

Tamer Ferreira Schmidt

**EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE SOLUÇÕES  
IRRIGADORAS SOBRE A REMOÇÃO DA LAMA DENTINÁRIA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi

Florianópolis  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Schmidt, Tamer Ferreira

Efeito da ativação ultrassônica de soluções irrigadoras sobre a remoção da lama dentinária / Tamer Ferreira Schmidt ; orientador, Eduardo Antunes Bortoluzzi - Florianópolis, SC, 2014.

66 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós- Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. Irrigação do canal radicular. 3. Remoção da smear layer. 4. Irrigação ultrassônica passiva. 5. Microscópio eletrônico de varredura. I. Bortoluzzi, Eduardo Antunes. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

Tamer Ferreira Schmidt

**EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE SOLUÇÕES  
IRRIGADORAS SOBRE A REMOÇÃO DA LAMA DENTINÁRIA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Florianópolis, 21 de fevereiro de 2014.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Izabel Cristina Santos de Almeida  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Vinícius Pedrazzi  
Universidade de São Paulo – Câmpus de Ribeirão Preto

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mara Cristina Santos Felipe  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Hecke Alves  
Universidade Federal de Santa Catarina



Dedico este trabalho aos meus pais  
Oswaldo e Élica, *in memoriam*.



## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida, pela luz, saúde e força para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais, Oswaldo e Élide, pela dedicação, apoio, educação e amor recebidos. Pelos exemplos de humildade e honestidade que procuro sempre aplicar na minha vida pessoal e profissional.

Aos meus irmãos, Sander e Wander, pelo incentivo e pela amizade.

Ao amigo e orientador, Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi, pela paciência, motivação e apoio durante esta difícil caminhada.

À toda equipe de professores da disciplina de Endodontia da Universidade Federal de Santa Catarina, pelos exemplos de amor e dedicação à profissão. Procurarei sempre aplicar seus ensinamentos com o mesmo entusiasmo que nos foram ensinados. Muito obrigado aos professores Drs. Wilson Taddeu Felipe e Eduardo Antunes Bortoluzzi e às professoras Dr.<sup>as</sup> Ana Maria Hecke Alves, Cleonice da Silveira Teixeira, Mara Cristina Santos Felipe e Maria Helena Pozzobon.

Às amigas e companheiras de Mestrado, Anarela, Bruna, Daniela, Débora e Larissa, pela ajuda nos momentos mais difíceis dessa batalha. Com certeza vocês a tornaram mais leve.

Às amigas do Doutorado, Gabriela, Josiane, Luciane e Maybell, por compartilhar as experiências já vividas e facilitar nossa empreitada.

Aos funcionários do laboratório de Endodontia da UFSC, Marly, Jacqueline e ao amigo Sérgio, pela disposição e ajuda.

Aos amigos Alisson Veríssimo Oliveira Lopes e Gustavo dos Santos Coura, que me incentivaram durante todo o curso.

Aos professores da disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara/FOAr/UNESP, que me iniciaram na belíssima ciência da Endodontia.

Obrigado aos Profs. Drs. Mario Tanomaru Filho, Idomeo Bonetti Filho, Renato de Toledo Leonardo, Mario Roberto Leonardo, Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert e Roberto Miranda Esberard.

Ao Prof. Dr. Vinícius Pedrazzi, pela honra de sua presença na banca examinadora deste trabalho e por abrir as portas da disciplina de Clínica Integrada da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/FORP/USP. Exemplo de pessoa e professor a ser seguido.

E a todos que de uma forma ou de outra contribuíram na minha formação acadêmica e na execução deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.



“Cada segundo é tempo para mudar tudo para sempre.”

Charles Chaplin



SCHMIDT, TF. Efeito da ativação ultrassônica de soluções irrigadoras sobre a remoção da lama dentinária. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar, longitudinal e quantitativamente por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV), a eficácia da irrigação ultrassônica passiva (*Passive Ultrasonic Irrigation* - PUI) com as soluções de EDTA 17% e NaOCl 1% sobre a remoção da lama dentinária. O preparo químico-mecânico dos canais radiculares de 32 dentes humanos foi realizado com o sistema ProTaper até F4. Em seguida os dentes foram clivados e a superfície dentinária foi analisada no MEV em baixo vácuo. Foram obtidas imagens com aumentos de 500 e 1000x dos terços cervical, médio e apical de áreas previamente determinadas e totalmente recobertas por lama dentinária. Os dentes foram remontados e divididos em 4 grupos que receberam diferentes protocolos de irrigação final: G1 – EDTA + NaOCl, G2 – EDTA com PUI + NaOCl, G3 – EDTA + NaOCl com PUI, G4 – EDTA + NaOCl, ambos com PUI. Depois da irrigação final as metades dos dentes foram novamente separadas e preparadas para análise da superfície dentinária no MEV em alto vácuo. Imagens com os mesmos aumentos foram obtidas das mesmas áreas anteriormente avaliadas e, por meio do software Image J, foi obtida a porcentagem da área dos túbulos dentinários abertos em relação a área total da imagem. Os resultados foram submetidos ao teste de Análise de Variância (ANOVA) e foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis ou de Bonferroni para identificar diferenças entre os grupos ao nível de significância de 5%. O terço cervical das amostras de todos os grupos apresentou maior percentual de área de túbulos dentinários abertos, seguido pelo terço médio e o apical. Entre os grupos, houve diferença estatística somente no terço cervical, entre G2 e G4, com maior e menor percentual, respectivamente. O uso da PUI promoveu melhor remoção da lama na região apical, porém sem diferença estatística em relação à irrigação convencional. A PUI não demonstrou maior eficiência na remoção da lama dentinária em comparação com a irrigação convencional.

