



**UNESP - Universidade Estadual Paulista**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**Faculdade de Odontologia de Araraquara**



**KATIA CRISTINA KEINE**

**EFEITO DO ÁCIDO PERACÉTICO COMO IRRIGANTE ENDODÔNTICO  
ÚNICO NA DENTINA RADICULAR E SOBRE A RESISTÊNCIA DE UNIÃO E  
PENETRABILIDADE DO CIMENTO ENDODÔNTICO**

**Araraquara**

**2017**



**UNESP - Universidade Estadual Paulista**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**Faculdade de Odontologia de Araraquara**



**KATIA CRISTINA KEINE**

**EFEITO DO ÁCIDO PERACÉTICO COMO IRRIGANTE ENDODÔNTICO  
ÚNICO NA DENTINA RADICULAR E SOBRE A RESISTÊNCIA DE UNIÃO E  
PENETRABILIDADE DO CIMENTO ENDODÔNTICO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Endodontia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” para obtenção do título de Doutor em Odontologia

**Orientador: Profa.Dra. Gisele Faria**

**Araraquara**

**2017**

Keine, Katia Cristina

Efeito do ácido peracético como irrigante endodôntico único na dentina radicular e sobre a resistência de união e penetrabilidade do cimento endodôntico / Katia Cristina Keine.-- Araraquara: [s.n.], 2017  
72 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Endodontia) – Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Odontologia

Orientador: Profa. Dra. Gisele Faria

1. Ácido peracético 2. Dentina 3 Endodontia 4. Erosão dentária  
I. Título

EFEITO DO ÁCIDO PERACÉTICO COMO IRRIGANTE  
ENDODÔNTICO ÚNICO NA DENTINA RADICULAR E SOBRE A  
RESISTÊNCIA DE UNIÃO E PENETRABILIDADE DO CIMENTO  
ENDODÔNTICO

COMISSÃO JULGADORA

Tese para obtenção do grau de Doutora

Presidente e orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gisele Faria

2º Examinador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Matheus Coêlho Bandéca

3º Examinador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> André Luis Shinohara

4º Examinador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrea Abi Rached Dantas

5º Examinador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Idomeo Bonetti Filho

Araraquara, 29 de setembro de 2017

## **DADOS CURRICULARES**

### **KATIA CRISTINA KEINE**

NASCIMENTO	02.06.1966 – Bauru – São Paulo
FILIAÇÃO	Waldomiro Keine Maria José de Oliveira Keine
1985 – 1988	Graduação em Odontologia na Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB - USP), Bauru - São Paulo
1994 – 1995	Especialização em Endodontia – Associação Paulista de Cirurgião Dentista, Bauru - São Paulo
2012 – 2014	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2014 – 2017	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Doutorado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.

***Ao meu esposo Milton, meu amor,  
meu companheiro de vida,***

***Ao meu filho Gabriel, meu orgulho,  
minha felicidade, que nasceu não para corresponder expectati-  
vas mas para ser feliz,***

***Só de olhar para vocês já me sinto  
realizada e,***

***Aos meus pais Waldomiro e Maria  
(in memorium) com gratidão e saudades infinitas.***

***Nossos laços são eternos.***

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), na presença de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Sandro Roberto Valentini e Vice Reitor Prof. Dr. Sergio Roberto Nobre.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), na pessoa de sua diretora Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato e de seu vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves Campos, a vocês, minha eterna admiração, pois, além de grandes profissionais, exemplo de seres humanos.

Ao Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, representado pelo Chefe de Departamento Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru e pelo vice-chefe Prof. Dr. Milton Carlos Kuga e pela secretária do departamento, Creusa Maria Hortenci por toda a dedicação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, na pessoa de seu coordenador Prof. Dr. Joni Augusto Cireli e de seu vice-coordenador Prof. Dr. Paulo Sergio Cerri.

À minha orientadora Profa. Dra. Gisele Faria, pessoa ímpar, de extrema inteligência, comunicativa, sempre me apoiando e compartilhando seus conhecimentos, minha infinita gratidão.

Aos docentes do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, em especial aos professores da disciplina de Endodontia, Prof. Dr. Idomeo Bonetti Filho Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho, Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert, Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru, Prof. Dr. Renato de Toledo Leonardo, obrigada por compartilhar seus conhecimentos, pela amizade, por tudo!

Ao técnico de Microscopia Eletrônica da Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto- Rodrigo Ferreira Silva pelo atendimento cordial e gentil e válidos ensinamentos área de microscopia.

À Profa. Dra. Regina Guenka Palma Dipp e Dra Juliana Jendiroba Faraoni da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo auxílio técnico e cessão dos equipamentos para a avaliação da microdureza e rugosidade.

Aos meus colegas de pós-graduação, Míriam Magro e Carol Venção, por toda ajuda na execução dos testes; agradeço de coração e por todo despreendimento, carinho e amizade principalmente nos momentos difíceis. Ao Tiago, Camila Espir, Ariele, Roberta, Camila Nascimento, Gisselle, Natália, Raqueli, obrigada pela atenção, companherismo, amizade e sorrisos.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, pela ajuda e por serem sempre prestativos.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, José Alexandre Garcia e Cristiano Afonso Lamounier, obrigada por me atender tão bem, sempre eficazes.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, pela preparação da ficha catalográfica, pelas orientações quanto às normas de preparação deste trabalho.

Aos demais funcionários que trabalham nesta Faculdade.

À Coordenação do CNPq, pela bolsa de estudos concedida durante todo o curso de doutorado.

À todos aqueles que direta ou indiretamente, prestaram sua contribuição e auxílio em cada etapa desta Tese.

Meu sincero agradecimento a todos.

*Não é sobre ter todas pessoas do mundo pra si  
É sobre saber que em algum lugar alguém zela por ti  
É sobre cantar e poder escutar mais do que a própria voz  
É sobre dançar na chuva de vida que cai sobre nós*

*É saber se sentir infinito  
Num universo tão vasto e bonito, é saber sonhar  
Então fazer valer a pena  
Cada verso daquele poema sobre acreditar*

*Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu  
É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu  
É sobre ser abrigo e também ter morada em outros corações  
E assim ter amigos contigo em todas as situações*

*A gente não pode ter tudo  
Qual seria a graça do mundo se fosse assim?  
Por isso eu prefiro sorrisos  
E os presentes que a vida trouxe para perto de mim*

*Não é sobre tudo que o seu dinheiro é capaz de comprar  
E sim sobre cada momento, sorriso a se compartilhar  
Também não é sobre correr contra o tempo pra ter sempre mais  
Porque quando menos se espera a vida já ficou pra trás*

*Segura teu filho no colo  
Sorria e abraça os teus pais enquanto estão aqui  
Que a vida é trem bala, parceiro  
E a gente é só passageiro prestes a partir*

Keine KC. Efeito do ácido peracético como irrigante endodôntico único na dentina radicular e sobre a resistência de união e penetrabilidade do cimento endodôntico [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2017.

## RESUMO

Avaliar o efeito do ácido peracético (AP) a 1% como solução irrigadora única sobre a dentina radicular por meio da análise da microdureza, erosão, rugosidade, presença de *smear layer*, resistência de união e penetrabilidade intradentinária de cimento endodôntico. Hemi-seções radiculares de dentes de humanos foram submetidas a análise de microdureza, rugosidade (n=10) e a incidência de erosão dentinária (n=15) após a aplicação dos protocolos de irrigação empregados no preparo biomecânico: G1-AP a 1%, G2-NaOCl a 2,5%, G3-NaOCl a 2,5%+EDTA a 17%+NaOCl a 2,5% e G4-solução salina. Para a avaliação de *smear layer* (MEV - Microscópio Eletrônico de Varredura) (n=15) e na avaliação da resistência de união (push - out) do cimento AH Plus à dentina e penetração intradentinária do cimento endodôntico (n= 10) outras raízes foram igualmente preparadas. Os resultados foram submetidos aos testes de ANOVA ou Kruskal Wallis ( $\alpha=0,05$ ). Houve redução da microdureza e aumento da rugosidade dentinária em G1 e G3 ( $P>0,05$ ), que diferiram de G2 e G4 ( $P<0,05$ ). G3 apresentou maior incidência de erosão dentinária nos terços cervical e médio radicular que os demais grupos ( $P<0,05$ ). Em todos os terços radiculares, G1 e G3 apresentaram similar presença de *smear layer* ( $P>0,05$ ), porém em menor presença que G2 e G4 ( $P<0,05$ ). A resistência de união e penetrabilidade do cimento endodôntico foi maior em G1 e G3 que nos demais grupos ( $P<0,05$ ). Entre G1 e G3 e G2 e G4 não houve diferenças ( $P>0,05$ ). O AP proporciona similar redução de microdureza, aumento de rugosidade, limpeza, resistência de união e penetrabilidade do cimento na dentina ao protocolo com NaOCl e EDTA, porém com menor incidência de erosão dentinária nos terços cervical e médio radicular.

**Palavras Chaves:** Ácido peracético. Dentina. Endodontia. Erosão dentária.

Keine KC. Effect of peracetic acid used as a single irrigant on the microhardness, erosion, roughness, smear layer, push-out bond strength and penetration of root canal sealer into dentin [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2017.

## **ABSTRACT**

To evaluate the effects of peracetic acid (PA) on root dentin through microhardness, erosion, roughness, smear layer, bond strength and intradentinal penetrability of endodontic cement. Root hemi sections were subjected to analysis microhardness, roughness (n=10) and incidence of dentin erosion (n=15) after application of irrigation protocols: G1- 1% PA, G2- 2.5% NaOCl, G3- 2.5%NaOCl + 17% EDTA + 2.5% NaOCl and G4- saline. Roots were also prepared for the evaluation of smear layer (MEV) (n=15) and other roots for evaluation of bond strength and intradentinal penetration (confocal microscopy) of endodontic cement (n=10). The results were submitted to ANOVA or Kruskal Wallis tests ( $\alpha = 0.05$ ). There was reduction of microhardness and increase of dentin roughness in G1 and G3 ( $P > 0.05$ ), which differed from G2 and G4 ( $P < 0.05$ ). G3 presented a higher incidence of dentin erosion in the cervical and middle thirds than the other groups ( $P < 0.05$ ). In all the thirds, G1 and G3 had a similar presence of smear layer ( $P > 0.05$ ), however in less presence than G2 and G4 ( $P < 0.05$ ). The bond strength and penetrability of the endodontic cement was higher in G1 and G3 than in the other groups ( $P < 0.05$ ). Between G1 and G3 and G2 and G4 there were no differences ( $P > 0.05$ ). The AP provides similar reduction of microhardness and increase of roughness, cleaning, bond strength and cement penetrability in the dentin to the protocol with NaOCl and EDTA, but with a lower incidence of dentin erosion in the cervical and middle thirds.

**Key words:** Peracetic acid. Dentin. Endodontics. Tooth erosion.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 PROPOSIÇÃO</b> .....	16
<b>3 PUBLICAÇÕES</b> .....	17
<b>3.1 Publicação 1</b> .....	17
<b>3.2 Publicação 2</b> .....	40
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62
<b>ANEXO</b> .....	69

## 1 INTRODUÇÃO

O preparo químico mecânico consiste na fase do tratamento endodôntico onde há a ação combinada dos instrumentos endodônticos com as soluções de irrigação, com o objetivo de eliminar resíduos orgânicos e inorgânicos, bem como controlar o conteúdo microbiano existente e seus subprodutos no sistema de canais radiculares (Hülsmann et al.<sup>24</sup>, 2003).

Atualmente, nenhuma substância contempla todas as propriedades ideais de uma solução irrigadora, seja no âmbito biológico como no físico-químico (Zehnder<sup>62</sup>, 2006). Sendo assim, a combinação de substâncias irrigadoras se faz necessária para a obtenção dos efeitos desejáveis de limpeza e neutralização dos produtos tóxicos dos canais radiculares (Cruz-Filho et al.<sup>13</sup>, 2011).

A adequada limpeza do canal radicular aumenta a probabilidade de sucesso do tratamento endodôntico (Chandra<sup>7</sup>, 2009). A remoção da camada de *smear layer* favorece a dissolução da microbiota e seus subprodutos da parede dentinária, incrementa a resistência de união do cimento obturador à dentina, favorece o vedamento do canal radicular pela obturação e reduz a infiltração microbiana (Torabinejad et al.<sup>57</sup>, 2002; Clark-Holk et al.<sup>10</sup>, 2003; Assis et al.<sup>3</sup>, 2011).

O hipoclorito de sódio é a solução irrigadora considerada padrão ouro para preparo químico-mecânico dos canais radiculares. No entanto, apesar de sua ação antimicrobiana satisfatória e capacidade solvente de matéria orgânica, não proporciona adequada remoção da camada de *smear layer* (Zehnder<sup>62</sup>, 2006; Zand et al.<sup>61</sup>, 2010; Só et al.<sup>52</sup>, 2011).

Por outro lado, os agentes quelantes, tais como o ácido etilenodiamino tetracético (EDTA), são utilizados para remoção da *smear layer* (McComb, Smith<sup>36</sup> 1975). Entretanto, o seu efeito desmineralizante atua tanto sobre a *smear layer* como também sobre a dentina do canal radicular, podendo ocasionar a exposição do colágeno e a redução da microdureza dentinária (Eldeniz et al.<sup>17</sup>, 2005; De-Deus et al.<sup>14</sup>, 2006; Tartari et al.<sup>55</sup>, 2017).

Com a proposta de se obter uma irrigação final eficaz, que promova a remoção da camada de *smear layer* e incremente a adesão do cimento à parede

do canal radicular, sem ocasionar danos à dentina, diversas outras substâncias têm sido propostas como alternativa ao uso do EDTA, tais como o ácido cítrico, ácido málico, ácido acético (Eldeniz et al.<sup>17</sup>, 2005; Cruz-Filho et al.<sup>13</sup>, 2011) e o ácido peracético (AP) (Lottanti et al.<sup>32</sup>, 2009; De Deus et al.<sup>15</sup>, 2011; Tuncel et al.<sup>59</sup>, 2015; Tartari et al.<sup>55</sup>, 2017).

O AP é um agente oxidante (Finnegan et al.<sup>19</sup>, 2010) que vem sendo citado recentemente na literatura odontológica como um possível irrigante endodôntico por reunir em um só produto eficácia antimicrobiana (Guerreiro-Tanomaru et al.<sup>23</sup>, 2011; Dornelles- Morgental et al.<sup>16</sup>, 2011) e capacidade de remoção da *smear layer* (Lottanti et al.<sup>32</sup>, 2009, De Deus et al.<sup>15</sup>, 2011).

O AP apresenta capacidade bactericida, esporocida, fungicida e virulicida em concentrações menores que 0,5% mesmo na presença de proteínas (Lensing, Oei<sup>31</sup>, 1985). Atualmente não existe na forma pura em solução aquosa, mas ocorre em equilíbrio com peróxido de hidrogênio, ácido acético e AP e quando utilizado se decompõe em subprodutos seguros: ácido acético e oxigênio (McDonnell, Russell<sup>37</sup>, 1999). O AP tem sido utilizado para desinfecção de aparelhos médicos em hospitais (Loukili et al.<sup>33</sup>, 2004; Kovaleva et al.<sup>28</sup>, 2010), de água potável (Kitis<sup>27</sup>, 2004) e dos equipamentos odontológicos (Montebugnoli et al.<sup>38</sup>, 2004) e na indústria de alimentos (Kitis<sup>27</sup>, 2004).

