície do MTA(56). Esta solução poderá ter um efeito prejudicial na formação de hidróxido de cálcio(57). Estes efeitos poderão assim interferir na adesão do MTA à dentina radicular.

A investigação de Yan *et al* (2006) verificou uma tendência de diminuição na força de adesão do MTA à dentina quando submetido a NaOCl 5,25%, não havendo no entanto diferenças significativas em relação ao grupo de controlo no qual foi usado cloreto de sódio(17).

Se as propriedades físico-químicas do MTA estiverem comprometidas a sua capacidade de adesão também poderá estar. Estas propriedades podem ser afetadas pela humidade. De acordo com Parirokh *et al* (2010), manter o MTA em condições de pouca humidade diminui a sua capacidade de resistência à compressão. Entre os 2 e 7 dias este material apresenta uma grande resistência à compressão quando mantido em condições de bastante humidade. A importância de um meio húmido foi também comprovada na força de adesão. Uma vez que a hidratação do silicato dicálcico é mais lenta que a do silicato tricálcico, armazenar o MTA num local húmido proporciona uma maior força ao longo do tempo(11). Assim, de acordo com a evidência apresentada, neste estudo o MTA foi armazenado em meio húmido de modo a proporcionar os maiores valores de adesão possíveis.



A variação nos valores de adesão dos vários grupos pode ser ainda justificada pelo tamanho das partículas dos cimentos. O tamanho destas partículas tem uma grande importância nas propriedades mecânicas pois quando as mesmas têm um tamanho similar é possível obter uma força mecânica mais elevada(58).

Em relação aos grupos obturados com Biodentine™, o NaOCl 3% pareceu não ter um efeito significativo na força de adesão deste material mas estes valores foram inferiores ao protocolo com CHX 2%. Estes resultados levam a crer que o efeito do NaOCl sobre o Biodentine™ não é significativo. Segundo um estudo de Gunesser et al (2013), o Biodentine™ apresentou uma performance consistente quando exposto a NaOCl 3,5%(23).

Já a exposição do MTA à CHX 2% pode provocar uma diminuição da força de flexão deste material(56, 57). Mesmo que a CHX não apresente um pH ácido, pode levar a uma diminuição da dureza da superfície, da capacidade de selamento e da capacidade de resistir ao deslocamento do MTA(23, 59). Por outro lado, ao nível do Biodentine™ a CHX parece não provocar erosão na sua superfície contribuindo assim para uma boa performance deste material a nível de adesão(23).

As alterações das propriedades físicas que a CHX poderá provocar no Biodentine™ ainda necessitam de maior investigação de modo a que se conheçam e clarifiquem melhor os seus mecanismos(23).

Uma vez que neste estudo foi usado um protocolo de irrigação que incluía o uso de NaOCl e CHX, foi tida em consideração a possível interação destas duas soluções e tomadas medidas para evitar a formação do precipitado tóxico de para-cloroanilina,(60) utilizando uma irrigação intermédia com cloreto de sódio 0,9% e a secagem dos canais entre a mudança de irrigantes.

Quanto ao tipo de fratura que ocorreu em cada um dos grupos, no caso do Biodentine™ as fraturas coesivas podem ser justificadas pelo tamanho das partículas deste material que afetam a penetração do cimento nos túbulos dentinários. Partículas mais pequenas e componentes mais uniformes parecem ter um papel importante na adesão micromecânica do Biodentine™ que pode ser responsável pelas fraturas coesivas(23).

As fraturas do MTA foram do tipo misto nos grupos tratados com NaOCl 3% e CHX 2% e do tipo coesivo no grupo tratado com EDTA 17%. No entanto, os estudos referem que o tipo de fratura mais comum no MTA é a adesiva.

A fratura adesiva do MTA parece estar relacionada com o tempo de armazenamento antes da realização do teste *push-out*(23). Quando o tempo de armazenamento é curto a fratura predominante é do tipo adesivo(61). Neste estudo, o tipo de fraturas que ocorreram poderão ser justificadas pelo tempo de armazenamento e pelo diâmetro da ponta de teste que por ser mais pequena que o diâmetro do canal criou um maior número de fraturas coesivas e mistas do que adesivas.