**Palavras-chave:** Irrigação. Lama dentinária. Irrigação ultrassônica passiva. MEV.



SCHMIDT, TF. Effect of ultrasonic activation of the irrigants on the smear layer removal. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate, longitudinally and quantitatively by scanning electron microscope (SEM), the effectiveness of passive ultrasonic irrigation (PUI) of 17% EDTA and 1% NaOCl on smear layer removal. The root canal preparation of 32 human teeth was performed with Protaper system until F4. The teeth were cleaved and dentin surface was analyzed by SEM in low vacuum. Images with increases of 500 and 1000x of the cervical, middle and apical thirds of predetermined areas and totally covered by smear layer were obtained. The teeth were reassembled and divided into 4 groups which received different final irrigation protocols: G1 – EDTA + NaOCl, G2 – EDTA with PUI + NaOCl, G3 – EDTA + NaOCl with PUI, G4 – EDTA + NaOCl, both with PUI. After the final irrigation, the halves of teeth were again separated and prepared for analysis of the dentin surface in SEM on high vacuum. Images with the same increases were made from the same areas previously evaluated and a ratio between surface area of dentinal tubules opened and the total area of the image, expressed as a percentage, was obtained through Image J software. The results were submitted to the analysis of variance test (ANOVA), and Kruskal-Wallis or Bonferroni tests were used to identify differences between groups at a significance level of 5%. The cervical third from all groups samples presented higher percentage of open dentinal tubules area, followed by the middle and the apical third respectively. Amongst the groups, the only difference statistically was observed within the cervical third, between G2 and G4, with the highest and lowest percentage, respectively. The use of PUI promoted better smear layer removal in the apical third, however without significant difference in relation to the conventional irrigation. The PUI did not showed higher efficiency in smear layer removal compared with conventional irrigation.

**Keywords:** Irrigation. Smear layer. Passive ultrasonic irrigation. SEM.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1	REMOÇÃO QUÍMICA DA LAMA DENTINÁRIA .....	17
1.2	IRRIGAÇÃO VERSUS COMPLEXIDADE ANATÔMICA.....	18
1.3	ATIVACÃO DAS SOLUÇÕES IRRIGADORAS .....	19
1.4	O ULTRASSOM NA ENDODONTIA .....	20
1.5	A IRRIGAÇÃO ULTRASSÔNICA PASSIVA.....	21
<b>2</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO</b> .....	<b>25</b>
	Resumo .....	27
	Abstract.....	29
	Introdução .....	31
	Material e Métodos .....	32
	Resultados .....	40
	Discussão .....	43
	Agradecimento.....	46
	Referências.....	46
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos</b> .....	<b>65</b>





## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico está na dependência da eliminação dos micro-organismos do sistema de canais radiculares e na prevenção de sua reinfecção (LIN; SKRIBNER; GAENGLER, 1992; SJÖGREN *et al.*, 1997).

O preparo químico-mecânico, realizado através do uso de instrumentos endodônticos e de soluções irrigadoras antissépticas, promove uma redução significativa na quantidade de micro-organismos presentes na cavidade pulpar (BYSTRÖM; SUNDQVIST, 1981; BYSTRÖM; SUNDQVIST, 1983).

A ação dos instrumentos e das soluções irrigadoras induz a deposição de uma camada de debris na superfície das paredes do canal radicular denominada *smear layer* ou lama dentinária, constituída por uma parte inorgânica representada por raspas de dentina, e uma parte orgânica composta por tecido necrótico e vital, incluindo remanescentes de processos odontoblásticos, tecido pulpar e bactérias (MCCOMB; SMITH, 1975).

Estruturalmente, a lama dentinária pode ser dividida em duas partes: uma superficial, com espessura média de 1 a 2  $\mu\text{m}$ , e outra compactada no interior dos túbulos dentinários, denominada *smear plug*, que pode alcançar 40  $\mu\text{m}$  de profundidade (MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984).

### 1.1 REMOÇÃO QUÍMICA DA LAMA DENTINÁRIA

A remoção da lama dentinária vem sendo indicada pois pode trazer efeitos deletérios ao tratamento endodôntico. A presença de bactérias e seus subprodutos e restos necróticos em sua composição compromete o processo de desinfecção (MCCOMB; SMITH, 1975; PAHSLEY, 1992; VIOLICH; CHANDLER, 2010). Além disso, a lama diminui a permeabilidade da dentina, o que dificulta a difusão de agentes antimicrobianos, como as soluções irrigadoras e a medicação intracanal (GOLDBERG; ABRAMOVICH, 1977; WAYMAN *et al.*, 1979; MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984), e também a penetração dos cimentos endodônticos, agindo como uma barreira entre os materiais obturadores e as paredes do canal, comprometendo o selamento proporcionado pela obturação, tornando possível a reinfecção (WHITE; GOLDMAN; LIN, 1984; MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984; CERGNEUX *et al.*, 1987; FOSTER; KULILD; WELLER, 1993; SHAHRVAN *et al.*, 2007).

Com o propósito de remover a lama dentinária, diversas soluções irrigadoras vêm sendo estudadas. O hipoclorito de sódio (NaOCl) tem sido a solução mais utilizada para dissolução do componente orgânico da lama. (SENIA; MARSHALL; ROSEN, 1971; HAND; SMITH; HARRISON, 1978; GORDON; DAMATO; CHRISTNER, 1981; BAUMGARTNER; CUENIN, 1992; ZEHNDER, 2006). Contudo, por não agir sobre a parte inorgânica, torna-se necessário complementar o seu uso com uma solução que possua ação desmineralizante (HULSMANN; HECKENDORF; LENNON, 2003; ZEHNDER, 2006). Para essa finalidade, agentes quelantes têm sido indicados, sendo o ácido etilendiaminotetracético (EDTA) o mais comumente empregado, com eficiência comprovada na dissolução de material inorgânico, incluindo a hidroxiapatita (HAAPASALO *et al.*, 2010). O EDTA reage com os íons cálcio da dentina, formando quelatos de cálcio solúveis (SEM; WESSELINK; TURKUN, 1995), promovendo uma descalcificação de 20 a 30 µm de profundidade em 5 minutos (von der FEHR; NYGAARD-ÖSTBY, 1963).