Na Odontologia sua ação antimicrobiana tem sido avaliada em resina acrílica (Fernandes et al.<sup>18</sup>, 2012; Chassot et al.<sup>9</sup>, 2006), na esterelização de equipamento dentário (Ceretta et al.<sup>6</sup>, 2008), desinfecção de cone de guta percha (Salvia et al.<sup>48</sup>, 2011) e de Resilon (Chandrappa et al.<sup>8</sup>, 2016), em biofilme desenvolvido *ex vivo* em dentina (Ordinola-Zapata et al.<sup>42</sup>, 2012) e na capacidade de dissolução tecidual (Naenni et al.<sup>39</sup>, 2004). No tratamento endodôntico, o AP tem sido estudado para remoção de hidróxido de cálcio do canal radicular (Sagsen et al.<sup>45</sup>, 2012), como irrigante final para a remoção de *smear layer* (Lottanti et al.<sup>32</sup>, 2009; De-Deus et al.<sup>15</sup>, 2011; Tartari et al.<sup>55</sup>, 2017) e como substância de irrigação no preparo biomecânico (Dornelles- Morgental et al.<sup>16</sup>, 2011).

Lottanti et al.<sup>32</sup> (2009), por meio de estudo em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e em espectrofotômetro de absorção atômica avaliaram a capacidade do EDTA 17%, AP 2,25% e ácido etidrônico 18% em conjunto com NaOCl 1% de remover *smear layer* e sobre a desmineralização das paredes dentinárias. Concluíram que estas substâncias foram capazes de remover ou

prevenir a *smear layer* e desmineralizaram a dentina diferentemente, sendo que nos micrômetros iniciais o EDTA desmineralizou completamente, o AP gradualmente, enquanto que o ácido etidrônico, em associação, não desmineralizou.

Posteriormente, De-Deus et al.<sup>15</sup> (2011), investigaram o efeito do tempo de exposição e concentração do AP, na remoção da *smear layer* da dentina de molares humanos. Soluções de AP a 0,5% e 2,25% e de EDTA a 17% foram utilizadas por 15, 30, 60 e 180 segundos. Após 60 segundos, a solução de AP a 0,5% dissolveu a camada de *smear layer* tão bem quanto o AP a 2,25% e o EDTA a 17%. Concluíram que a concentração não cáustica do AP, 0,5%, pode ser suficiente para dissolver a *smear layer*.

O efeito dos agentes quelantes EDTA a 17%, ácido cítrico a 1,0%, ácido etidrônico a 18% e AP a 2,25%, sobre os minerais contidos na dentina de canais radiculares de dentes humanos foi estudado por Cobankara et al.<sup>11</sup> (2011). O AP levou a uma significativa diminuição dos níveis de P, K, Mg, Na e S na dentina radicular quando comparado com os outros grupos; também, houve uma diminuição do nível de Ca depois do tratamento com AP, ácido cítrico e EDTA quando comparado com os outros grupos. Concluíram que os agentes quelantes podem criar diferentes efeitos sobre a quantidade de minerais da dentina radicular e que o AP a 2,25% deve ser utilizado com cautela.

Recentemente, Tartari et al.<sup>55</sup> (2017) investigaram os efeitos de vários agentes descalcificantes (EDTA tetrasódico a 10% e EDTA trissódico a 17%, AP a 0,5 e 2,25% e ácido etidrônico a 18%) isoladamente e em combinação com NaOCl a 2,5% e 5% por tempos de 0,5 a 10 minutos, sobre os componentes orgânicos e inorgânicos da dentina utilizando Espectroscopia de Fourier (FTIV) em blocos de dentina bovina. As soluções ácido etidrônico e EDTA tetrassódico causaram menor desmineralização, enquanto EDTA trissódico e AP proporcionaram uma maior desmineralização da dentina, dependendo do tempo e da concentração. NaOCl degradou o colágeno exposto da matriz orgânica da dentina mais rapidamente do que quando coberto pela hidroxiapatita.

Para avaliar o efeito de agentes desmineralizantes sobre a resistência de união do cimento endodôntico à dentina radicular, por meio do teste de push-out, Tuncel et al.<sup>59</sup> (2015) em estudo in vitro, compararam o efeito do EDTA a 17%, do AP a 1 % e do ácido etidrônico a 9%, após a instrumentação com sistema rotatório e irrigação com NaOCl a 5,25%, concluíram que estes agentes

aumentaram a resistência de união do AH Plus e do iRootSP mas sem diferença estatística em relação com o controle (água destilada). Com outra metodologia de push-out, Carvalho et al.<sup>5</sup> (2017) avaliaram o efeito do EDTA a 17%, AP a 2,25% e ácido cítrico a 10%, utilizando slices de dentina humana com três furos, a resistência de união do cimento a base de silicato de cálcio e do AH Plus, concluindo que estas substâncias não influenciaram no resultado e sim o tipo de cimento utilizado. O cimento de silicato de cálcio apresentou os menores valores de resistência de união.

Quanto à sua eficácia antibacteriana, Guerreiro-Tanomaru et al.<sup>23</sup> (2011) compararam, in vitro, por meio de teste de contato direto, a atividade antibacteriana do AP e de irrigantes endodônticos convencionais, frente ao *Enterococcus faecalis*. Soluções de NaOCl a 2,5%, clorexidina a 2% e AP a 1%, permaneceram em contato com a bactéria por 30 segundos, 1, 3 e 10 minutos. Verificaram que tanto o NaOCl a 2,5 %, quanto a clorexidina a 2% eliminaram completamente a *E. faecalis* depois de 30 segundos de contato. Já o AP a 1% eliminou completamente o *E. faecalis* após 10 minutos de contato. Concluíram que o AP a 1% é efetivo sobre *E. faecalis*, mas com ação mais lenta quando comparada aos outros irrigantes testados.

Dornelles-Morgental et al.<sup>16</sup> (2011) avaliaram, ex vivo, a efetividade de diferentes soluções irrigadoras endodônticas e suas combinações frente ao *E. faecalis*. Foram avaliadas as soluções: 2,5% de NaOCl, 2,5% de NaOCl + ácido cítrico a 10%, NaOCl a 2,5% + vinagre de maçã, vinagre de maçã, clorexidina a 2% e AP a 1%. Os resultados mostraram que o preparo biomecânico utilizando as soluções irrigadoras, produz uma redução significativa do *E. faecalis*. O AP a 1% apresentou efetividade semelhante ao NaOCl a 2,5% e a clorexidina a 2%. Outro estudo relatou que AP a 4% e NaOCl a 2,5% e 5,25% reduziram o número de bactérias viáveis e dissolveram o biofilme em blocos de dentina de maneira significativa (Ordinola-Zapata et al.<sup>42</sup>, 2013).

Cord et al.<sup>12</sup> (2014) compararam a efetividade de limpeza do AP a 1% com o EDTA a 17% seguido do NaOCl a 2,5% em raízes mesio vestibulares de segundos molares inferiores contaminadas com *E. faecalis* após o preparo biomecânico, encontrando resultados similares entre ambos.

Quanto à citotoxicidade do AP, Viola et al.<sup>60</sup> (2017), encontraram resultado semelhante do mecanismo de agressão do NaOCl a 2,5% em fibroblastos. Ambas as soluções diminuíram o metabolismo celular, levaram à desestruturação do citoesqueleto, criaram alterações na morfologia externa, que resultaram no acúmulo de proteínas no retículo endoplasmático rugoso e morte celular induzida predominantemente por necrose. No entanto, essas alterações foram observadas em doses menores de AP quando comparadas com NaOCl.

Também foi estudado o efeito do uso do AP associado com o NaOCl na penetração da solução na dentina. Kuga et al.<sup>29</sup> (2011) avaliaram a penetração do NaOCl a 2,5% nos túbulos dentinários, quando usado juntamente com EDTA a 17%, ácido cítrico a 1,0% ou AP a 1,0%. Concluíram que a associação de NaOCl com as soluções ácidas não aumentou a sua profundidade de penetração em dentina radicular. Além disso, verificaram que a associação de EDTA a 17,0% + NaOCl a 2,5% afetou negativamente a profundidade de penetração do NaOCl na dentina.

Entretanto, ainda são pouco conhecidos os efeitos do AP utilizado como solução de irrigação única sobre o substrato dentinário do canal radicular e sobre a resistência de união do cimento endodôntico à dentina radicular.

É importante salientar que as substâncias irrigadoras utilizadas no tratamento dos canais radiculares podem interferir na limpeza, alterar a composição química, a estrutura da dentina e a qualidade da adesão dos cimentos obturadores à dentina (Schwartz<sup>50</sup>, 2006) e conseqüentemente o sucesso do tratamento endodôntico (Nikaido et al.<sup>40</sup>, 1999; Soares et al.<sup>53</sup>, 2008).

## 2 PROPOSIÇÃO

**Publicação 1:** Avaliar os efeitos dos protocolos de irrigação dos canais radiculares utilizando: AP a 1%; NaOCl a 2,5% ou NaOCl a 2,5% + EDTA a 17% sobre a microdureza, rugosidade e erosão da dentina radicular.

**Publicação 2:** Avaliar os efeitos dos protocolos de irrigação dos canais radiculares utilizando: AP a 1%; NaOCl a 2,5% ou NaOCl a 2,5% + EDTA a 17% sobre *smear layer* e a resistência de união e penetrabilidade de um cimento com resina epóxi na dentina radicular.

### **3 PUBLICAÇÕES**

#### **3.1 Publicação 1**

**Efeitos do ácido peracético como irrigante endodôntico único sobre a microdureza, rugosidade e erosão da dentina radicular \***

---

*\*Artigo elaborado de acordo com as normas do International Endodontic Journal  
(artigo ainda não submetido)*

## RESUMO

**Objetivo** Avaliar os efeitos do ácido peracético (AP) a 1%, empregado como solução irrigadora única, sobre a dentina radicular, por meio da análise da microdureza, rugosidade e erosão, comparado com o hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%, isoladamente ou combinado com o EDTA a 17%. **Metodologia** Quarenta hemi-seções radiculares de dentes de humanos, foram submetidas à análise da microdureza antes e após aplicação dos protocolos (n=10): G1-AP a 1%, G2-NaOCl a 2,5%, G3-NaOCl a 2,5% + EDTA a 17% + NaOCl a 2,5% e G4-solução salina, utilizando microdurômetro (Knoop). Outras quarenta e cinco raízes foram instrumentadas, irrigadas seguindo os protocolos e seccionadas longitudinalmente. Na secção mesial, foi realizada a análise de rugosidade (n=10) em microscópio confocal. A secção distal foi analisada em Microscópio Eletrônico Varredura (MEV) (n=15) para verificar a incidência de erosão dentinária em cada terço radicular. Os dados obtidos da microdureza e rugosidade foram analisados por meio dos testes de ANOVA e Tukey e os da erosão por Kruskal Wallis e Dunn ( $\alpha=0,05$ ). **Resultados** Houve redução da microdureza e aumento da rugosidade dentinária em G1 e G3, que foram semelhantes entre si ( $P>0,05$ ) e diferiram de G2 e G4 ( $P<0,05$ ). G3 apresentou maior incidência de erosão dentinária nos terços cervical e médio radicular que os demais grupos ( $P<0,05$ ). G1, G2 e G4 foram semelhantes ( $P>0,05$ ). No terço apical não houve diferença entre os grupos ( $P>0,05$ ). **Conclusão** O AP a 1% proporciona redução de microdureza e aumento da rugosidade dentinária de forma semelhante ao NaOCl a 2,5% + EDTA a 17% + NaOCl a 2,5%, porém leva a menor incidência de erosão dentinária no terços cervical e médio radicular.

**Palavras chave:** ácido peracético, dentina, hipoclorito de sódio, endodontia, erosão, microdureza, rugosidade.

## INTRODUÇÃO

O preparo químico mecânico dos canais radiculares consiste na fase do tratamento onde há a ação combinada dos instrumentos endodônticos com as soluções de irrigação, com o objetivo de eliminar resíduos orgânicos e inorgânicos, bem como controlar o conteúdo microbiano existente e seus subprodutos no sistema de canais radiculares (Hülsmann *et al.* 2003).

Entretanto, nenhuma substância contempla todas as propriedades desejáveis de uma solução irrigadora, tanto no aspecto biológico como no físico-química (Zehnder 2006). Portanto, para que se obtenha um ambiente endodôntico favorável ao sucesso clínico do tratamento dos canais radiculares há a necessidade de combinação de substâncias e/ou métodos de irrigação, o que pode ocasionar inúmeros outros efeitos indesejáveis (Mai *et al.* 2010, Cruz-Filho *et al.* 2011).

O NaOCl é a solução irrigadora universalmente indicada para o preparo químico mecânico dos canais radiculares (Zehnder 2006). Apesar de sua satisfatória atividade antimicrobiana e ação solvente de matéria orgânica, ele não propicia adequada remoção da *smear layer* da superfície dentinária, além de poder interagir com outros irrigantes endodônticos, ocasionando efeitos deletérios à dentina radicular (Torabinejad *et al.* 2003; Mai *et al.*, 2010; Qian *et al.* 2011; Ozdemir *et al.* 2012; Tartari *et al.* 2017). Por outro lado, as substâncias desmineralizantes, tais como o ácido etileno-diamino-tetracético (EDTA), são recomendadas para a remoção da *smear layer* (Cohen *et al.* 1970, Cruz-Filho *et al.* 2011). Porém, estes agentes podem interferir no conteúdo mineral da dentina expondo as fibras colágenas à ação de outras substâncias, bem como ocasionar a redução da microdureza dentinária (Mai *et al.* 2010, De Deus *et al.* 2006, Ptail & Uppin 2011).

Com o propósito de se favorecer a irrigação endodôntica sem ocasionar danos à estrutura dentinária radicular, diversas substâncias têm sido preconizadas em substituição ao NaOCl e/ou EDTA (Aranda-Garcia *et al.* 2013a, Ordinola-Zapata *et al.* 2013), dentre eles o AP (Lottanti *et al.* 2009, Cobankara *et al.* 2011, De Deus *et al.* 2011, Ordinola-Zapata *et al.* 2013, Tuncel *et al.* 2015, Carvalho *et al.* 2017).

O AP é um agente oxidante que vem sendo citado na literatura odontológica como um possível irrigante endodôntico por reunir em um só produto eficácia antimicrobiana (Dornelles-Morgental *et al.* 2011, Ordinola-Zapata *et al.* 2013, Cord *et al.* 2014), capacidade de remoção da *smear layer* (Lottanti *et al.* 2009, De Deus *et al.* 2011), sem interagir negativamente com as substâncias de irrigação rotineiramente empregadas no tratamento endodôntico (Kuga *et al.* 2011). Entretanto, não há estudos que avaliem os seus efeitos sobre a dentina radicular quando utilizado como agente de irrigação único dos canais radiculares.

A análise da variação da microdureza dentinária após a utilização dos irrigantes endodônticos oferece uma avaliação indireta dos efeitos que estas substâncias exercem sobre o conteúdo mineral da dentina (Arends & ten Bosch 1992). Muito embora seja questionável a sua relevância clínica, uma vez que a redução não implica em maior incidência de erosão dentinária (Saghiri *et al.* 2009), é interessante a sua análise a fim de tornar possível quantificar a intensidade da desmineralização e da exposição da matriz orgânica da dentina, que exercem fundamental importância nos fatores que permitem a longevidade do tratamento endodôntico, dentre a adesão dos cimentos endodônticos (Dineshku-mar *et al.* 2012; Tartari *et al.* 2017).

Por outro lado, um aumento na rugosidade da dentina ocasionado pelo preparo químico mecânico pode contribuir para uma maior aderência microbiana em situações de recontaminação do canal radicular, mas também incrementa a superfície de contato com os materiais obturadores, favorecendo as suas propriedades físico-químicas (Ari *et al.* 2004, Eldeniz *et al.* 2005). Diante dos possíveis efeitos que uma substância irrigadora pode exercer sobre a dentina radicular, a elevada incidência de erosão nesta superfície pode comprometer a integridade da mesma, tornando-a mais susceptível à fratura (Mai *et al.* 2010).