## **CONCLUSÃO**

Tendo em conta os resultados obtidos neste trabalho experimental é possível concluir que o protocolo de irrigação final influencia decisivamente a adesão dos materiais de obturação à parede canal, destacando-se a irrigação final com clorhexidina por proporcionar valores de adesão mais elevados.

No terço apical o Biodentine™ proporcionou valores de adesão mais elevados do que o ProRoot® MTA.

Os valores de adesão dos terços apicais das amostras preparadas foram superiores aos valores dos terços médios e cervicais o que confirma a importância da seleção de uma ponta de teste com diâmetro próximo da secção da preparação canal.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Orientador, Professor Doutor João Miguel Marques dos Santos por toda a ajuda e conhecimentos transmitidos durante a realização deste projeto e durante todo o meu percurso académico.

Ao meu Co-orientador, Professor Doutor Miguel Patrício pela pronta análise estatística de todos os resultados obtidos e pela disponibilidade constante durante a realização deste projeto.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. J Endod. 2009 Apr;35(4):537-40.
2. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. J Endod. 2013 Feb;39(2):274-7.
3. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. J Endod. 2007 Jul;33(7):856-8.
4. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. J Endod. 2005 Jul;31(7):514-9.

5. Huffman BP, Mai S, Pinna L, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL, et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*. 2009 Jan;42(1):34-46.
6. Sagsen B, Ustun Y, Pala K, Demirbuga S. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dent Mater J*. 2012;31(4):528-32.
7. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J*. 2006 Oct;39(10):747-54.
8. Wang W-H, Wang C-Y, Shyu Y-C, Liu C-M, Lin F-H, Lin C-P. Compositional characteristics and hydration behavior of mineral trioxide aggregates. *Journal of Dental Sciences*. 2010;5(2):53-9.
9. Loxley EC, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC, 3rd. The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003 Apr;95(4):490-4.
10. Enkel B, Dupas C, Armengol V, Akpe Adou J, Bosco J, Daculsi G, et al. Bioactive materials in endodontics. *Expert Rev Med Devices*. 2008 Jul;5(4):475-94.
11. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod*. 2010 Jan;36(1):16-27.
12. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. *Dent Mater*. 2008 Feb;24(2):149-64.
13. Chen CC, Shie MY, Ding SJ. Human dental pulp cell responses to new calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J*. 2011 Sep;44(9):836-42.
14. Yildirim T, Er K, Tasdemir T, Tahan E, Buruk K, Serper A. Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010 Jan;109(1):e67-72.
15. Shahi S, Rahimi S, Yavari HR, Samiei M, Janani M, Bahari M, et al. Effects of various mixing techniques on push-out bond strengths of white mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2012 Apr;38(4):501-4.
16. Yildirim T, Orucoglu H, Cobankara FK. Long-term evaluation of the influence of smear layer on the apical sealing ability of MTA. *J Endod*. 2008 Dec;34(12):1537-40.
17. Yan P, Peng B, Fan B, Fan M, Bian Z. The effects of sodium hypochlorite (5.25%), Chlorhexidine (2%), and Glyde File Prep on the bond strength of MTA-dentin. *J Endod*. 2006 Jan;32(1):58-60.
18. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod*. 1995 Jul;21(7):349-53.

19. Danesh G, Dammaschke T, Gerth HU, Zandbiglari T, Schafer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J.* 2006 Mar;39(3):213-9.
20. Sluyk SR, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod.* 1998 Nov;24(11):768-71.
21. Watts JD, Holt DM, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. Effects of pH and mixing agents on the temporal setting of tooth-colored and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2007 Aug;33(8):970-3.
22. Lee YL, Lee BS, Lin FH, Yun Lin A, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials.* 2004 Feb;25(5):787-93.
23. Guneser MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):380-4.
24. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2013 Jun;39(6):743-7.
25. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induces TGF-beta1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J.* 2012 May;45(5):439-48.
26. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod.* 2004 Nov;30(11):792-5.
27. Semenoff TADV, Semenoff-Segundo A, Borges AH, Pedro FML, Caporossi LS, Rosa-Júnior A. Antimicrobial activity of 2% chlorhexidine gluconate, 1% sodium hypochlorite and paramonochlorophenol combined with furacin against *S. aureus*, *C. albicans*, *E. faecalis* and *P. aureginosa*. *Revista Odonto Ciência.* 2010;25:174-7.
28. Murad CF, Sassone LM, Souza MC, Fidel RAS, Fidel SR, Junior RH. Antimicrobial activity of sodium hypochlorite, chlorhexidine and MTAD® against *Enterococcus faecalis* biofilm on human dentin matrix in vitro. *RSBO.* 2012;9(2):143-50.
29. Torabinejad M. Root Canal Irrigants and Disinfectants. *American Association of Endodontists.* 2011.
30. Estrela C, Ribeiro RG, Estrela CR, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Antimicrobial effect of 2% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine tested by different methods. *Braz Dent J.* 2003;14(1):58-62.
31. Sena NT, Gomes BP, Vianna ME, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, et al. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *Int Endod J.* 2006 Nov;39(11):878-85.