Estudos têm demonstrado que o uso do EDTA seguido pelo NaOCl apresenta comprovada eficiência na remoção da lama dentinária (YAMADA, *et al.*, 1983; BAUMGARTNER; MADER, 1987; CENGIZ; AKTENER; PISKINSEM, 1990; SEM; WESSELINK; TURKUN, 1995; YAMASHITA *et al.*, 2003; TEIXEIRA; FELIPPE; FELIPPE, 2005; VIOLICH; CHANDLER, 2010).

## 1.2 IRRIGAÇÃO VERSUS COMPLEXIDADE ANATÔMICA

Para que se consiga uma ação efetiva das soluções irrigadoras, é necessário que haja o contato direto com os materiais que se objetivam remover do interior do canal, como os remanescentes de tecido orgânico, debris, bactérias e lama dentinária. (ROSENFELD; JAMES; BURCH, 1978; ABOU-RASS; PICCININO, 1982; CHOW, 1983). Áreas de complexidade anatômica como regiões de istmos, reentrâncias e curvaturas, além de canais secundários e deltas apicais são mais difíceis de serem alcançadas pela irrigação (LEE; WU; WESSELINK, 2004; VERTUCCI, 2005; BRONNEC; BOUILLAGUET; MACHTOU, 2010). O fenômeno do aprisionamento de bolhas de ar na região apical, denominado efeito *vapor lock*, também dificulta a chegada das soluções irrigadoras nessa região (TAY *et al.*, 2010; CASTELO-BAZ *et al.*, 2012).

Do mesmo modo, essa complexidade anatômica impede a ação dos instrumentos endodônticos nessas regiões de difícil acesso, fazendo

com que 35 a 75% das paredes do canal permaneçam intocadas e algumas delas passem a abrigar debris após o preparo mecânico. (SCHAFER; ZAPKE, 2000; TAN; MESSER, 2002; PETERS *et al.*, 2003; GUTARTS *et al.*, 2005; PAQUE; BARBAKOW; PETERS, 2005 BURLESON *et al.*, 2007).

Buscando promover uma melhor efetividade das soluções irrigadoras nessas áreas de difícil acesso, novos métodos de irrigação vem sendo propostos (GU *et al.*, 2009; GULABIVALA *et al.*, 2010; HAAPASALO *et al.*, 2010).

### 1.3 ATIVAÇÃO DAS SOLUÇÕES IRRIGADORAS

A agitação ou ativação das soluções irrigadoras após o preparo químico-mecânico tem a finalidade de melhorar sua dispersão. Com o canal totalmente preenchido com a solução, ela pode ser realizada manualmente ou através de sistemas de ativação específicos (GU *et al.*, 2009).

Manualmente, a ativação pode ser alcançada pela movimentação de instrumentos endodônticos ou cones de guta-percha no interior do canal (MCGILL *et al.*, 2008; JIANG, 2012; ANDRABI, 2013).

Existem também sistemas desenvolvidos exclusivamente para este fim, como instrumentos rotatórios para uso em baixa rotação (GARIP *et al.*, 2010; RODIG *et al.*, 2010; AL-ALI; SATHORN; PARASHOS, 2012), sistemas sônicos (JENSEN *et al.*, 1999; SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN, 2003; TOWNSEND; MAKI, 2009; UROZ-TORRES; GONZALEZ-RODRIGUEZ; FERRER-LUQUE, 2010; BLANK-GONÇALVES *et al.*, 2011; MANCINI *et al.*, 2013), sistemas ultrassônicos (CAMERON, 1982; CAMERON, 1983; KAHN; ROSENBERG; GLIKSBERG, 1995; SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN, 2003; SPOLETI; SIRAGUSA; SPOLETI, 2003; LEE; WU; WESSELINK, 2004; GUTARTS *et al.*, 2005; van der SLUIS; WU; WESSELINK, 2005; PLOTINO *et al.*, 2007; RUDDLE, 2007; BLANK-GONÇALVES *et al.*, 2011; CASTELO-BAZ *et al.*, 2012; MALENTACCA *et al.* 2012; MUNOZ; CAMACHO-CUADRA, 2012; MANCINI *et al.*, 2013) e o laser (STABHOLZ; SAHAR-HELFT; MOSHONOV *et al.*, 2004; DE GROOT *et al.*, 2009; DE MOOR *et al.*, 2010; PEETERS; SUARDITA, 2011; DELEU; MEIRE; DE MOOR, 2013; ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2013).

## 1.4 O ULTRASSOM NA ENDODONTIA

O uso do ultrassom em Endodontia foi introduzido por Richman em 1957. O ultrassom é uma onda sonora de frequência superior à 20 KHz, imperceptível aos ouvidos humanos.

Na Odontologia são utilizados dois tipos de sistemas ultrassônicos: o magnetoestrutivo e o piezoelétrico. Esses sistemas são capazes de transformar energia elétrica em energia mecânica, manifestada pela vibração ultrassônica transmitida aos insertos ou pontas acopladas à peça de mão dos aparelhos, responsáveis pela aplicação de seus efeitos.

O sistema magnetoestrutivo gera uma frequência de 25 KHz pela conversão de energia eletromagnética em oscilação mecânica. Um campo magnético alternado é aplicado em lâminas metálicas do aparelho, promovendo a sua vibração, que é então transmitida às pontas. Como resultado temos um padrão de movimento elíptico (em forma de oito) e geração de calor, tornando necessário o resfriamento.

Já o sistema piezoelétrico gera uma frequência acima de 40 KHz quando uma carga elétrica é aplicada em determinados cristais. Esses sofrem deformações elásticas, transformando a energia elétrica em oscilação mecânica, que é transmitida às pontas. Esse sistema promove um padrão de movimento linear e um menor aquecimento em relação ao magnetoestrutivo, sendo o mais indicado em Endodontia (LAIRD; WALMSLEY, 1991; PLOTINO *et al.*, 2007).