Sendo assim, a avaliação dos efeitos sobre a dentina radicular, de uma substância com propósito de ser recomendada para a irrigação dos canais radiculares, por meio da análise da microdureza, rugosidade da superfície e a incidência de erosão na dentina radicular, após o preparo biomecânico é de fundamental importância. Entretanto, inexistem estudos baseados nestes parâmetros de avaliação relacionados com o ácido peracético, utilizado como irrigante endodôntico.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do AP a 1%, como agente de irrigação endodôntico único, sobre a dentina radicular, por meio da análise da microdureza, rugosidade e incidência de erosão. A hipótese nula é que não há diferença nos efeitos sobre a microdureza, rugosidade e erosão na dentina radicular, quando o AP é utilizado como agente de irrigação único, ou quando NaOCl ou NaOCl associado com EDTA é utilizado.

### **3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

Inicialmente, o projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, CAAE: 20832213.1.0000.5416 (Anexo A).

#### **Divisão dos Grupos**

Em todos os experimentos, os espécimes foram distribuídos em 3 grupos experimentais e 1 controle, de acordo com os protocolos de irrigação utilizados durante o prepare biomecânico:

- Grupo1 (G1): AP a 1% (Peresal; Profilática, Curitiba, PR, Brasil);
- Grupo 2 (G2): NaOCl a 2,5% (Rioquímica, São José do Rio Preto, SP, Brasil);
- Grupo 3 (G3): NaOCl a 2,5% + irrigação final com EDTA a 17%(Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) , mantido por 3 minutos no interior do canal radicular + NaOCl a 2,5%;
- Grupo 4 (G4, controle): soro fisiológico (JP, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

Com a finalidade de evitar a continuidade de ação das substâncias sobre a dentina, todos os grupos foram irrigados com 5 mL de água destilada ao final do preparo. O AP a 1% foi preparado imediatamente antes do uso por meio da diluição do AP a 4% (Peresal) em água destilada, na proporção de 1:3. O Peresal é composto por ácido peracético a 4% + peróxido de hidrogênio a 26%.

#### **Avaliação da microdureza da dentina do canal radicular**

Quarenta dentes humanos unirradiculados, de pacientes de ambos os sexos, foram utilizados. Inicialmente os dentes foram armazenados em solução de timol a 0,1%, em temperatura de 4°C até o momento de uso. No momento de

uso, os dentes foram lavados em água corrente por 24 horas, com o objetivo de eliminar resíduos do timol. Na sequência os dentes foram examinados em esteomicroscópio (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany), com aumento de 20x e radiografados no sentido vestibulo-lingual excluindo os que apresentarem defeitos estruturais, anomalias anatômicas ou alterações patológicas. Apenas dentes com raízes anatomicamente semelhantes, com um único canal radicular foram selecionados para o estudo.

As coroas foram removidas próximo à junção cimento-esmalte em máquina de corte de tecidos duros (Isomet; Buehler, Lake Bluff, IL, USA). O comprimento das raízes foi padronizado em 16 mm. Os canais radiculares foram explorados com uma lima #15K (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) e ampliados até o instrumento F5 (ProTaper; Dentsply Maillefer). O comprimento real de trabalho foi estabelecido a 1 mm aquém do comprimento real da raiz. Os canais radiculares foram irrigados com água destilada durante o preparo químico mecânico.

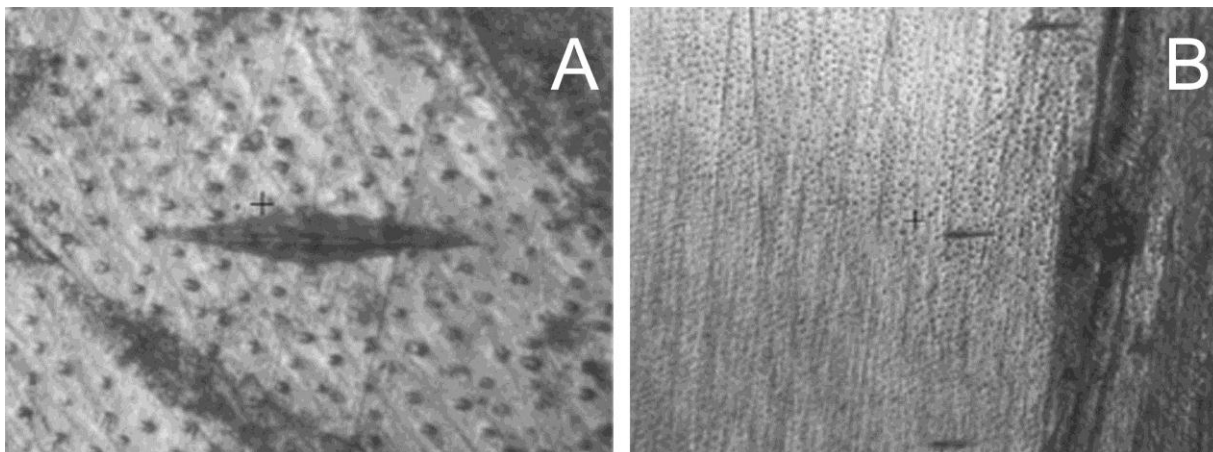
Na sequência, cada raiz foi seccionada no longo eixo radicular, no sentido vestibulo-lingual. Uma secção de cada raiz foi selecionada e montada em dispositivo de PVC, com 20,0 mm de diâmetro por 15 mm de altura, e preenchido com resina acrílica (Clássico, São Paulo, SP, BR), de tal forma que a superfície da dentina ficasse exposta e apoiada sobre uma lâmina de vidro, conforme descrito por Aranda-Garcia *et al.* (2013b). A superfície dentinária foi polida, utilizando lixas especiais (Norton, Lorena, São Paulo, BR) de granulação decrescente (#320 a #1200) e complementada com suspensão de óxido de alumínio (Profill; S.S. White, Rio de Janeiro, BR). Complementado o polimento, todos os espécimes foram lavados em cuba ultrassônica com água destilada, por 10 min.

A microdureza dentinária inicial foi mensurada a 100  $\mu\text{m}$  da interface dentina-câmara pulpar, no terço médio da face vestibular da raiz, utilizando o identador de dureza Knoop (HNV2; Shimadzu, Tokyo, Japan). No total foram realizadas três mensurações, equidistantes umas das outras em 200  $\mu\text{m}$ , sendo a média aritmética destas mensurações o valor adotado como microdureza inicial da dentina. Para a tomada das medidas foi utilizada carga de 25 g por 10 seg (Garcia *et al.* 2013). A figura 1 ilustra a marcação na dentina do identador Knoop e as três marcações para obter a média aritmética da mensuração da microdureza dentinária.

Os quarenta espécimes foram aleatoriamente divididos em quatro grupos ( $n = 10$ ), conforme o protocolo de irrigação utilizado. No G1, G2 e G4, 0,1 mL de cada uma das soluções irrigadoras foram aplicadas diretamente sobre toda a superfície dentinária e mantidas no local por 15 minutos (Kuga *et al.* 2011). No G3, o NaOCl foi utilizado identicamente aos demais grupos, aspirado e, na sequência foi aplicado 0,1 mL de EDTA a 17%, por 3 minutos e ao final irrigado com 5 mL de NaOCl a 2,5% (Aranda-Garcia *et al.* 2013b, Garcia *et al.* 2013). Após a aplicação das soluções irrigantes, todos os espécimes foram lavados 5 mL de água destilada e secos com papel absorvente.

Como previamente descrito, uma nova mensuração foi agora realizada na face lingual do terço médio radicular. A diferença entre a microdureza dentinária inicial e a final correspondeu à redução proporcionada por cada um dos protocolos de irrigação avaliados. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de ANOVA e Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

**Figura 1** - Imagem representativa da marcação do indentador de dureza Knoop na superfície dentinária (A) e as três marcações equidistantes para obter a média aritmética da mensuração da microdureza dentinária.



### **Avaliação da rugosidade da dentina do canal radicular**

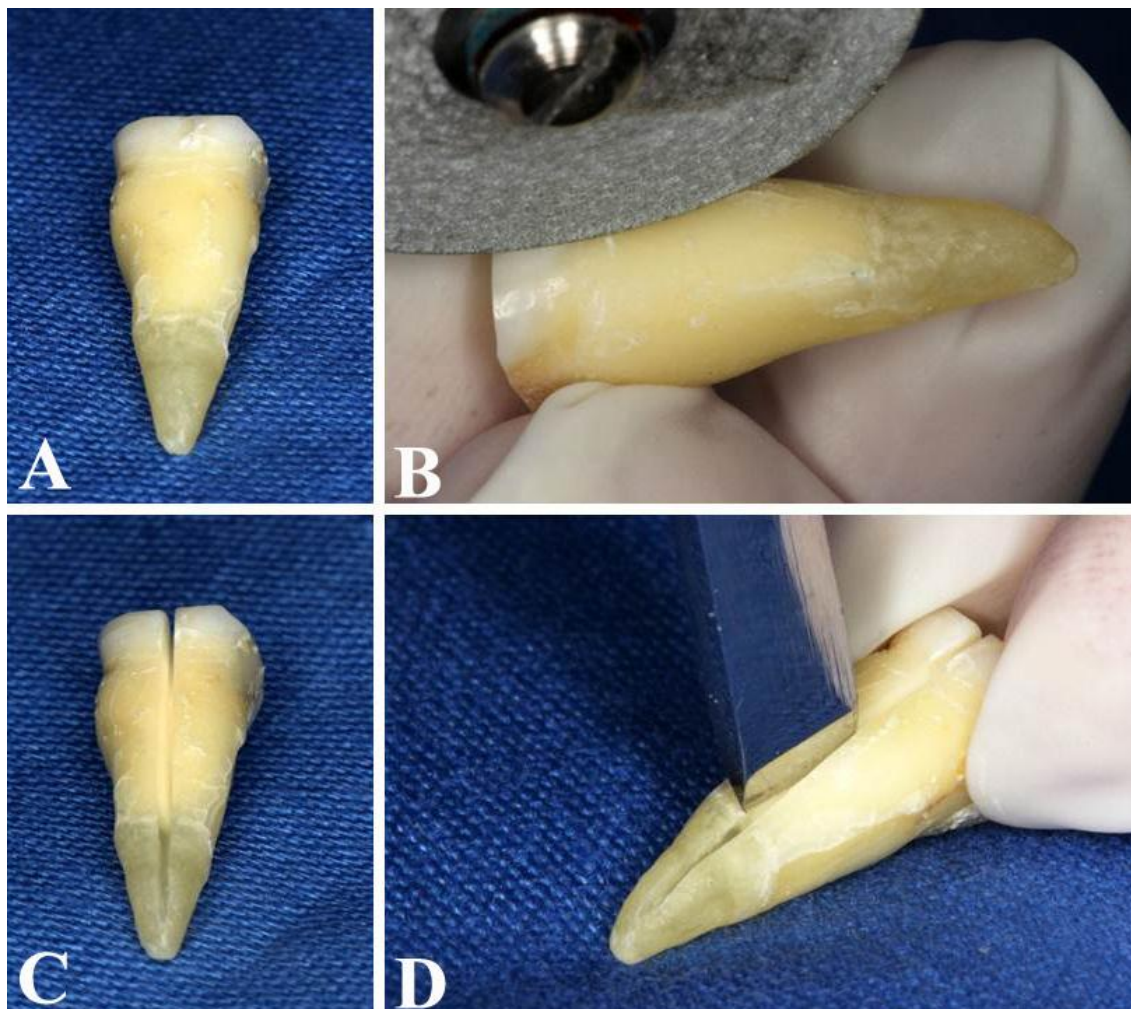
Quarenta e cinco dentes humanos unirradiculares permanentes humanos, com canal único e anatomia radicular semelhante foram utilizados para esta análise. Os dentes foram mantidos em solução de timol a 0,1%, em temperatura de 4°C até o momento de uso. Em seguida os dentes foram radiografados no sentido vestibulo-lingual, com o objetivo de confirmar a presença de um canal único e permitir a seleção de canais com anatomia semelhante. As coroas foram removidas, seccionando as raízes nas proximidades da junção cimento-esmalte, padronizando a extensão das mesmas em 16 mm. A abertura foraminal dos canais radiculares foi vedada com resina composta.

Após a exploração inicial com a lima tipo K #15 (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) em toda a extensão do canal radicular, as raízes tiveram seus canais radiculares preparados até o instrumento F5 do Sistema ProTaper rotatório (Maillefer, Ballaigues, Switzerland), seguindo a técnica recomendada pelo fabricante. A extensão de instrumentação será 1,0 mm aquém do comprimento real da raiz e os canais radiculares foram irrigados seguindo os protocolos descritos na divisão dos grupos.

As soluções irrigadoras foram previamente acondicionadas em seringa plástica descartável de 5 mL (BD, São Paulo, SP, Brasil), acoplada com agulha Navitip de irrigação 30G (Ultradent, South Jordan, UT, USA) e a cada troca de instrumento, os canais radiculares foram irrigados com 2,0 mL de solução irrigadora, na velocidade de 2mL/s. No grupo 3, o EDTA a 17% foi inserido e mantido no canal radicular por 3 minutos, após a prévia aspiração do NaOCl e novamente irrigado com NaOCl. Ao final, todos os grupos foram irrigados com 5mL de água destilada e secos com 3 pontas de papel absorvente F5 (ProTaper).

Na sequência, foram confeccionados dois sulcos longitudinais, um na face vestibular e outro na lingual das raízes, utilizando disco diamantado (Disco flexível diamantado; Discoflex, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), de granulação média em baixa rotação, até proximidades do canal radicular, sem atingi-lo. As raízes foram então clivadas com cinzel cirúrgico, no sentido vestibulo-lingual. A figura 2 ilustra as etapas de seleção da raiz, confecção do sulco longitudinal na superfície externa e clivagem da raiz.

**Figura 2** - Raiz selecionada (A), confecção do sulco longitudinal com disco diamantado (B), sulco longitudinal confeccionado (C) e clivagem da raiz (D).

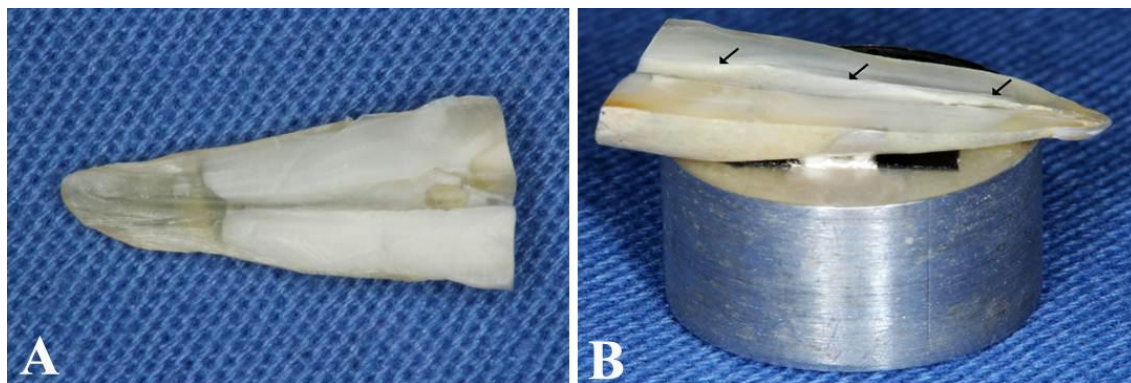


A hemi-seção mesial da raiz foi selecionada para a análise da rugosidade da dentina do canal radicular. As raízes foram montadas sobre um stub-metálico, posicionadas e alinhadas horizontalmente com auxílio de um paralelômetro específico. A rugosidade foi obtida na porção central do terço médio do canal radicular, em microscopia laser confocal (LEXT OLS4100; Olympus, Shinjuku-ku, Tokyo, JP), utilizando software específico (Olympus Stream; Olympus, Shinjuku-ku, Tokyo, JP), com aumento de 1024x. Para tanto, foram realizados 6 rastreamentos, de 5 mm cada, nesta região. A média aritmética das medidas em cada espécime foi interpretada como sendo a rugosidade proporcionada pelo preparo químico mecânico utilizado em um dos protocolos descritos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de ANOVA e Tukey ( $p = 0,05$ ).