32. Akisue E, Tomita VS, Gavini G, Poli de Figueiredo JA. Effect of the combination of sodium hypochlorite and chlorhexidine on dentinal permeability and scanning electron microscopy precipitate observation. *J Endod.* 2010 May;36(5):847-50.
33. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2007 Feb;33(2):96-105.
34. Schäfer E. Irrigation of the root canal. *ENDO - Endodontic Practice Today.* 2007;1(1):11-27.
35. Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod.* 2012 Jun;38(6):860-3.
36. Dechichi P, Moura C, Gomes C. Smear layer: a brief review of general concepts. Part II. The most common agents to remove endodontic smear layer. *RFO UPF.* 2006;11(2):100-4.
37. Câmara AC, Albuquerque MM, Aguiar CM. Soluções Irrigadoras para o Preparo Biomecânico de Canais Radiculares. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr, João Pessoa.* 2010;10(1):127-33.
38. Delany GM, Patterson SS, Miller CH, Newton CW. The effect of chlorhexidine gluconate irrigation on the root canal flora of freshly extracted necrotic teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982 May;53(5):518-23.
39. Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. *J Oral Sci.* 2010 Mar;52(1):83-7.
40. Sagsen B, Ustun Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1088-91.
41. Assmann E, Scarparo RK, Bottcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):219-21.
42. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Jun;107(6):e79-82.
43. Zhang W, Li Z, Peng B. Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material. *Int Endod J.* 2010 Sep;43(9):769-74.
44. Jainaen A, Palamara JE, Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J.* 2007 Nov;40(11):882-90.
45. Chen WP, Chen YY, Huang SH, Lin CP. Limitations of push-out test in bond strength measurement. *J Endod.* 2013 Feb;39(2):283-7.

46. Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H, Shamshiri AR. The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. *Iran Endod J.* 2013 Winter;8(1):10-3.
47. Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004 Feb;30(2):113-6.
48. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010 Jan;43(1):2-15.
49. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987 Sep;20(5):228-32.
50. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod.* 1983 Apr;9(4):137-42.
51. George S, Kishen A, Song KP. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2005 Dec;31(12):867-72.
52. Yang SE, Bae KS. Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *J Endod.* 2002 Jun;28(6):433-7.
53. Galvan DA, Ciarlone AE, Pashley DH, Kulild JC, Primack PD, Simpson MD. Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *J Endod.* 1994 Feb;20(2):83-6.
54. Pashley DH. Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *J Dent Res.* 1985 Apr;64 Spec No:613-20.
55. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003 Dec;36(12):810-30.
56. Aggarwal V, Jain A, Kabi D. In vitro evaluation of effect of various endodontic solutions on selected physical properties of white mineral trioxide aggregate. *Aust Endod J.* 2011 Aug;37(2):61-4.
57. Hong ST, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Effects of root canal irrigants on the push-out strength and hydration behavior of accelerated mineral trioxide aggregate in its early setting phase. *J Endod.* 2010 Dec;36(12):1995-9.
58. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):286-91.
59. Nandini S, Natanasabapathy V, Shivanna S. Effect of various chemicals as solvents on the dissolution of set white mineral trioxide aggregate: an in vitro study. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):135-8.

60. Krishnamurthy S, Sudhakaran S. Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod.* 2010 Jul;36(7):1154-7.
61. Saghiri MA, Shokouhinejad N, Lotfi M, Aminsobhani M, Saghiri AM. Push-out bond strength of mineral trioxide aggregate in the presence of alkaline pH. *J Endod.* 2010 Nov;36(11):1856-9.