O ultrassom pode ser aplicado em diversas etapas do tratamento endodôntico, como no preparo mecânico do canal radicular (MARTIN *et al.*, 1980; CUNNINGHAM; MARTIN, 1982; WALKER; DEL RIO, 1989), na remoção de pinos e instrumentos fraturados (DIXON *et al.*, 2002; WARD; PARASHOS; MESSER, 2003; DOMINICI *et al.*, 2005), na remoção de calcificações (PLOTINO *et al.*, 2007), na compactação da guta-percha (ZMENER; BANEGAS, 1999; DEITCH *et al.*, 2002), no preparo retrógrado em cirurgias apicais (WUCHENICH; MEADOWS; TORABINEJAD, 1994; BERNARDES *et al.*, 2007; DE PAOLIS *et al.*, 2010), na colocação do MTA (LAWLEY *et al.*, 2004; PLOTINO *et al.*, 2007) e na ativação de soluções irrigadoras (CAMERON, 1982; CAMERON, 1983; KAHN; ROSENBERG; GLIKSBERG, 1995; SPOLETI; SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN, 2003; SPOLETI; SIRAGUSA; SPOLETI, 2003; LEE; WU; WESSELINK, 2004; GUTARTS *et al.*, 2005; van der SLUIS; WU; WESSELINK, 2005; PLOTINO *et al.*, 2007; RUDDLE, 2007; BLANK-GONÇALVES *et al.*,

2011; CASTELO-BAZ *et al.*, 2012; MALENTACCA *et al.* 2012; MUNOZ; CAMACHO-CUADRA, 2012; MANCINI *et al.*, 2013).

As pontas ou instrumentos endodônticos acionados pelos aparelhos de ultrassom exibem um movimento transversal ao longo de toda sua extensão, que compreende uma série de nós, que são os pontos de mínima oscilação do instrumento e antinós, que são os pontos de máxima oscilação (WALMSLEY, 1987; WALMSLEY; WILLIAMS, 1989; WALMSLEY; LAIRD; LUMLEY, 1992). Nas soluções irrigadoras, os principais efeitos advindos da vibração ultrassônica são a cavitação e a microcorrente acústica. A cavitação é o fenômeno da formação de bolhas que crescem até se colapsarem (implodirem), liberando grande energia. A microcorrente acústica ocorre devido à oscilação do instrumento, provocando uma rápida e vigorosa agitação da solução ao seu redor. Em conjunto, esses efeitos aumentam a penetração e o poder de limpeza das soluções (MARTIN; CUNNINGHAM, 1985; WALMSLEY, 1987), podendo reduzir o tempo necessário para a eficácia antibacteriana (MARTIN; CUNNINGHAM, 1985; PARAGLIOLA *et al.*, 2010).

## 1.5 A IRRIGAÇÃO ULTRASSÔNICA PASSIVA

A utilização do ultrassom após o preparo químico-mecânico para ativação de soluções irrigadoras foi descrita pela primeira vez no trabalho de Weller, Brady e Bernier, em 1980.

A irrigação ultrassônica passiva (*Passive Ultrasonic Irrigation - PUI*) consiste na ativação ultrassônica de um instrumento endodôntico convencional ou de um instrumento sem poder de corte, de diâmetro inferior ao do canal preparado, para que tenha movimentação livre sem fazer contato com as paredes dentinárias (AHMAD; PITT FORD; CRUM, 1987; LUMLEY *et al.*, 1992). Com o canal totalmente preenchido com a solução irrigadora de escolha, a vibração livre do instrumento permite a ocorrência dos fenômenos de cavitação e de formação de microcorrente acústica (MARTIN; CUNNINGHAM, 1985; WALMSLEY, 1987).

A palavra passiva não é muito adequada para descrever o procedimento de irrigação, pois é praticamente impossível impedir que o instrumento toque nas paredes do canal quando ativado ultrassonicamente. Entretanto, ela foi introduzida para explicitar que o procedimento não objetiva uma ação cortante do instrumento, diferenciando-o do preparo ultrassônico (VAN DER SLUIS *et al.*, 2007).

Diversos estudos têm mostrado que a PUI torna a limpeza dos canais mais efetiva (van der SLUIS *et al.*, 2007) e otimiza a remoção da lama dentinária e de debris da região apical (CAMERON, 1983; AHMAD; PITT FORD; CRUM, 1987; BURLESON *et al.*, 2007; PLOTINO *et al.*, 2007; LUI, KUAH, CHEN, 2007; van der SLUIS *et al.*, 2007; GOEL, TEWARI, 2009; NAIR *et al.*, 2009; BLANK-GONÇALVES *et al.*, 2011; JIANG *et al.*, 2012; KOÇANI, KAMBERI, DRAGUSHA, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2012).

Com base na revisão da literatura podemos constatar a importância do emprego da PUI. Entretanto, não existe um protocolo de uso bem estabelecido, principalmente em relação à quantidade, ao tempo de uso e à escolha da solução irrigadora a ser ativada (CAMERON, 1983, BURLESON *et al.*, 2007; LUI, KUAH, CHEN, 2007; PLOTINO *et al.*, 2007; VAN DER SLUIS *et al.*, 2007; GOEL, TEWARI, 2009; KUAH *et al.*, 2009; KANTER *et al.*, 2011; PEETERS, SUARDITA, 2011; KOCANI, KAMBERI, DRAGUSHA, 2012).

Verificamos também a existência de um grande número de trabalhos publicados sobre o assunto, onde a grande maioria utiliza-se de análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV). A metodologia empregada nesses estudos tem sofrido críticas, como a falta de observação longitudinal e a execução de análise qualitativa por meio de escores para obtenção dos resultados (DE-DEUS; REIS; PACIORNIK, 2011). Estudos mostraram que 35 a 75% da área da superfície dentinária pode permanecer intocada pelos instrumentos endodônticos após o preparo (SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN, 2003; VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2005). A ausência de análise prévia da superfície dentinária pode induzir a erros de interpretação, pois poderia estar-se avaliando uma área naturalmente livre de lama. A análise qualitativa por meio de escores estaria também sempre sujeita a viés, por ser observador-dependente e, portanto, subjetiva (DE-DEUS; REIS; PACIORNIK, 2011).

Diante do exposto, se faz necessário estabelecer protocolos de irrigação final com o uso da PUI, com o objetivo de potencializar a remoção da lama dentinária e desenvolver metodologias que contemplem uma avaliação longitudinal e quantitativa dos resultados.