### Avaliação de erosão na dentina radicular

As hemi-faces distais das raízes previamente preparadas para a avaliação da rugosidade da dentina do canal radicular foram utilizadas neste estudo. Após a conclusão do preparo químico mecânico dos canais radiculares, as raízes foram secas em temperatura ambiente por 7 dias, desidratadas por 7 dias em desidratador contendo sílica gel, fixadas em *stubs* de alumínio e submetidas à metalização com ouro (Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein), em 20 mA por 180 segundos. A figura 3 mostra a raiz clivada e montada no *stub* metálico.

**Figura 3** - Hemi-secção radicular selecionada (A) e montada em *stub* metálico, com as devidas marcações dos terços radiculares a serem analisadas (B).



Imagens dos segmentos cervical, médio e apical foram obtidas em MEV (EVO 50, Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha), com 10 kV. Inicialmente, foram obtidas imagens com aumento de 500x e 2000x, representativas de cada terço radicular) e onde houve suspeita da presença de erosão, uma imagem com aumento de 5000X foi obtida, com o objetivo de identificar possíveis áreas de erosão da dentina.

Dois examinadores, devidamente calibrados avaliaram a superfície dentinária e atribuíram escores de acordo com a intensidade da erosão, seguindo os critérios de Torabinejad *et al.* (2003):

escore 1: nenhuma evidência de erosão. Túbulos dentinários apresentam dimensão e anatomia normais;

escore 2: moderada erosão. A dentina peritubular apresenta-se com sinais de erosão;

escore 3: severa erosão. A dentina intertubular apresenta-se destruída, com túbulos dentinários comunicando-se entre si.

A incidência de erosão foi analisada em cada terço radicular e os resultados obtidos foram avaliados pelo teste de Kruskal Wallis e Dunn ( $\alpha = 0,05$ ).

## RESULTADOS

A média, desvio padrão e diferenças significantes na redução da microdureza da dentina (em Knoop), no terço médio radicular a 100  $\mu\text{m}$  da interface dentina-canal radicular estão apresentados na tabela 1. Houve diferença estatística entre o protocolo de irrigação com o AP a 1% e o NaOCl a 2,5% com irrigação final com o EDTA a 17% com os demais grupos ( $P < 0,05$ ) e entre o protocolo de irrigação com NaOCl a 2,5% com o protocolo de irrigação da solução salina ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 1.** Média e desvio padrão da redução da microdureza da dentina (em Knoop), no terço médio radicular, em função do irrigante endodôntico

	G1	G2	G3	G4
Média	17,29 <sup>a</sup>	7,90 <sup>b</sup>	17,95 <sup>a</sup>	0,37 <sup>c</sup>
Desvio padrão	3,71	1,94	3,40	0,24

\*<sup>abc</sup> Diferentes letras entre os grupos indicam existir diferenças estatísticas significantes ( $P < 0,05$ ). G1(AP) - ácido peracético a 1%; G2(HS) - hipoclorito de sódio a 2,5%; G3(HS-EDTA) - hipoclorito de sódio a 2,5% + EDTA 17% + NaOCl a 2,5% e G4(SF) - solução salina.

A tabela 2 apresenta a média, desvio padrão e diferenças significantes na rugosidade ( $R_a$ , em  $\mu\text{m}$ ) da superfície da dentina do terço médio do canal radicular após a utilização dos diferentes irrigantes endodônticos. O AP a 1% e o NaOCl a 2,5% com irrigação final com o EDTA a 17% proporcionaram maior rugosidade da superfície dentinária do terço médio radicular que os demais grupos ( $P < 0,05$ ). Não houve diferença significativa entre a rugosidade da dentina proporcionada pelo NaOCl a 2,5% e a solução salina ( $P > 0,05$ ). A figura 4 ilustra

as imagens representativas da rugosidade da superfície da dentina do canal radicular após o preparo químico mecânico com G2 e G4 (A e B) e G1 e G3 (C e D).

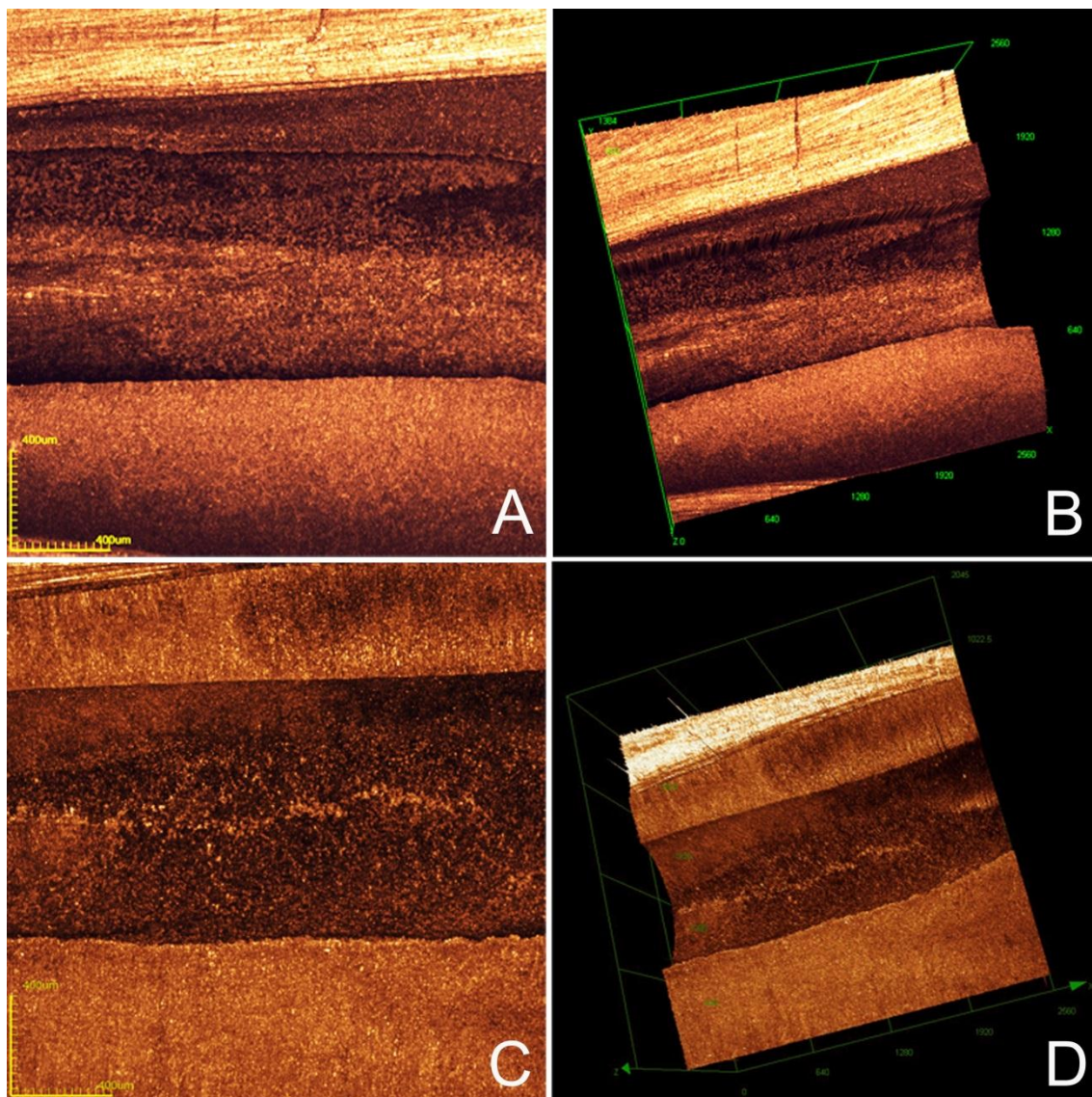
**Tabela 2.** Média e desvio padrão da rugosidade da dentina (Ra, em  $\mu\text{m}$ ), no terço médio radicular, em função do irrigante endodôntico.

	G1	G2	G3	G4
Média	10,93 <sup>a</sup>	7,75 <sup>b</sup>	10,90 <sup>a</sup>	7,29 <sup>b</sup>
Desvio padrão	0,99	0,85	1,41	0,54

<sup>\*ab</sup> Diferentes letras entre os grupos indicam existir diferenças estatísticas significantes ( $P < 0,05$ ). G1(AP) - ácido peracético a 1%; G2(HS) - hipoclorito de sódio a 2,5%; G3(HS-EDTA) - hipoclorito de sódio a 2,5% + EDTA 1 17% + NaOCl a 2,5% e G4(SF) - solução salina.

A tabela 3 demonstra a mediana, valor mínimo e máximo e 1º e 3º quartil dos escores atribuídos à incidência de erosão na dentina, em função dos terços radicular e irrigantes endodônticos utilizados. No terço cervical e médio radicular, o protocolo de irrigação com NaOCl a 2,5% seguido da irrigação com EDTA a 17% proporcionou maior incidência de erosão que os demais grupos ( $P < 0,05$ ), que não apresentaram diferenças entre si ( $P > 0,05$ ). No terço apical os grupos não apresentaram diferenças significantes na incidência de erosão dentinária ( $P > 0,05$ ). A figura 5 ilustra imagem representativa da incidência de erosão na superfície dentinária do canal radicular, em função dos protocolos de irrigação endodôntica e terços radiculares.

**Figura 4** - Imagem representativa da superfície da dentina do canal radicular após o preparo químico mecânico com os irrigantes NaOCl a 2,5% e solução salina (A e B) e AP e NaOCl+ EDTA + NaOCl (C e D). As letras A e C indicam imagem frontal e B e D demonstram a visão tridimensional, obtidas em microscopia confocal a laser.

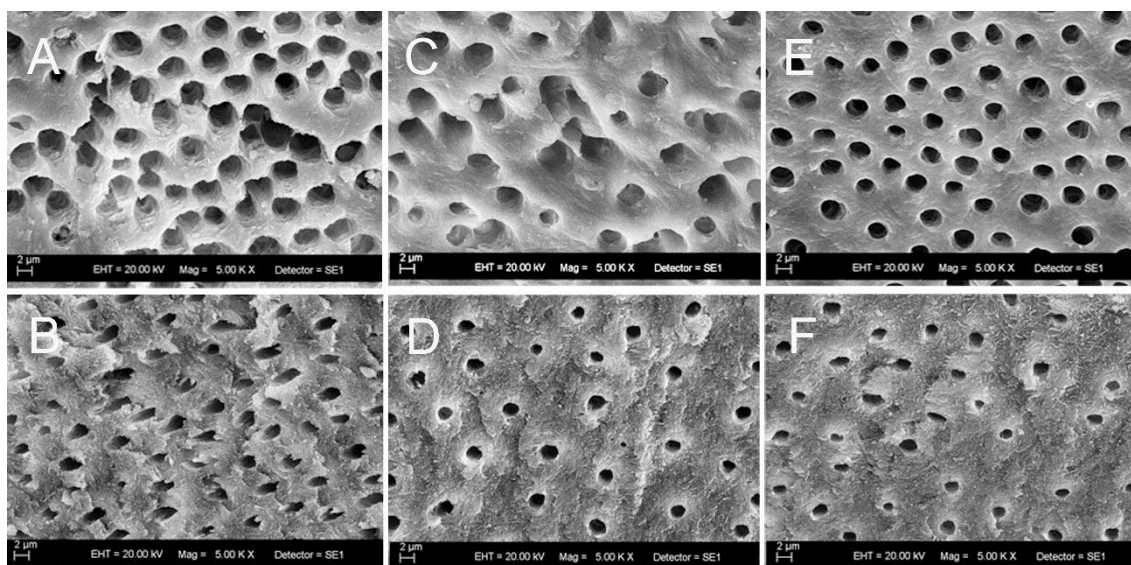


**Tabela 3.** Mediana, valores máximo e mínimo e do primeiro e terceiro quartil da incidência de erosão dentinária, após a realização do preparo químico mecânicos com os diferentes irrigantes endodônticos.

TERÇO	GRUPO	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO	1º e 3º Q
C	G1	1 <sup>b</sup>	3	1	1 – 1
	G2	1 <sup>b</sup>	1	1	1 – 1
	G3	3 <sup>a</sup>	3	1	2 – 3
	G4	1 <sup>b</sup>	1	1	1 – 1
M	G1	1 <sup>b</sup>	2	1	1 – 1
	G2	1 <sup>b</sup>	1	1	1 – 1
	G3	2 <sup>a</sup>	3	1	2 - 2,5
	G4	1 <sup>b</sup>	1	1	1 – 1
A	G1	1 <sup>a</sup>	2	1	1 – 1
	G2	1 <sup>a</sup>	1	1	1 - 1
	G3	1 <sup>a</sup>	2	1	1 - 1,5
	G4	1 <sup>a</sup>	1	1	1 – 1

\*<sup>ab</sup> Diferentes letras em cada um dos terços radiculares indicam existir diferenças estatísticas significantes ( $P < 0,05$ ). C, M e A, representam terços cervical, médio e apical, respectivamente. Q = quartil. G1(AP) - ácido peracético a 1%; G2(HS) - hipoclorito de sódio a 2,5%; G3(HS-EDTA) - hipoclorito de sódio a 2,5% + EDTA 1 17% e G4(SF) - solução salina.

**Figura 5** - Imagem representativa da incidência de erosão na superfície dentinária do canal radicular, obtidas em MEV, em função do protocolo de irrigação e terço radicular. Imagens A, C e E representam o NaOCl + EDTA + NaOCL, respectivamente nos terços cervical, médio e apical radicular. Imagens B, D e F representam os demais grupos, respectivamente nos terços cervical, médio e apical radicular. Escala 5000 X..



## DISCUSSÃO

O AP a 1%, utilizado como solução de irrigação endodôntica promove redução da microdureza e rugosidade da superfície dentinária similar ao proporcionado pelo protocolo de irrigação utilizando o NaOCl a 2,5% e EDTA a 17%, porém com menor incidência de erosão na dentina radicular. Portanto, a hipótese nula deve ser parcialmente rejeitada, pois o AP a 1% exerce efeitos sobre a dentina radicular, em relação à redução da microdureza e rugosidade da superfície dentinária.

O conteúdo mineral e a quantidade de hidroxiapatita na dentina intertubular determinam o seu perfil de microdureza superficial (Panighi & G'Sell 1992, Taneja *et al.* 2014). Por outro lado, a avaliação da microdureza é um método simples e não invasivo para avaliação dos efeitos de diversas substâncias sobre um substrato, sendo possível avaliar indiretamente as alterações de ganho ou

perda de minerais pela dentina após a ação de determinado procedimento (Pagnighi & G'Sell 1993, Arends & ten Bosch 1992, Aranda-Garcia *et al.* 2013b). A utilização do identador Knoop tem sido frequentemente recomendada para esta avaliação em dentina radicular após a utilização de protocolos de irrigação (Cruz-Filho *et al.* 2011, Garcia *et al.* 2013).

No presente estudo, a mensuração da microdureza foi realizada a 100  $\mu\text{m}$  da interface dentina-canal radicular, pois as soluções de irrigação endodôntica possuem a penetrabilidade média de 107  $\mu\text{m}$  para o interior da dentina, sendo o local onde seguramente houve a atuação do irrigante (Zou *et al.* 2010, Kuga *et al.* 2011). As soluções irrigadoras foram aplicadas diretamente sobre a dentina radicular para que toda a superfície dentinária tenha entrado em contato com as soluções irrigadoras (Cruz-Filho *et al.* 2011, Patil & Uppin 2011).

O protocolo de irrigação com o AP a 1% proporcionou a redução da microdureza dentinária similar ao do protocolo com o NaOCl a 2,5% seguido do EDTA a 17%. Esta redução é atribuída às propriedades quelante e desmineralizante do EDTA (Sayin *et al.* 2007, De Deus *et al.* 2009), as quais o AP a 2,25% também apresenta quando utilizado como agente de irrigação endodôntico (Lottanti *et al.* 2009, Cobankara *et al.* 2011, Taneja *et al.* 2014), o que justifica a similaridade de resultados observado no presente estudo.

O NaOCl a 2,5% utilizado isoladamente ocasionou menor redução da microdureza dentinária que a solução salina, possivelmente devido à sua ação sobre alguns componentes orgânicos, tais como o colágeno, e à interação e remoção parcial do fosfato presente na dentina (Cohen *et al.* 1970, Tsuda *et al.* 1996, Taneja *et al.* 2014, Tartari *et al.* 2017). Isto é evidente, uma vez que esta concentração ocasiona significativa redução da microdureza até 500  $\mu\text{m}$  da dentina a partir da interface dentina-canal, quando o período de atuação é superior a 10 minutos (Slutzky-Goldberg *et al.* 2004)

A rugosidade da dentina após o preparo químico e mecânico do canal radicular com os instrumentos rotatórios e irrigação endodôntica empregando um dos protocolos propostos no estudo, evidenciou maior rugosidade após o uso do NaOCl seguido do EDTA ou do AP. O EDTA proporciona rugosidade da superfície dentinária devido à sua capacidade desmineralizante (Ari *et al.* 2004), propriedade pertencente também do AP, mesmo em baixa concentração (De-Deus *et al.* 2011).

Por sua vez, o NaOCl não afetou a rugosidade da superfície dentinária, demonstrando similar resultado ao da solução salina, estando em concordância que tal efeito somente é aumentado quando associado a protocolos de irrigação que utilizam agentes desmineralizantes (Tartari *et al.* 2013).

O efeito da erosão dentinária sobre a resistência radicular à fratura e/ou na adesão dos materiais à dentina radicular não é bem esclarecido, porém tem sido sugerido que erosões extensas podem ocasionar maior propensão das raízes à fratura (Mai *et al.* 2010). No presente estudo, o protocolo de irrigação com o NaOCl a 2,5% com irrigação final com o EDTA a 17% proporcionou maior incidência de erosão na dentina que os demais protocolos de irrigação, nos terços cervical e médio radicular. Por sua vez, a incidência de erosão proporcionada pelo AP foi similar ao NaOCl isolado e a solução salina.

O AP ocasionou similar redução da microdureza dentinária que ao protocolo de irrigação com NaOCl seguido do EDTA, porém com menor incidência de erosão, nos terços cervical e médio. Este resultado concorda com a afirmação de que a redução da microdureza dentinária não possui correlação com a incidência de erosão na dentina (Saghiri *et al.* 2009).

A sequência de irrigação e a natureza dos irrigantes endodônticos desempenham fundamental importância no mecanismo da erosão dentinária (Niu *et al.* 2002, Mai *et al.* 2010). A dentina é constituída por fibra colágena e hidroxiapatita (Di Renzo *et al.* 2001). Por sua vez, o NaOCl é uma base forte e oxidante inespecífico, que possui a propriedade de degradar aminoácidos por meio de suas reações químicas (Guida 2006; Tartari *et al.* 2017).

Os componentes minerais presentes na dentina protegem as fibras colágenas de uma severa degradação após o uso do NaOCl (Qian *et al.* 2011; Tartari *et al.*, 2017). Entretanto, caso seja utilizado após a ação dos agentes desmineralizantes, tais como o EDTA, promove uma ação destrutiva direta sobre estas fibras colágenas expostas, ocasionando a erosão dentinária (Guida 2006, Qian *et al.* 2011, Ozdemir *et al.* 2012). No presente estudo, somente no protocolo com NaOCl seguido pelo EDTA, o canal radicular foi novamente irrigado com NaOCl a 2,5%, ao passo que após o AP somente foi empregado a água destilada, o que justifica a menor incidência de erosão com este irrigante.

No terço apical radicular não houve diferença na incidência de erosão dentinária com os diferentes irrigantes, sendo que alguns eventos podem ter

contribuído para tal resultado. O método convencional de irrigação apresenta limitações neste terço caso não ocorra o fluxo contínuo apical do irrigante, pois poderá ocorrer o refluxo da solução antes de atingir toda a extensão do canal radicular, permanecendo regiões sem íntimo contato entre a solução irrigante e a dentina (Boutsioukis *et al.* 2013). Tal situação pode ter ocorrido, uma vez que os ápices radiculares foram vedados com resina composta, a fim de mimetizar a situação clínica real.

O terço apical radicular apresenta maior frequência de dentina esclerótica, de menor permeabilidade, menos susceptível à erosão dentinária e de difícil visualização com recursos microscópicos rotineiros utilizados para investigação (Paque *et al.* 2006, Lottandi *et al.* 2009). O potencial de penetração das soluções irrigadoras na dentina é outro fator importante para o desenvolvimento da erosão dentinária (Mareending *et al.* 2007, Mai *et al.* 2010). Alguns modelos de estudo utilizam fragmentos de dentina, permitindo, por capilaridade, mais fácil difusão dos irrigantes aos túbulos dentinários (Mareending *et al.* 2007). Em contrapartida, neste estudo foram utilizados dentes extraídos sem a remoção do cimento da superfície externa radicular, possivelmente reduzindo a capilaridade e difusão dos irrigantes nos túbulos dentinários.

Sendo assim, o AP a 1% demonstra similaridade de resultados ao protocolo de irrigação com NaOCl a 2,5% seguido do EDTA, no que se refere à redução da microdureza e rugosidade sobre a dentina radicular, porém ocasiona menor incidência de erosão no terço apical radicular. Estudos comparativos a respeito de solubilidade tecidual e atividade antimicrobiana são ainda necessários para vislumbrar a indicação como alternativa de solução irrigadora durante o preparo químico e mecânico dos canais radiculares.

## CONCLUSÃO

O AP a 1% utilizado como irrigante endodôntico único durante o preparo químico mecânico dos canais radiculares proporcionou similar redução de microdureza e rugosidade na dentina em relação ao protocolo de irrigação com o NaOCl a 2,5% seguido pelo EDTA a 17% e novamente irrigado como NaOCl, porém ocasionou menor incidência de erosão dentinária nos terços cervical e médio radicular.

## REFERÊNCIAS

- Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR et al (2013a) Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and *smear layer* removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microscopy Research and Technique* **76**, 533-7.
- Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM et al. (2013b) Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microscopy Research and Technique* **76**, 1079-83.
- Arends J, ten Bosch JJ. 1992. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *Journal of Dental Research* **71**, 924-8.
- Ari H, Erdemir A, Belli S (2004) Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of Endodontics* **30**, 792-5.
- Ballal NV, Mala K, Bhat KS (2010) Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *Journal of Endodontics* **36**, 1385-8.
- Boutsioukis C, Psimma Z, van der Sluis LW (2013) Factors affecting irrigant extrusion during root canal irrigation: a systematic review. *International Endodontic Journal* **46**, 599-618.
- Cohen S, Stewart GG, Laster LL (1970) The effects of acids, alkalies, and chelating agents on dentine permeability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **29**, 631-4.
- Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M (2011) Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**, e149-54.
- Cord CB, Velasco RV, Ribeiro Melo Lima LF, Rocha DG, da Silveira Bueno CE, Pinheiro SL.(2014) Effective analysis of the use of peracetic acid after instrumentation of root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*. **40**,1145-8.
- Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP, Pécora JD (2011) Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *Journal of Endodontics* **37**, 358-62.

- De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH (2006) Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *International Endodontic Journal* **39**, 401-7.
- De-Deus G, Souza EM, Marins JR, Reis C, Paciornik S, Zehnder M (2011) Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *International Endodontic Journal* **44**, 485-90.
- Dineshkumar MK, Vinothkumar TS, Arathi G, Shanthisree P, Kandaswamy D (2012) Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTAD™, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. *Journal of Conservative Dentistry* **15**, 170-3.
- Di Renzo M, Ellis TH, Sacher E, Stangel I (2001) A photoacoustic FTIRS study of the chemical modifications of human dentin surfaces: II. Deproteination. *Biomaterials* **22**, 793-7.
- Dornelles-Morgental R, Guerreiro-Tanomaru JM, de Faria-Júnior NB, Hungaro-Duarte MA, Kuga MC, Tanomaru-Filho M (2011) Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**, 396-400.
- Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S (2005) Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *Journal of Endodontics* **31**, 107-10.
- Garcia AJA, Kuga MC, Palma-Dibb RG et al. (2013) Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* **4**, 229-32.
- Guida A (2006) Mechanism of action of sodium hypochlorite and its effects on dentin. *Minerva Stomatologica* **55**, 471-82.
- Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A (2003) Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use *International Endodontic Journal* **36**, 810-30.
- Kuga MC, Gouveia-Jorge É, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Bonetti-Filho I, Faria G (2011) Penetration into dentin of sodium hypochlorite associated with acid solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**, e155-9.

- Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M (2009) Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal* **42**, 335-43.
- Mai S, Kim YK, Arola DD et al (2010) Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *Journal of Dentistry* **38**, 201-6.
- Marending M, Luder HU, Brunner TJ, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M (2007) Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation *International Endodontic Journal* **40**, 786-93.
- Naenni N, Thoma K, Zehnder M (2004) Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *Journal of Endodontics* **30**, 785-7.
- Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H (2002) A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal* **35**, 934-9.
- Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB et al (2013) The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontologica Scandinavica* **71**, 424-31.
- Ozdemir HO, Buzoglu HD, Calt S, Cehreli ZC, Varol E, Temel A (2012) Chemical and ultramorphologic effects of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite in young and old root canal dentin. *Journal of Endodontics* **38**, 204-8.
- Panighi M, G'Sell C (1992) Influence of calcium concentration on the dentine wettability by an adhesive. *Journal of Biomedical Materials Research* **26**:1081-9.
- Panighi M, G'Sell C (1993) Effect of the tooth microstructure on the shear bond strength of a dental composite. *Journal of Biomedical Materials Research* **27**:975-81.
- Paque F, Luder HU, Sener B, Zehnder M (2006) Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal* **39**, 18-25.
- Patil CR, Uppin V. (2011) Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: an in vitro study. *Indian Journal of Dental Research*. **22**, 22-7.

- Qian W, Shen Y, Haapasalo M (2011) Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics* **37**, 1437-41.
- Saghiri MA, Delvarani A, Mehrvarzfar P et al (2009) A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **108**, e29-34.
- Sayin TC, Serper A, Cehreli ZC, Otlu HG (2007) The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology and Endodontology* **104**, 418-24.
- Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I (2004) Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *Journal of Endodontics* **30**, 880-2.
- Taneja S, Kumari M, Anand S (2014) Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. *J Conserv Dent* **17**, 155-8.
- Tartari T, Duarte Junior AP, Silva Júnior JO, Klautau EB, Silva E Souza Junior MH, Silva E Souza Junior Pde (2013) Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *Journal of Applied Oral Science* **21**, 409-15.
- Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivan RR, Duarte MA, Bramante CM (2017) Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J* **17**. doi: 10.1111/iej.12764.
- Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J et al. (2003). A new solution for the removal of the *smear layer*. *Journal of Endodontics* **29**, 170-5.
- Tsuda H, Ruben J, Arends J (1996) Raman spectra of human dentin mineral. *European Journal of Oral Sciences* **104**, 123-31.
- Zehnder M (2006) Root canal irrigants. *Journal of Endodontics* **32**, 389-98.
- Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. (2010) Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *Journal of Endodontics* **36**, 793-6.

### **3.2 Publicação 2**

**Effect of peracetic acid used as a single irrigant on the smear layer, push-out bond strength and penetration of root canal sealer into dentin\***

---

*Artigo elaborado para publicação no International Endodontic Journal  
(artigo em fase de submissão)*

## Abstract

**Objective** Evaluate the effect of peracetic acid (PA), used as a single irrigant solution, on the smear layer, push-out bond strength and penetration of an epoxy-based resin sealer into root dentin. **Methodology** One hundred and twenty roots were distributed into 4 groups according to the irrigant solution used in root canal preparation: Group 1, 1% PA; Group 2, 2.5% NaOCl followed by final irrigation with 17% EDTA and 2.5% NaOCl (2.5% NaOCl + 17% EDTA + 2.5% NaOCl); Group 3, 2.5% NaOCl; Group 4, saline solution. The smear layer was evaluated by scanning electron microscopy. The bond strength of an epoxy-based resin sealer (AH Plus) to root dentin was evaluated by the push-out test; and penetration of the sealer into root dentin by confocal laser microscopy. The results were analyzed by Kruskal-Wallis and the Dunn post-test ( $\alpha = 0.05$ ). **Results** The use of 1% PA, as single root canal irrigant solution provided smear layer removal; and penetrability and bond strength of AH Plus to root dentin in a similar manner to that of the group in which the root canals were irrigated with 2.5% NaOCl + 17% EDTA + 2.5% NaOCl ( $P > 0.05$ ). The 2.5% NaOCl and saline groups had higher values of smear layer and lower values of sealer penetration and push-out bond strength than the 1% PA and 2.5% NaOCl + 17% EDTA + 2.5% NaOCl groups ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** 1% PA has potential to be used as a single root canal irrigant solution.

## Introduction

Sodium hypochlorite (NaOCl) is the irrigant solution universally indicated for chemomechanical root canal preparation due to its antimicrobial and organic material solvent actions (Haapasalo *et al.* 2010). However, NaOCl does not favor smear layer removal, and it is necessary to use a decalcifying agent to remove it. Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) is the chelating agent most commonly used to remove the smear layer generated during root canal preparation (Violich & Chandler 2010). However, the use of EDTA associated with NaOCl leads to the reduction in microhardness and erosion of dentin (Aranda-Garcia *et al.* 2013a).

Not only does NaOCl not remove the smear layer, it adversely changes the mechanical properties of dentin, such as microhardness, elastic modulus, flexural and fatigue strength (Pascon *et al.* 2009), and may reduce the adhesion of the root canal sealers (Neelakantan *et al.* 2015) and bond of some adhesive materials to dentin (Pascon *et al.* 2009, Martinho *et al.* 2015). This may affect the sealing ability of sealers and may predispose the teeth to fracture (Pascon *et al.* 2009).

Alternative irrigants, among them peracetic acid (PA), have been researched with the purpose of improving the cleaning and disinfection of root canal system (Lottanti *et al.* 2009, Dornelles-Morgental *et al.* 2011, Cord *et al.* 2014). PA is widely used for disinfecting medical equipment (Kovaleva *et al.* 2010); foods (Dai *et al.* 2012); wastewater (Kitis *et al.* 2004); resin for dental use (Chassot *et al.* 2006); gutta-percha cones (Subha *et al.* 2013), among other items. It has fast and effective action against bacteria, fungi, spores and virus, even in the presence of organic matter (Kitis *et al.* 2004). Due to its biodegradability, manufacturers normally affirm that PA is minimally toxic in the concentration used for disinfection (Loukili *et al.* 2004).