## **2 PROPOSIÇÃO**

Avaliar longitudinal e quantitativamente, por meio MEV, a eficácia da PUI com as soluções de EDTA 17% e NaOCl 1% sobre a remoção da lama dentinária dos canais radiculares.





### 3 ARTIGO

Efeito da ativação ultrassônica de soluções irrigadoras sobre a remoção da lama dentinária.

Tamer Ferreira Schmidt, DDS.

Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina,  
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

Artigo formatado conforme normas do **Journal of Endodontics**.



## RESUMO

*Introdução:* O objetivo deste estudo foi avaliar, longitudinal e quantitativamente por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV), a eficácia da irrigação ultrassônica passiva (*Passive Ultrasonic Irrigation* - PUI) com as soluções de EDTA 17% e NaOCl 1% na remoção da lama dentinária. *Materiais e Métodos:* O preparo químico-mecânico dos canais radiculares de 32 dentes humanos foi realizado com o sistema ProTaper até F4. Em seguida os dentes foram clivados e a superfície dentinária foi analisada no MEV em baixo vácuo. Foram obtidas imagens com aumentos de 500 e 1000x dos terços cervical, médio e apical de áreas previamente determinadas e totalmente recobertas por lama dentinária. Os dentes foram remontados e divididos em 4 grupos que receberam diferentes protocolos de irrigação final: G1 – EDTA + NaOCl, G2 – EDTA com PUI + NaOCl, G3 – EDTA + NaOCl com PUI, G4 – EDTA + NaOCl, ambos com PUI. Depois da irrigação final as metades dos dentes foram novamente separadas e preparadas para análise da superfície dentinária no MEV em alto vácuo. Imagens com os mesmos aumentos foram obtidas das mesmas áreas anteriormente avaliadas e, por meio do software Image J, foi obtida a porcentagem da área dos túbulos dentinários abertos em relação a área total da imagem. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Análise de Variância (ANOVA) e foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis ou de Bonferroni para identificar diferenças entre os grupos ao nível de significância de 5%. *Resultados:* O terço cervical das amostras de todos os grupos apresentou maior percentual de área de túbulos dentinários abertos, seguido pelo terço médio e o apical. Entre os grupos, houve diferença estatística somente no terço cervical, entre G2 e G4, com maior e menor percentual, respectivamente. O uso da PUI promoveu melhor remoção da lama na região apical, porém sem diferença estatística em relação à irrigação convencional. *Conclusão:* A PUI não demonstrou maior eficiência na remoção da lama dentinária em comparação com a irrigação convencional.

**Palavras-chave:** Irrigação. Lama dentinária. Irrigação ultrassônica passiva. MEV.



## ABSTRACT

*Introduction:* The objective of this study was to evaluate, longitudinally and quantitatively by scanning electron microscope (SEM), the effectiveness of passive ultrasonic irrigation (PUI) of 17% EDTA and 1% NaOCl on smear layer removal. *Material and Methods:* The root canal preparation of 32 human teeth was performed with Protaper system until F4. The teeth were cleaved and dentin surface was analyzed by SEM in low vacuum. Images with increases of 500 and 1000x of the cervical, middle and apical thirds of predetermined areas and totally covered by smear layer were obtained. The teeth were reassembled and divided into 4 groups which received different final irrigation protocols: G1 – EDTA + NaOCl, G2 – EDTA with PUI + NaOCl, G3 – EDTA + NaOCl with PUI, G4 – EDTA + NaOCl, both with PUI. After the final irrigation, the halves of teeth were again separated and prepared for analysis of the dentin surface in SEM on high vacuum. Images with the same increases were made from the same areas previously evaluated and a ratio between surface area of dentinal tubules opened and the total area of the image, expressed as a percentage, was obtained through Image J software. The results were submitted to the analysis of variance test (ANOVA), and Kruskal-Wallis or Bonferroni tests were used to identify differences between groups at a significance level of 5%. *Results:* The cervical third from all groups samples presented higher percentage of open dentinal tubules area, followed by the middle and the apical third respectively. Amongst the groups, the only difference statistically was observed within the cervical third, between G2 and G4, with the highest and lowest percentage, respectively. The use of PUI promoted better smear layer removal in the apical third, however without significant difference in relation to the conventional irrigation. *Conclusion:* The PUI did not show higher efficiency in smear layer removal compared with conventional irrigation.

**Keywords:** Irrigation. Smear layer. Passive ultrasonic irrigation. SEM.



## Introdução

O sucesso do tratamento endodôntico está na dependência da eliminação dos micro-organismos do sistema de canais radiculares e na prevenção de sua reinfecção. O uso de instrumentos endodônticos e de soluções irrigadoras antissépticas promove uma redução significativa na quantidade de micro-organismos presentes na cavidade pulpar (1, 2).

A ação desses instrumentos e das soluções irrigadoras nas paredes do canal radicular induz a formação de uma camada de debris em sua superfície, denominada *smear layer* ou lama dentinária, e no interior dos túbulos dentinários, denominada *smear plug*. Essa camada é composta por uma parte inorgânica representada por raspas de dentina e uma parte orgânica constituída de tecido necrótico e vital, incluindo remanescentes de processos odontoblásticos, tecido pulpar e bactérias. (3, 4).

A remoção da lama dentinária vem sendo indicada pois pode trazer efeitos deletérios ao tratamento endodôntico. A presença de bactérias e seus subprodutos e restos necróticos em sua composição compromete o processo de desinfecção (3, 5). Além disso, a lama diminui a permeabilidade da dentina, o que dificulta a difusão de agentes antimicrobianos, como as soluções irrigadoras e a medicação intracanal (4, 6–8), e também a penetração dos cimentos endodônticos, agindo como uma barreira entre os materiais obturadores e as paredes do canal, comprometendo o selamento proporcionado pela obturação, tornando possível a reinfecção (4, 9–12).

Dentre as soluções irrigadoras utilizadas para esse fim, o uso alternado do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para remoção da parte inorgânica e do hipoclorito de sódio (NaOCl) para remoção da parte orgânica tem sido o mais indicado (13–16).