PA was used as single endodontic irrigant throughout Eastern Europe (Kuhlfluck & Klammt 1980). A recent study showed that when used as a single endodontic irrigant, 1% PA has antibacterial efficacy similar to that of 2.5% NaOCl and 2% chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* (Dornelles-Morgental *et al.* 2011). Another study showed that 4% PA kills and dissolves significantly mixed biofilms in a manner similar to that of 2.5% and 5.25% NaOCl (Ordinola-Zapata *et al.* 2013). In addition to its antibacterial effectiveness, PA has the capacity for

removing the smear layer when used as a final rinse after the use of NaOCl (Lotanti *et al.* 2009). Its antibacterial effectiveness associated with its capacity for removing the smear layer has made PA a possible alternative irrigant to NaOCl associated with EDTA, which would simplify and speed up the root canal preparation.

Nevertheless, while PA presents the potential for use as a root canal irrigant (Dornelles-Morgental *et al.* 2011, Cord *et al.* 2014), there is no evidence of its effect on cleaning the root canal, and of the quality of endodontic filling when it is used as a single irrigant during root canal preparation.

Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of PA, used as a single irrigant solution on the smear layer, push-out bond strength and penetrability of an epoxy-based resin sealer into root dentin. The null hypothesis was that there would be no difference in smear layer, push-out bond strength and penetrability of root canal sealer into root dentin when PA is used as a single irrigant, or NaOCl associated with EDTA is used.

## **Material and method**

### **Specimen preparation**

All procedures conformed to the applicable ethical guidelines and regulations of the University's Research Ethics Committee, which approved the project (number 20832213.1.0000.5416). One hundred and twenty freshly extracted human canines with a similar root morphology and with one root canal stored in 1% thymol solution were obtained from the tooth bank. The selected teeth were decoronated 16 mm from the anatomic apex, and the foraminal opening was sealed with resin composite to prevent irrigant extrusion from the apical foramen. The specimens were randomly distributed into 4 groups according to the irrigant used for root canal preparation: Group 1, 1% PA; Group 2, 2.5% NaOCl during instrumentation, followed by final irrigation with 17% EDTA (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brazil) and 2.5% NaOCl (Rioquímica, São José do Rio Preto, SP, Brazil); Group 3, 2.5% NaOCl; Group 4 (control), saline solution (JP, Riberão Preto, SP, Brazil). PA at concentration of 1% was freshly prepared by means of diluting 4% PA - Peresal

(Profilática, Curitiba, PR, Brazil) in distilled water (De-Deus *et al.* 2011). According to the manufacturer (Profilática), Peresal is composed of 4% PA and 26% hydrogen peroxide.

The root canals were instrumented by using ProTaper nickel-titanium rotary instruments (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) up to size F5. The working length was established at 1 mm short of the root length. The irrigant solutions were placed in 5 mL disposable plastic syringes (Ultradent, South Jordan, UT, USA), coupled to a Navitip 30G irrigation needle (Ultradent) and at each change of instrument, the root canals were irrigated with 2 mL of irrigant solution for 1 minute. In group 2 (NaOCl-EDTA-NaOCl), after instrumentation, the root canals were irrigated with 3 mL of 17% EDTA for 3 minutes, followed by irrigation with 2 mL of 2.5% NaOCl for 1 minute. On conclusion of chemomechanical preparation, the root canals of all groups were irrigated with 5 mL of distilled water for 2 minutes, with the purpose of preventing the substances from continuing their action on the dentin. The root canals were dried with F5 absorbent paper points (Dentsply Maillefer).

### **Evaluation of smear layer**

After root canal preparation, the roots (n = 15 per group) were split along their long axis, prepared for scanning electron microscopy (SEM) analysis and examined under a scanning electron microscope at 20 kV (EVO 50, Carl Zeiss, Oberkochen, Germany), in accordance with the methodology of Faria *et al.* (2013). Initially the root canal walls were visualized at 500X magnification in different fields in the apical, middle and cervical thirds. Three representative SEM photomicrographs were taken at 2000X magnification in the apical, middle and cervical thirds of each specimen for analysis of the smear layer. The smear layer was scored using the system proposed by Hülsmann *et al.* (1997). Two calibrated examiners independently and in a blind manner analyzed the smear layer. The scores were compared, and when there was a difference, the evaluators jointly examined the sample and its scoring until they reached agreement on the score

### **Push-out bond strength test**

After root canal preparation, performed as described above, the roots ( $n = 15$  per group) were filled with the single-cone technique using a F5 gutta-percha point (Dentsply Maillefer) and AH Plus sealer (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany), with the addition of 1% (by mass) of rhodamine (Synth, São Bernardo do Campos, SP, Brazil). The roots were radiographed from buccolingual and mesiodistal directions to check the length of the filling material and the presence of voids. The roots were stored at 37 °C and 100% humidity for 7 days to allow the sealers to set.

The push-out test was performed according to the methodology of Magro *et al.* (2015). The roots were embedded in polyester resin and remained intact for 24 h. The specimens were sectioned perpendicular to their longitudinal axis using a slow-speed diamond saw (Isomet; Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA) under continuous water cooling to prevent frictional heat. The cervical, middle and apical sections with a thickness of 2.0 mm, were obtained 1, 5 and 10 mm from the root surface, respectively. The filling material was loaded in the apical-coronal direction using a stainless steel plunger 0.5 mm (apical slices), 0.9 (middle slices) or 1.30 mm (coronal slices) in diameter. This provided the most extensive coverage of the filling material without touching the canal wall. A compressive load was applied by using a universal test machine (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brazil) at a cross head speed of 0.5 mm/ min until debonding occurred. The values at the time of displacement were recorded in N and transformed into tension (MPa) using the formula described by Skidmore *et al.* (2006). After push-out test, the specimens were evaluated under a stereomicroscope (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) at 40X magnification to determine the failure mode. The failures were classified according to Huffman *et al.* (2009): adhesive failure: along the sealer - dentine interface; cohesive: within the sealer; or mixed failures: that consisted of partial adhesive failure along the dentin walls, and partial cohesive failure within the sealer.

### **Root canal sealer penetration**

The sections used for the push-out test were polished in a Politriz (Arotec, Cotia, São Paulo, Brazil) polishing machine, by using abrasive paper under running water. The slices were analyzed by using an inverted Leica TCS-SPE confocal laser-scanning microscope at 10X magnification (Leica Microsystems GmbH, Mannheim, Germany). The samples were scanned and the images were recorded with a size of 1024 x 1024 pixels. The sealer penetration into dentinal tubules was measured twice by one calibrated examiner using the software 1:45 ImageJ (National Institutes of Health, NIH, Bethesda, Maryland, USA). The root canal perimeter and the sections along the canal wall in which the sealer penetrated into the dentinal tubules were measured to determine the percentage of sealer penetration into the root canal circumference (Amoroso-Silva *et al.* 2014).

### **Statistical analysis**

The results were analyzed by using Kruskal-Wallis and the Dunn post-test ( $\alpha = 0.05$ ), by means of the statistical program GraphPad Prism (GraphPad Software Inc. San Diego, CA, USA).

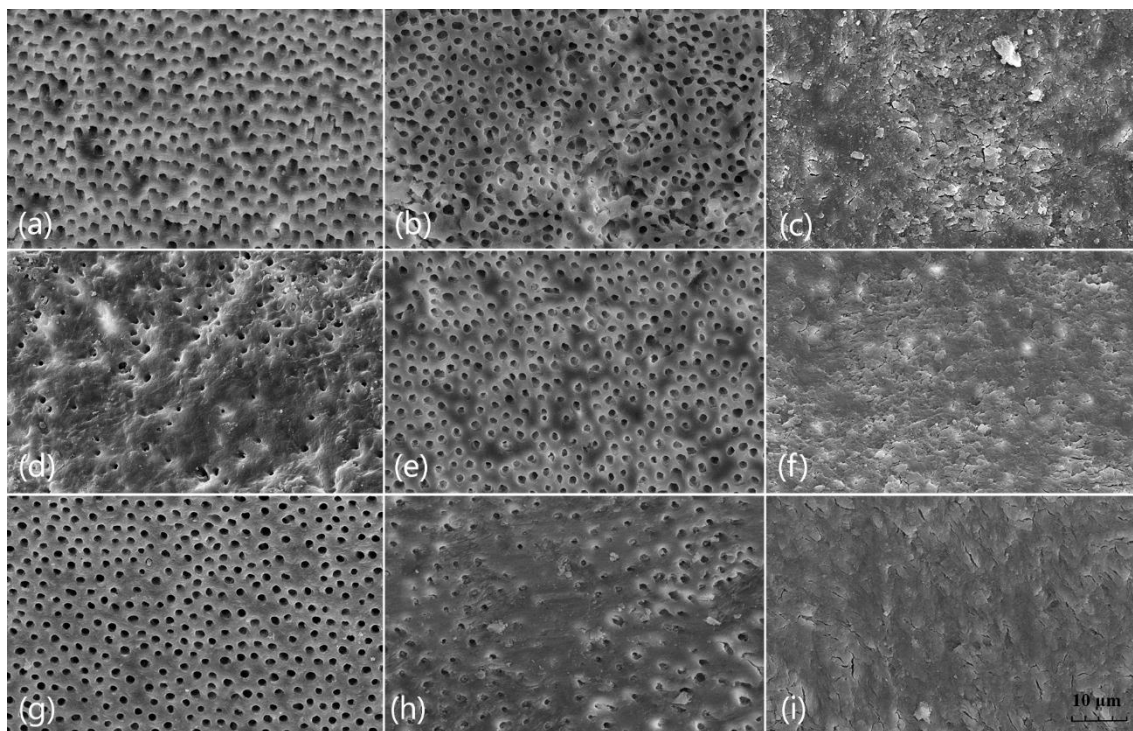
### **Results**

Table 1 shows the results of the smear layer analysis in the root canal dentin, considering the root thirds and endodontic irrigant. In all the root thirds, there was no statistical difference between the PA and NaOCl-EDTA-NaOCl groups ( $P > 0.05$ ), and these two groups presented lower smear layer values than those of the NaOCl and saline groups ( $P < 0.05$ ). There was no difference between the NaOCl and saline groups ( $P > 0.05$ ). Figure 1 shows the aspect of the dentin in the different root thirds, considering the irrigant used.

**Table 1** - Smear layer evaluation after root canal preparation using different irrigant solutions

<b>Radicular third</b>	<b>Group</b>	<b>Median</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>1st and 3rd quartiles</b>
Cervical	Peracetic acid	1 <sup>a</sup>	1	3	1 - 1.5
	NaOCl-EDTA-NaOCl	1 <sup>a</sup>	1	3	1 - 1
	NaOCl	4 <sup>b</sup>	1	5	4 - 4
	Saline solution	4 <sup>b</sup>	2	5	5 - 3.5
Middle	Peracetic acid	2 <sup>a</sup>	1	3	1 - 2
	NaOCl-EDTA-NaOCl	1 <sup>a</sup>	1	4	1 - 2.5
	NaOCl	4 <sup>b</sup>	1	5	4 - 4
	Saline solution	4 <sup>b</sup>	2	5	3 - 4
Apical	Peracetic acid	1 <sup>a</sup>	1	4	1 - 2
	NaOCl-EDTA-NaOCl	2 <sup>a</sup>	1	4	1 - 3.5
	NaOCl	4 <sup>b</sup>	1	5	4 - 5
	Saline solution	5 <sup>b</sup>	4	5	4 - 5

Different letters in each of the root thirds indicate statistically significant difference among the groups ( $P < 0.05$ ).



**Figure 1** - Smear layer on root dentin. Representative images of the peracetic acid group in the cervical (a), middle (d) and apical (g) thirds; of the NaOCl-EDTA-NaOCl group in the cervical (b), middle (e) and apical (h) thirds, and of the NaOCl and saline groups in the cervical (c), middle (f) and apical (i) thirds. Bar = 10  $\mu\text{m}$ .

The bond strength results of the sealer containing epoxy resin (AH Plus) to root canal dentin are shown in Table 2. In all the root thirds, there was no difference between the PA and NaOCl-EDTA groups ( $P > 0.05$ ), and in these two groups the root canal sealer showed higher values for bond strength to root dentin than those of the NaOCl and saline groups ( $P < 0.05$ ). There was no statistically significant difference between the NaOCl and saline groups ( $P > 0.05$ ). Failure type analysis showed that mixed failure was predominant in the PA and NaOCl-EDTA-NaOCl groups, and that adhesive failure predominated in the saline and NaOCl groups, irrespective of root third.

**Table 2** - Bond strength of root canal sealer (in MPa) after root canal preparation using different irrigant solutions

<b>Radicular third</b>	<b>Group</b>	<b>Median</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>1st and 3rd quartiles</b>
Cervical	Peracetic acid	1.42 <sup>a</sup>	2.58	1.11	1.29 - 2.08
	NaOCl-EDTA-NaOCl	1.80 <sup>a</sup>	2.67	1.01	0.82 - 0.90
	NaOCl	1.03 <sup>b</sup>	1.39	0.54	0.70 - 1.25
	Saline solution	0.90 <sup>b</sup>	1.38	0.77	0.82 - 1.03
Middle	Peracetic acid	2.12 <sup>a</sup>	3.38	1.76	2.04 - 2.19
	NaOCl-EDTA-NaOCl	2.46 <sup>a</sup>	3.06	2.15	2.29 - 2.88
	NaOCl	1.30 <sup>b</sup>	1.70	0.71	1.08 - 1.50
	Saline solution	0.99 <sup>b</sup>	1.66	0.04	0.99 - 0.85
Apical	Peracetic acid	2.01 <sup>a</sup>	2.45	1.49	1.83 - 2.24
	NaOCl-EDTA-NaOCl	2.44 <sup>a</sup>	3.16	2.31	2.38 - 2.63
	NaOCl	0.93 <sup>b</sup>	1.43	0.63	0.72 - 1.26
	Saline solution	0.86 <sup>b</sup>	1.35	0.10	0.75 - 1.11

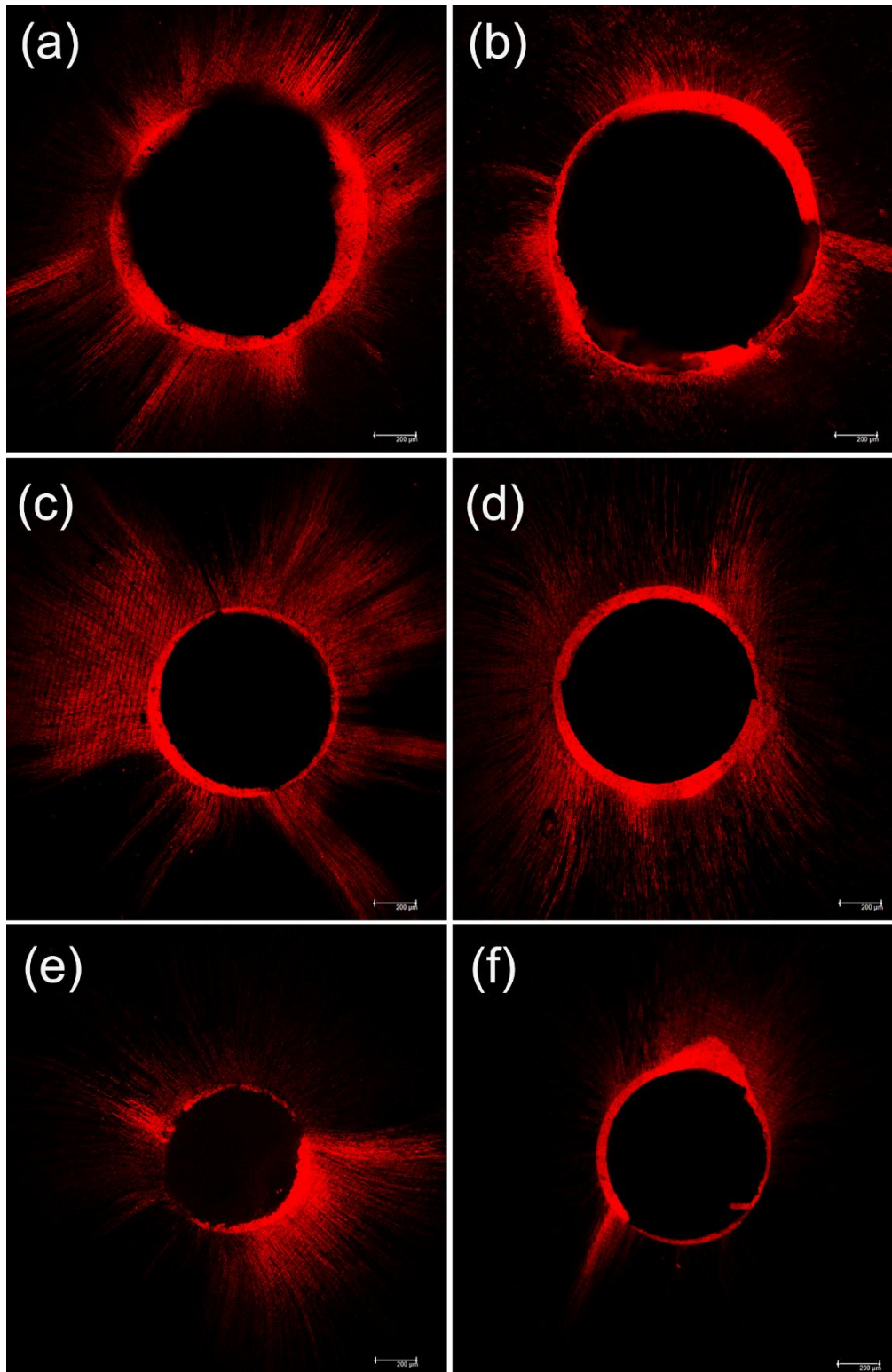
Different letters in each of the root thirds indicate statistically significant difference among the groups ( $P < 0.05$ ).