O método mais utilizado para a irrigação é por meio de seringa e agulha. Porém, estudos têm demonstrado que a remoção da lama dentinária e debris é incompleta com esta técnica, principalmente na região apical (15, 17). Para exercerem sua ação, as soluções devem entrar em contato com as paredes do canal radicular (18, 19). Estudos têm demonstrado que a ativação ultrassônica das soluções favorece sua penetração na região apical e em áreas de difícil acesso, promovendo uma melhor remoção da lama dentinária na região apical e de debris em regiões de istmos (21–25).

A irrigação ultrassônica passiva (*Passive Ultrasonic Irrigation* - PUI) consiste na ativação ultrassônica de um instrumento endodôntico convencional ou de um instrumento sem poder de corte, de diâmetro

inferior ao do canal preparado. O instrumento deve ter movimentação livre sem fazer contato com as paredes dentinárias, estando o canal totalmente preenchido pela solução irrigadora de escolha (22, 26). Os efeitos advindos da vibração do instrumento são a cavitação e a formação de microcorrente acústica. A cavitação é o fenômeno da formação de bolhas que crescem até se colapsarem (implodirem), liberando grande energia. A microcorrente acústica se forma pela rápida movimentação da solução ao redor do instrumento, fazendo com que a solução se choque contra as paredes do canal radicular (20). Tais efeitos têm sido apontados como responsáveis pelos melhores resultados proporcionados pela PUI (24).

Entretanto, não existe um protocolo de uso da PUI bem estabelecido, principalmente em relação à quantidade, ao tempo de uso e à escolha da solução irrigadora a ser ativada (21, 23, 24, 27–32).

Ademais, a literatura apresenta ainda um grande número de trabalhos publicados sobre remoção da lama dentinária, geralmente utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV), cuja metodologia vem sendo criticada (33).

Nesses estudos a análise da superfície dentinária é realizada somente após a irrigação final, o que pode induzir a erros de interpretação. Outros trabalhos mostraram que 35 a 75% das paredes do canal podem permanecer intocadas pelos instrumentos endodônticos após o preparo (34, 35). Dessa forma, poderia estar-se avaliando uma área naturalmente livre de lama devido à ausência de uma análise prévia dessa superfície.

Além disso, a análise qualitativa por meio de escores vem sendo o método mais empregado para obtenção dos resultados. Por ser observador-dependente e, portanto, subjetiva, pode estar também sujeita a viés (33).

Diante do exposto, se faz necessário estabelecer protocolos de irrigação final com o uso da PUI, com o objetivo de potencializar a remoção da lama dentinária e desenvolver metodologias que contemplem uma avaliação longitudinal e quantitativa dos resultados.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar longitudinal e quantitativamente, por meio de MEV, a eficácia da PUI das soluções de EDTA 17% e NaOCl 1% na remoção da lama dentinária.

## **Material e Métodos**

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa



Catarina (número 507.309, ANEXO).

Foram utilizados 32 pré-molares humanos superiores e inferiores, unirradiculados, com raízes retas e completamente formadas.

Após o acesso ao canal radicular, o comprimento do dente (CD) foi obtido pela introdução de uma lima K #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) no canal até a visualização de sua ponta no forame apical. O comprimento de trabalho (CT) foi obtido subtraindo 1 mm do CD.

A região apical de cada dente foi recoberta com silicona de condensação pesada (Zetaplus, Zhermack, Badia Polesine, Itália) a fim de evitar o extravasamento das soluções irrigadoras e simular a condição anatômica promovida pelos tecidos periapicais.

O preparo dos canais radiculares foi realizado pelo mesmo operador com instrumentos rotatórios de níquel-titânio ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) até a lima F4. A cada troca de instrumento os canais foram irrigados com 2 mL de NaOCl 1% (Asfer, São Caetano do Sul, SP, Brasil) empregando uma seringa de 5cc (Ultradent Products Inc., South Jordan, Utah, USA) e ponta NaviTip 30 G (Ultradent Products Inc., South Jordan, Utah, USA) calibrada a 2 mm do CT, com movimentos de vai-e-vem de amplitude de 2 a 3 mm. Ao mesmo tempo a aspiração foi realizada com cânula suctora metálica. A patência apical foi mantida a cada troca de instrumento através da introdução de uma lima K # 10 até o forame apical. Ao fim do preparo, os canais foram irrigados com 3 mL de água destilada e secos com pontas de papel absorvente (Cell Pack, Dentsply, York, PA, EUA).

Um cone de guta-percha ProTaper Universal F4 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi introduzido no canal e foram realizadas canaletas nas faces vestibular e lingual de cada dente. Por meio de discos diamantados de dupla face com 22 mm de diâmetro e 0,1 mm de espessura (ref. 7020, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) montados em baixa rotação o desgaste foi realizado até que fosse notado, por transparência, o cone de guta-percha, evitando assim uma invasão acidental e contaminação do canal por debris. Uma bolinha de algodão foi colocada na câmara pulpar também com o intuito de evitar a entrada de debris. A limpeza das canaletas foi realizada com spray ar/água.

Em seguida, os dentes foram clivados com auxílio de um cinzel e uma das metades foi selecionada para avaliação no MEV. Nessa metade, três marcações externas ao canal radicular e perpendiculares ao seu longo eixo foram feitas com caneta de ponta fina, de modo a dividi-la em três terços (cervical, médio e apical) de mesmo comprimento. As marcações serviram de referência para a execução de três canaletas na