Table 3 shows the results of the penetration of root canal sealer containing epoxy resin (AH Plus) into root canal dentin, considering the root thirds and endodontic irrigant. There was no difference in sealer penetration into dentin between the PA and NaOCl-EDTA-NaOCl groups ( $P > 0.05$ ). In all the root thirds, in the AP and NaOCl-EDTA-NaOCl ( $P > 0.05$ ) groups, the root canal sealer showed higher values of penetration into root dentin than those of the NaOCl and saline groups ( $P < 0.05$ ). There was no difference between the NaOCl and saline groups ( $P > 0.05$ ). Figure 2 illustrates the root canal sealer penetration into dentin.

**Table 3 – Root canal sealer penetration (in percentage) after root canal preparation using different irrigant solutions**

<b>Radicular third</b>	<b>Group</b>	<b>Median</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>1st and 3rd quartiles</b>
Cervical	Peracetic acid	60.29 <sup>a</sup>	67.39	38.27	53.21 - 64.00
	NaOCl-EDTA-NaOCl	60.57 <sup>a</sup>	67.43	42.91	57.12 - 64.79
	NaOCl	27.48 <sup>b</sup>	38.19	14.07	22.65 - 32.80
	Saline solution	38.83 <sup>b</sup>	42.49	32.10	35.71 - 40.96
Middle	Peracetic acid	56.12 <sup>a</sup>	60.65	48.73	51.18 - 58.69
	NaOCl-EDTA-NaOCl	52.77 <sup>a</sup>	73.12	39.43	45.42 - 60.25
	NaOCl	38.97 <sup>b</sup>	46.44	29.92	37.93 - 43.06
	Saline solution	39.26 <sup>b</sup>	47.09	27.80	33.52 - 39.85
Apical	Peracetic acid	49.76 <sup>a</sup>	67.91	36.01	44.09 - 60.26
	NaOCl-EDTA-NaOCl	47.90 <sup>a</sup>	62.29	45.45	47.34 - 55.93
	NaOCl	34.58 <sup>b</sup>	46.14	27.58	31.72 - 39.54
	Saline solution	36.65 <sup>b</sup>	43.90	30.21	33.77 - 40.07

Different letters in each of the root thirds indicate statistically significant difference among the groups ( $P < 0.05$ ).



**Figure 2** - Penetrability of the root canal sealer into root dentin. Representative images of the peracetic acid and NaOCl-EDTA-NaOCl groups in the cervical (a), middle (c) and apical (e) thirds, and representative of the NaOCl and saline groups in the cervical (b), middle (d) and apical (f) thirds. Bar = 200 µm.

## Discussion

In the present study, we evaluated the effect of PA used as a single irrigant solution on the smear layer, push-out bond strength and penetrability of an epoxy-based resin sealer into root dentin, in comparison with use of the association of NaOCl with EDTA.

The smear layer formed during root canal preparation is composed of both inorganic and organic substances that may also contain bacteria and their by-products. The smear layer may prevent intracanal medications from penetrating into the root canal system, and influence the adaptation (Violich & Chandler 2010); bond (Aranda-Garcia *et al.* 2013b), and penetrability of root canal sealers into root dentin (Kokkas *et al.* 2004). The protocol most commonly used for removing the smear layer is the alternate use of NaOCl and EDTA (Violich & Chandler 2010). Up to the present time, there are no studies in the literature that evaluate the cleanliness of root dentin provided by the use of 1% PA as a single root canal irrigant. Our study showed that the use of 1% PA as a single irrigant solution provided smear layer removal in a manner similar to that of the group in which the canals were irrigated with 2.5% NaOCl during instrumentation, followed by final irrigation with 17% EDTA and 2.5% NaOCl. These results are in line with those of studies that have shown the capacity of PA for smear layer removal when used as a final irrigant solution (after instrumentation). Lottanti *et al.* (2009) demonstrated that 2.25% PA used for 3 minutes after root canal instrumentation led to smear layer removal in a similar manner to that of 17% EDTA. De-Deus *et al.* (2011) showed that 60 seconds of 0.5% PA in contact with dentin led to dissolution of the smear layer as effectively as 2.25% PA and 17% EDTA.

There are currently questions about the evaluation of smear layer by SEM due to the presence of sclerosed dentin (Lottanti *et al.* 2009). In this sense, the literature has proposed the use of an experimental model in which root dentin is evaluated before and after the use of the final irrigation (Schmidt *et al.* 2015). We did not use such methodology because PA was used as a single irrigating substance during biomechanical preparation. On the other hand in the present study when it was found clean root canal surfaces, permitting the visualization of the entrances to the dentinal tubules, independently of irrigation protocol, the apical third showed low amount of dentinal tubules in comparison with coronal and mid-

dle thirds. At this level, in order to avoid a systematic bias, the amount and distribution of sclerotic dentine in our study was taken into consideration, as was recommended by Lottanti *et al.* (2009). PA is commercially available in the form of an aqueous solution, in which it is in equilibrium with hydrogen peroxide and acetic acid. The acetic acid is probably responsible for the dissolution of the smear layer, as it forms complexes with calcium, which are easily soluble in water (Lottanti *et al.* 2009; De-Deus *et al.* 2011).

In the present study PA was used in the concentration of 1% that has an antibacterial efficacy similar to that of 2.5% NaOCl and 2% chlorhexidine against *E. faecalis* (Dornelles-Morgental *et al.* 2011), and capacity for smear layer removal when used as final irrigant (De-Deus *et al.* 2011).

In addition to antimicrobial activity and smear layer removal, among other requisites, irrigants must favor, or at least not harm the bond of root canal sealers to root dentin (Vilanova *et al.* 2012). The high bond strength of root canal sealers to dentin helps maintain the integrity of the sealer-dentin interface (Ureyen *et al.* 2008) and prevents debonding of the filling material during the operative procedures (Huffman *et al.* 2009). The push-out test has been widely used to evaluate the bond strength of filling materials to root dentin (Neelakantan *et al.* 2015, Carvalho *et al.* 2016).

Endodontic irrigants may affect the bond of sealers to root dentin (Neelakantan *et al.*, 2015) because they may lead to different demineralization patterns (De-Deus *et al.* 2011) and may change the composition of the dentin surface (Cobankara *et al.* 2011). Studies have shown that AH Plus has a high bond strength to dentin when irrigation protocols using EDTA are used (Vilanova *et al.* 2012, Aranda-Garcia *et al.* 2013b, Neelakantan *et al.* 2012, Neelakantan *et al.* 2015). In the present study, there was no difference between the PA and NaOCl-EDTA-NaOCl groups, and in these two groups the AH Plus sealer showed higher values for bond strength to root dentin than those of the NaOCl and saline groups. These results are in agreement with previous studies that showed that the use of irrigants with the capacity to remove the smear layer increased the bond strength of resin-based sealers to root dentin (Neelakantan *et al.* 2012, Aranda-Garcia *et al.* 2013b, Neelakantan *et al.* 2015). They are also in agreement with the results of a recent study that showed there was no difference in the push-out bond strength of AH Plus when 17% EDTA, 2.25% PA or 10% citric acid were

used as the final irrigant solution (Carvalho *et al.* 2016). The lower bond strength of AH Plus to dentin observed in the NaOCl and saline groups, as has also been observed in other studies (Neelakantan *et al.* 2012, Vilanova *et al.* 2012, Aranda-Garcia *et al.* 2013b), probably occurred because there was no smear layer removal and consequently, there was no exposure of the collagen network (Neelakantan *et al.* 2012). According to the literature, the high bond strength of AH Plus to dentin is related to its chemical bond to the collagen of dentin (Fisher *et al.* 2007, Neelakantan *et al.* 2015).

On the other hand, a recent study showed that the final irrigation with 17% EDTA or with 1% PA did not improve the bond strength of AH Plus to root dentin in comparison with distilled water (Tuncel *et al.* 2015). This difference may be attributed to the variation in study design; Tuncel *et al.* (2015) used 17% EDTA and 1% PA as final irrigant, filled the root canal with sealer only, and used a plunger with a single diameter to perform the push-out test. In the present study 1% PA was used as irrigant during root canal preparation; the root canal was filled with AH Plus and gutta-percha to simulate the clinical situation and plungers with a specific dimension for different root thirds were used. The use of plungers of a specific dimension for different root thirds ensured that the dislocation force was not influenced by the punch diameter (Pane *et al.* 2013).

The success of treatment endodontic depends on the root canal disinfection and the prevention of reinfection (Haapasalo *et al.* 2010). Therefore, penetration of the sealer into the dentinal tubules may be important, due to its antibacterial activity and effect of blocking the microorganisms within the dentinal tubules (Kokkas *et al.* 2004). In the present study, sealer penetration into root dentin was influenced by the irrigant used. In the groups irrigated with PA or NaOCl-EDTA-NaOCl there was greater penetration of the sealer into dentin when compared with the NaOCl and saline groups. These findings are coherent with the smear layer removal results obtained; the groups that presented higher smear layer removal values also presented higher root canal sealer penetration values. Sealer penetration into the dentinal tubules might serve as an indicator of smear layer removal (Moon *et al.* 2010), because the presence of a smear layer may hinder sealer penetration into dentinal tubules (Kokkas *et al.* 2004).

**Conclusion**

The use of 1% PA, as a single root canal irrigant solution provided smear layer removal, push-out bond strength and penetrability of AH Plus into root dentin in a manner similar to that of the group in which the root canals were irrigated with 2.5% NaOCl during instrumentation, followed by final irrigation with 17% EDTA and 2,5% NaOCl. Considering the factors evaluated, 1% PA has the potential to be used as a single irrigant solution in root canals. However, further studies are necessary to evaluate the potential for organic tissue dissolution and the biocompatibility of the 1% PA solution.

**Conflict of interest**

The authors have stated explicitly that there are no conflict of interests in connection with this article.

## References

- Amoroso-Silva PA, Guimarães BM, Marciano MA *et al.* (2014) Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTA Fillapex. *Microscopy Research and Technique* **77**, 1031-6.
- Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM *et al.* (2013a) Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microscopy Research and Technique* **76**, 1079-83.
- Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR *et al.* (2013b) Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microscopy Research and Technique* **76**, 533-7.
- Carvalho NK, Prado MC, Senna PM *et al.* (2016) Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium-silicate based endodontic sealers? *International Endodontic Journal* May 23. doi:10.1111/iej.12662 [Epub ahead of print].
- Chassot AL, Poisl MI, Samuel SM. (2006) In vivo and in vitro evaluation of the efficacy of a peracetic acid-based disinfectant for decontamination of acrylic resins. *Brazilian Dental Journal* **17**, 117-21.
- Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M (2011) Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**, e149-54.
- Cord CB, Velasco RV, Ribeiro Melo Lima LF, Rocha DG, da Silveira Bueno CE, Pinheiro SL (2014) Effective analysis of the use of peracetic acid after instrumentation of root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics* **40**, 1145-8.

Dai X, Luo H, Jiang L, Ling L, Xue Y, Yu Z (2012) Efficacy of different sanitizing agents and their combination on microbe population and quality of fresh-cut Chinese chives. *Journal of Food Science* **77**, 72-53.

De-Deus G, Souza EM, Marins JR, Reis C, Paciornik S, Zehnder M (2011) Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *International Endodontic Journal* **44**, 485-90.

Dornelles-Morgental R, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria-Junior NB, Hungaro-Duarte MA, Kuga MC, Tanomaru-Filho M (2011) Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**, 396-400.

Faria G, Kuga MC, Ruy AC *et al.* (2013) The efficacy of the self-adjusting file and ProTaper for removal of calcium hydroxide from root canals. *Journal of Applied Oral Science* **21**, 346-50.

Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK (2007) An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *Journal of Endodontics* **33**, 856-8.

Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y (2010) Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America* **54**, 291-312.

Huffman BP, Mai S, Pinna L *et al.* (2009) Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *International Endodontic Journal* **42**, 34-46.

Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F (1997) Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *Journal of Endodontics* **23**, 301-6.

Kitis M (2004) Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International* **30**, 47-55.

Kokkas AB, Boutsoukis ACh, Vassiliadis LP, Stavrianos CK (2004) The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *Journal of Endodontics* **30**, 100-2.

Kovaleva J, Degener JE, van der Mei HC (2010) Mimicking disinfection and drying of biofilms in contaminated endoscopes. *The Journal of Hospital Infection* **76**, 345-50.

Kuhlfluck I, Klammt J (1980) [Suitability of peracetic acid for root canal disinfection] (in German). *Stomatologie der DDR* **30**, 558–63.

Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M (2009) Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal* **42**, 335-43.

Loukili NH, Becker H, Harno J, Bientz M, Meunier O (2004) Effect of peracetic acid and aldehyde disinfectants on biofilm. *The Journal of Hospital Infection* **58**, 151-4.

Magro MG, Kuga MC, Aranda-Garcia AJ *et al.* (2015) Effectiveness of several solutions to prevent the formation of precipitate due to the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine and its effect on bond strength of an epoxy-based sealer. *International Endodontic Journal* **48**, 478-83.

Martinho FC, Carvalho CA, Oliveira LD (2015) Comparison of different dentin pretreatment protocols on the bond strength of glass fiber post using self-etching adhesive. *Journal of Endodontics* **41**, 83-7.

Moon YM, Shon WJ, Baek SH, Bae KS, Kum KY, Lee W (2010) Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *Journal of Endodontics* **36**, 732-6.