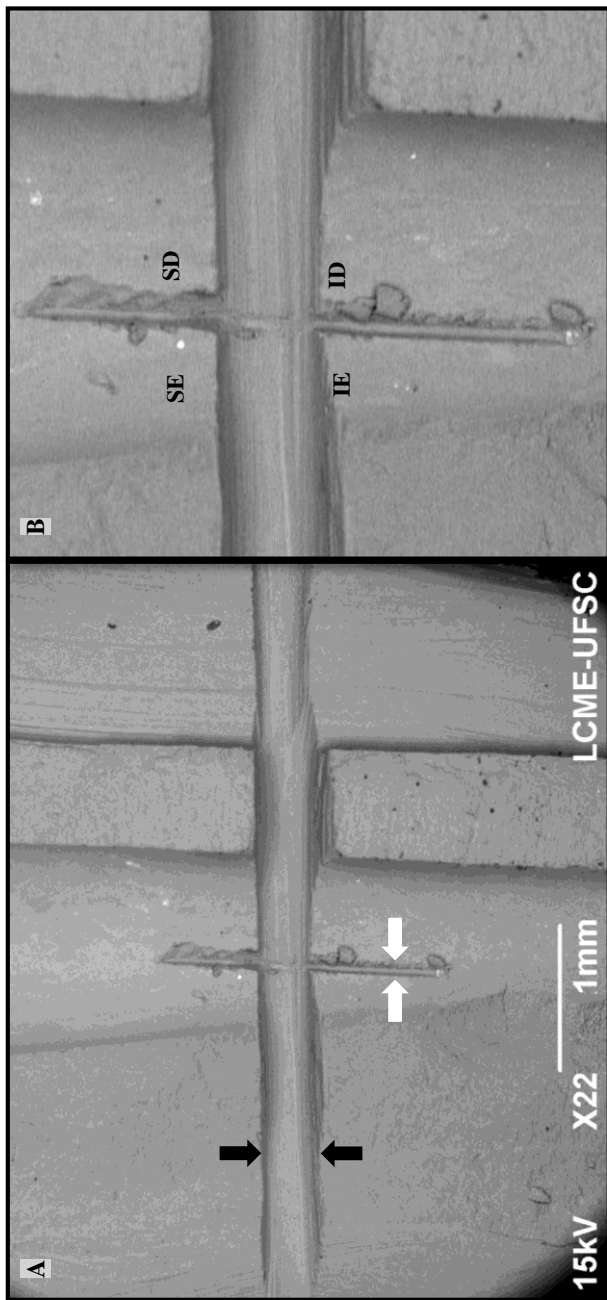
parede do canal, delimitando os terços de forma definitiva. As canaletas foram criadas por meio de microdiscos diamantados de dupla face com 7 mm de diâmetro e 0,1 mm de espessura (ref. 7043, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) montados em baixa rotação, com profundidade mínima, mas suficiente para visualização no MEV. Com o mesmo objetivo, uma lâmina de bisturi nº 11 foi empregada para fazer uma nova marcação, de aproximadamente 5 mm de comprimento, no sentido do longo eixo do dente, sobre as canaletas axiais. Um jato de ar foi aplicado sobre as marcações para remoção dos debrís formados. Isso possibilitou a visualização de uma imagem semelhante a uma cruz no centro da parede do canal radicular de cada um dos terços (Figura 1A).

Depois de mantidas em estufa a 37° por 48 h, as amostras foram colocadas em um dessecador a vácuo contendo sílica pelo mesmo período, a fim de eliminar toda a umidade.

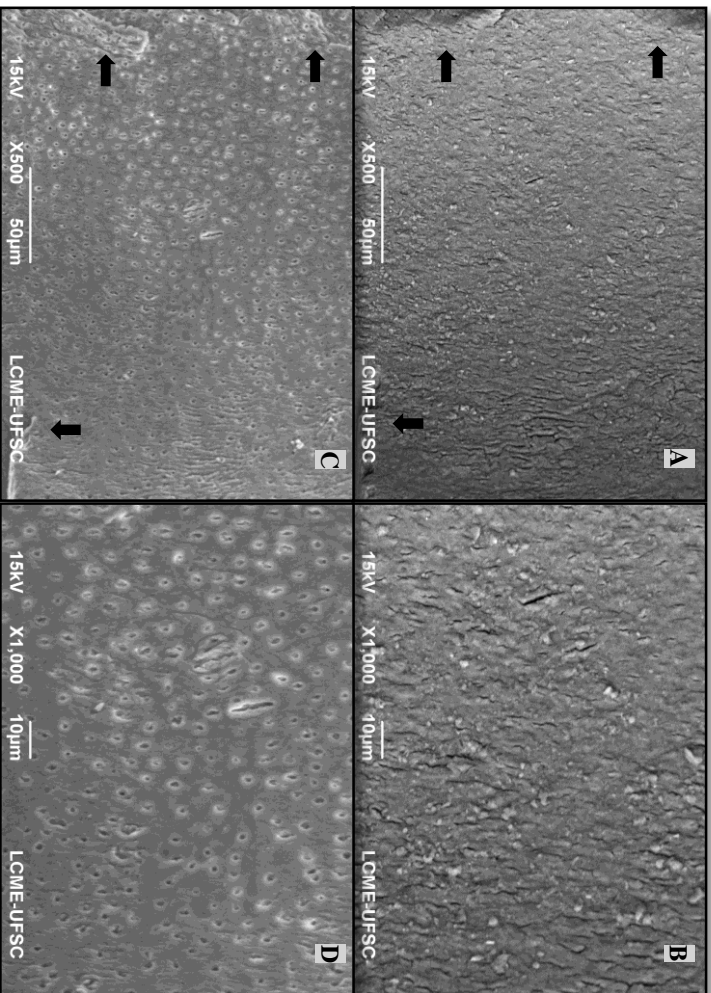
As amostras não receberam qualquer tipo de recobrimento ou preparo adicional e foram levadas para avaliação em um MEV com opção de operação em baixo vácuo (JCM-6390LV, Jeol, Peabody, MA, EUA).

Primeiramente, foram localizadas as marcações em forma de cruz, que delimitaram quatro áreas: superior esquerda, superior direita, inferior esquerda e inferior direita (Figura 1B). Foi escolhida a área mais bem definida, de fácil visualização e que estivesse totalmente recoberta por lama dentinária em cada um dos terços. Essa área foi anotada para que após a irrigação final pudesse ser reavaliada. Após a seleção da área de avaliação de cada terço, uma primeira imagem foi obtida com aumento de 500x, de tal forma que suas bordas coincidisse com os limites das marcações (Figura 2A). Em seguida, uma nova imagem foi obtida com aumento de 1000x sem alterar a posição da amostra no MEV (Figura 2B). No total foram adquiridas 6 imagens por amostra, sendo duas imagens por terço. Essas imagens iniciais foram utilizadas para avaliar a condição das paredes do canal radicular antes da irrigação final.