Neelakantan P, Sharma S, Shemesh H, Wesselink PR (2015) Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: a fourier transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis. *Journal of Endodontics* 41, 1108-11.

Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G (2012) Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International Endodontic Journal* 45, 1097-102.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB *et al.* (2013) The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontologica Scandinavica* 71, 424-31.

Pane ES, Palamara JE, Messer HH (2013) Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *Journal of Endodontics* 39, 669-73.

Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppini-Rontani RM (2009) Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of Dentistry* 37, 903-8.

Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA.(2015) Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *Journal of Endodontics* 41,1359-63.

Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK (2006) An in vitro comparison of the intraradicular dentine bond strength of Resilon and gutta-percha. *Journal of Endodontics* 32, 963–6.

Subha N, Prabhakar V, Koshy M, Abinaya K, Prabu M, Thangavelu L (2013) Efficacy of peracetic acid in rapid disinfection of Resilon and gutta-percha cones compared with sodium hypochlorite, chlorhexidine, and povidone-iodine. *Journal of Endodontic* 39, 1261-4.

Tuncel B, Nagas E, Cehreli Z, Uyanik O, Vallittu P, Lassila L (2015) Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian Oral Research* **29** doi:10.1590/1807-3107 [Epub ahead of print].

Ureyen Kaya B, Keçeci AD, Orhan H, Belli S (2008) Micropush-out strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems-an ex vivo study. *International Endodontic Journal* **41**, 211-8.

Vilanova WV, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT (2012) Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *International Endodontic Journal* **45**, 42-8.

Violich DR, Chandler NP (2010) The smear layer in endodontics - a review. *International Endodontic Journal* **43**, 2–15.

#### 4 CONCLUSÃO

O AP a 1% utilizado como irrigante endodôntico único durante o preparo químico mecânico dos canais radiculares proporciona: similar redução de microdureza e aumento da rugosidade dentinária ao protocolo de irrigação com o NaOCl a 2,5% seguido pelo EDTA a 17% e novamente irrigado como NaOCl, porém proporciona menor incidência de erosão dentinária nos terços cervical e médio radicular.

O uso de AP a 1% como solução irrigadora única dos canais radiculares proporcionou remoção da *smear layer*, resistência de união e penetrabilidade do AH Plus na dentina radicular de forma semelhante a do grupo em que os canais radiculares foram irrigados com NaOCl a 2,5% durante a instrumentação, seguido de irrigação final com EDTA a 17% e 2,5% de NaOCl.

Considerando os fatores avaliados, AP a 1% tem potencial para ser utilizado como uma única solução irrigante em canais radiculares.

## REFERÊNCIAS\*

1. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, Chávez-Andrade GM, Duarte MA, Bonetti-Filho I, et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech.* 2013; 76(5): 533-7.
2. Arslan H, Ayrance LB, Karatas E, Topçuoğlu HS, Yavuz MS, Kesim B. Effect of agitation of edta with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod.* 2013; 39(12):1589-92.
3. Assis DF, Prado M, Simão RA. Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. *J Endod.* 2011; 37(11): 1550-2.
4. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *J Endod.* 2010; 36(8): 1385-8.
5. Carvalho NK, Prado MC, Senna PM, Neves AA, Souza EM, Fidel SR, et al. Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *Int Endod J.* 2017; 50(6): 612-9.
6. Ceretta R, Paula MM, Angioletto E, Méier MM, Mittelstädt FG, Pich CT, et al. Evaluation of the effectiveness of peracetic acid in the sterilization of dental equipment. *Indian J Med Microbiol.* 2008; 26(2): 117-22.
7. Chandra A. Discuss the factors that affect the outcome of endodontic treatment. *Aust Endod J.* 2009; 35(2): 98-107.
8. Chandrappa MM, Meharwade PM, Srinivasan R, Bhandary S, Nasreen F. Antimicrobial effect of three disinfecting agents on Resilon cones and their effect on surface topography: an in vitro study. *J Conserv Dent.* 2016; 19(2):134-7.
9. Chassot AL, Poisl MI, Samuel SM. In vivo and in vitro evaluation of the efficacy of a peracetic acid-based disinfectant for decontamination of acrylic resins. *Braz Dent J.* 2006; 17(2): 117-21.

---

\* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-marco-2015.pdf>

10. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent.* 2003; 31(4): 275-81.
11. Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112(6): e149-54.
12. Cord CB, Velasco RV, Ribeiro Melo Lima LF, Rocha DG, da Silveira Bueno CE, et al. Effective analysis of the use of peracetic acid after instrumentation of root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2014;40(8):1145-8.
13. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP, Pécora JD. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod.* 2011; 37(3): 358-62.
14. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MHP. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC, and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J.* 2006; 39(5): 401-7.
15. De-Deus G, Souza EM, Marins JR, Reis C, Paciornik S, Zehnder M. Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *Int Endod J.* 2011; 44(6): 485-90.
16. Dornelles-Morgental R, Guerreiro-Tanomaru JM, de Faria-Júnior NB, Hungaro-Duarte MA, Kuga MC, Tanomaru-Filho M. Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112(3): 396-400.
17. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *J Endod.* 2005; 31(2): 107-10.
18. Fernandes FH, Orsi IA, Villabona CA. Effects of the peracetic acid and sodium hypochlorite on the colour stability and surface roughness of the denture base acrylic resins polymerised by microwave and water bath method. *Gerodontology.* 2013; 30(1): 18-25.

19. Finnegan M, Linley E, Denyer SP, McDonnell G, Simons C, Maillard JY. Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. *J Antimicrob Chemother.* 2010; 65(10): 2108-15.
20. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various materials to root canal dentine using a push-out test design. *J Endod.* 2007; 33(7): 856–8.
21. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A.* 2003; 66(4): 850-3.
22. Garcia AJA, Kuga MC, Palma-Dibb RG, Só MVR, Matsumoto MA, Faria G, et al. Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *J Invest Clin Dent.* 2013; 4(4): 229-32.
23. Guerreiro-Tanomaru JM, Morgental RD, Faria-Junior NB, Berbert FL, Tanomaru-Filho M. Antibacterial effectiveness of peracetic acid and conventional endodontic irrigants. *Braz Dent J.* 2011; 22(4): 285-7.
24. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003; 36(12): 810-30.
25. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 1997; 23(5): 301-6.
26. Johnson M, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey K, Niu LN, Tay FR. Canal and isthmus debridement efficacy using a sonic irrigation technique in a closed-canal system. *J Endod.* 2012; 38(9): 1265-8.
27. Kitis M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environ Int.* 2004; 30(1): 47-55.
28. Kovaleva J, Degener JE, van der Mei HC. Mimicking disinfection and drying of biofilms in contaminated endoscopes. *J Hosp Infect.* 2010; 76(4): 345-50.
29. Kuga MC, Gouveia-Jorge E, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru J, Bonetti-Filho I, Faria G, Penetration into dentin of sodium hypochlorite associated with acid solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112(6): e155-e9.

30. Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, Só MV, Galletti T, Bavello JR. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. *Braz Dent J*. 2010; 21(4): 310-4.
31. Lensing HH, Oei HL. Investigations on the sporicidal and fungicidal activity of disinfectants. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg B*. 1985; 181(6): 487-95.
32. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J*. 2009; 42(4): 335-43.
33. Loukili NH, Grandbastien B, Meunier O. Is the *Escherichia coli* 54127 biofilm model reliable for detergent activity assessment of detergent-disinfecting agents? *J Hosp Infect*. 2004; 57(2): 185-6.
34. Lysaght VE, DeBellis A. Microhardness testing. In: Wilkes B, editor. *Hardness testing handbook*. New York: American Chain and Cable Co; 1969. p.76–105.
35. Magro MG, Kuga MC, Aranda-Garcia AJ, Victorino KR, Chávez-Andrade GM, Faria G, Keine KC, et al. Effectiveness of several solutions to prevent the formation of precipitate due to the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine and its effect on bond strength of an epoxy-based sealer. *Int Endod J*. 2015;48(5):478-83.
36. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975; 1(7): 238-42.
37. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clin Microbiol Rev*. 1999; 12(1): 147-79.
38. Montebugnoli L, Sambri V, Cavrini F, Marangoni A, Testarelli L, Dolci G. Detection of DNA from periodontal pathogenic bacteria in biofilm obtained from waterlines in dental units. *New Microbiol*. 2004; 27(4): 391-7.
39. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod*. 2004; 30(11): 785-7.
40. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent* 1999; 12(4): 177-80.

41. Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J.* 2008; 19(1): 46-50.
42. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB, de Andrade FB, Bernardineli N, de Moraes IG, et al. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(3-4): 424-31.
43. Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009; 35(7): 1044-7.
44. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentine microhardness and tubule density. *Endod Dental Traumatol.* 1985; 1(5): 176–9.
45. Sagsen B, Ustum Y, Aslan T, Can Çanakçı BC. The effect peracetic acid on removing calcium hydroxide from the root canals. *J Endod.* 2012; 38(9): 1197–201.
46. Sagsen B, Ustün 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 ;44(12): 1088-91.
47. Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *J Dent.* 1999; 27(1): 43-6.
48. Salvia AC, Teodoro GR, Balducci I, Koga-Ito CY, Oliveira SH. Effectiveness of 2% peracetic acid for the disinfection of gutta-percha cones. *Braz Oral Res.* 2011; 25(1): 23-7.
49. Sarno MU, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey KW, Niu LN, Tay FR. Canal and isthmus debridement efficacy of the VPro EndoSafe negative-pressure irrigation technique. *J Endod.* 2012; 38(12): 1631-4.
50. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system - The promise and the problems: a review. *J Endod.* 2006; 32(12): 1125-34.
51. Silva LA, Sanguino ACM, Rocha CT, Leonardo MR, Silva RAB. Scanning electron microscopic study of the efficacy of SmearClear and EDTA for *smear layer* removal after root canal instrumentation in permanent teeth. *J Endod.* 2008; 34(12): 1541-4.

52. Só MVR, Vier-Pelisser FV, Darcie MS, Smaniotto DGR, Montagner F, Kuga MC. Pulp tissue dissolution when the use of sodium hypochlorite and EDTA alone or associated. *Rev Odont Cienc.* 2011; 26(2): 156-60.
53. Soares CJ, Pereira CA, Pereira JC, Santana FR, do Prado CJ. Effect of chlorhexidine application on microtensile bond strength to dentin. *Oper Dent.* 2008; 33(2): 183-8.
54. Taneja S, Kumari M, Anand S. Effect of QMix, peracetic acid and ethylene-diaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. *J Conserv Dent* 2014;17(2):155-8.
55. Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivian RR, Duarte MA, Bramante CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J.* 2017 Mar 17. [Epub ahead of print].
56. Teixeira CS, Alfredo E, Thomé LH, Gariba-Silva R, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17(2): 129-35.
57. Torabinejad M, Handysiders R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94(6): 658-66.
58. Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003; 29(3): 170-5.
59. Tuncel B, Nagas E, Cehreli Z, Uyanik O, Vallittu P, Lassila L. Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Braz Oral Res.* 2015; 29. pii S1806-83242015000100256
60. Viola KS, Rodrigues EM, Tanomaru-Filho M, Carlos IZ, Ramos SG, Guerreiro-Tanomaru JM, Faria G. Cytotoxicity of peracetic acid: evaluation of effects on metabolism, structure and cell death. *Int Endod J.* 2017 Jan 30. [Epub ahead of print]
61. Zand V, Lotfi M, Rahimi S, Mokhtari H, Kazemi A, Sakhamanesh V. A comparative scanning electron microscopic investigation of the smear layer after the use of sodium hypochlorite gel and solution forms as root canal irrigants. *J Endod.* 2010; 36(7): 1234-7.

62. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006; 32(5): 389-98.

**ANEXO A** – Parecer consubstanciado do comitê de ética e pesquisa referente ao projeto de pesquisa deste trabalho.

FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DE  
ARARAQUARA - UNESP



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Efeitos do ácido peracético na dentina radicular como agente de irrigação endodôntica.

**Pesquisador:** Gisele Faria

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 20832213.1.0000.5416

**Instituição Proponente:** Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 529.953

**Data da Relatoria:** 20/02/2014

**Apresentação do Projeto:**

O pesquisador enviou o projeto de pesquisa acompanhado de oito arquivos, a saber: Projeto de pesquisa; Termo de ressarcimento de gastos; Folha de rosto; Autorização; T.C.L.E.; Termo de cumprimento das normas do CEP; Documento do Banco de Dentes e Documento de devolução de restos de material biológico.

**Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo deste estudo é avaliar o efeito do ácido peracético (AP), empregado como solução irrigadora sobre o smear layer, debris, erosão e microdureza dentinárias e também à resistência de união de um cimento epóxi à dentina radicular.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:** Os riscos envolvem os pesquisadores que serão submetidos a radiação uma vez que durante a seleção dos dentes serão necessárias tomadas radiográficas para padronizar os espécimes. Entretanto, está assegurado que será utilizado um sistema radiográfico digital proporcionando menor tempo de exposição e utilização de uma caixa de chumbo que evitará a propagação da radiação que protegerá o operador. E durante a preparo dos espécimes o pesquisador fará uso dos EPIs indicados no mapa de risco anexado no local.

**Benefícios:** Os benefícios obtidos estarão relacionados quanto a utilização do ácido peracético

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

CEP: 14.801-903

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: 1633-0164

Fax: 1633-0164

E-mail: cep@foar.unesp.br, rmggle@foar.unesp.br

FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DE  
ARARAQUARA - UNESP



Continuação do Parecer: 533-263

como irrigante endodôntico, por reunir em um só produto eficácia antimicrobiana e capacidade de remoção da smear layer.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

a pesquisa a ser realizada está bem embasada, e com a utilização do ácido peracético, este poderá trazer mais benefícios na fase de desinfecção do canal radicular, que associado a instrumentação permite resultados positivos de tratamento

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os Termos de apresentação obrigatória foram apresentados.

**Recomendações:**

Foi solicitado a adequação no (n) de dentes utilizados no estudo, pois o (n) descrito no formulário enviado ao CEP não é o mesmo descrito no resumo do projeto. Foi também solicitado justificativa para utilização de n=15 para análise em MEV.

No entanto a pesquisadora elaborou as adequações solicitadas no Parecer Consubstanciado do CEP, número 463.245 de forma a atender o solicitado. A justificativa para a utilização de n=15, para os grupos experimentais que utilizarão o protocolo de irrigação com ácido peracético, EDTA ou hipoclorito de sódio, foi devido à observação em um estudo piloto que demonstrou resultados confiáveis empregando este número de espécimes.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Através da análise da justificativa apresentada pela autora e também pelas alterações realizadas no sentido de promover melhora no projeto, aprovo o parecer da pesquisadora

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Atendida a pendência de reunião de 19 de novembro de 2013, considero aprovado o projeto.

Endereço: HUMAITA 1660

Bairro: CENTRO

CEP: 14.801-903

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: 1633-0164

Fax: 1633-0164

E-mail: cep@foar.unesp.br; rmggle@foar.unesp.br

FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DE  
ARARAQUARA - UNESP



Contribuição do Pesquisador: 538.953

ARARAQUARA, 14 de Fevereiro de 2014

Assinado por:  
Maurício Mireselles Nagle  
(Coordenador)

Endereço: HUMAITÁ 1680 CEP: 14.801-403  
Bairro: CENTRO  
UF: SP Município: ARARAQUARA  
Telefone: 1533-0164 Fax: 1533-0164 E-mail: csp@fcar.unesp.br; mmagle@fcar.unesp.br

Página 13 de 13

Não autorizo a reprodução deste trabalho até 29/09/2019.

(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara, 29 de Setembro de 2017

Katia Cristina Keine