A seguir, as metades de cada dente foram reaproximadas e encaixadas, e as canaletas criadas anteriormente para a clivagem foram preenchidas com resina (Topdam, FGM, Joinville, SC, Brasil) de forma a estabilizar as partes. O dente, agora remontado, foi inserido até sua região cervical em um recipiente plástico contendo silicona de condensação pesada (Zetaplus, Zhermack, Badia Polesine, Itália) com o intuito de aumentar a estabilidade e evitar o extravasamento das soluções empregadas nos protocolos de irrigação final.



**Figura 1.** A) Marcações para determinação da área de avaliação. Setas pretas: canaleta perpendicular ao longo eixo do canal radicular feita com disco diamantado. Setas brancas: marcação com lâmina de bisturi no sentido do longo eixo do canal. B) “Cruz” no centro da parede do canal. SE: área superior esquerda; SD: superior direita; IE: inferior esquerda; ID: inferior direita.



**Figura 2.** **A)** Imagem obtida após o preparo do canal radicular evidenciando a lama dentinária formada (500x). As setas indicam as marcações feitas na parede do canal radicular. **B)** Imagem da lama com aumento de 1000x. **C)** Imagem realizada após a irrigação final. Notar as marcações (setas) que possibilitaram reavaliar a mesma área da imagem A (500x). **D)** Aumento de 1000x evidenciando o efeito da irrigação final.

Os 32 dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos (n = 8) de acordo com o protocolo de irrigação final empregado (Tabela 1):

**Grupo 1 (Convencional):** Os canais foram irrigados com 3 mL de solução de EDTA 17% (Merck, Darmstadt, Alemanha) por 3 min, seguidos de 3 mL de solução de NaOCl 1% por 3 min.

**Grupo 2 (PUI EDTA):** Irrigação com 1,5 mL de EDTA 17% por 1 min, PUI por 1 min e irrigação com 1,5 mL de EDTA 17% por 1 min. A seguir, irrigação com 3 mL de NaOCl 1% por 3 min.

**Grupo 3 (PUI NaOCl):** Irrigação com 3 mL de EDTA 17% por 3 min, seguidos por irrigação com 1,5 mL de NaOCl 1% por 1 min, PUI por 1 min, e irrigação com 1,5 mL de NaOCl 1% por 1 min.

**Grupo 4 (PUI EDTA+ PUI NaOCl):** Irrigação com 1,5 mL de EDTA 17% por 1 min, PUI por 1 min e irrigação com 1,5 mL de EDTA 17% por 1 min. A seguir irrigação com 1,5 mL de NaOCl 1% por 1 min, PUI por 1 min, e irrigação com 1,5 mL de NaOCl 1% por 1 min.

Todos os canais foram irrigados com a mesma técnica empregada durante o preparo químico-mecânico. A PUI foi realizada com o uso de uma ponta específica, sem poder de corte, com diâmetro apical #20, taper .01 (Irrisonic E1, Helse, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) posicionada 1 mm aquém do CT, ativada por ultrassom (JetSonic, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) na potência de 20% indicada pelo fabricante, evitando o contato com as paredes do canal radicular.

Os canais de todos os grupos receberam 3 mL de EDTA por 3 minutos e 3 mL de NaOCl por 3 minutos.

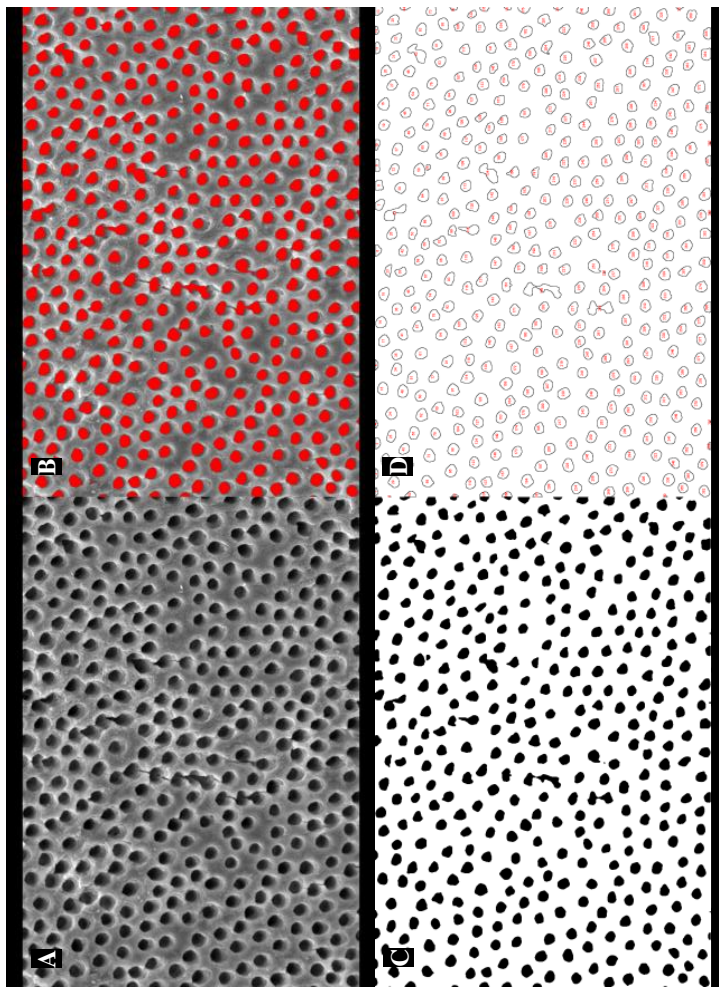
Ao final do procedimento, os canais foram irrigados com 3 mL de água destilada com a finalidade de remover possíveis resíduos das soluções. Em seguida, foram secos por meio de aspiração com cânula suctora e pontas de papel absorvente.

O dente foi separado novamente, e as metades que constituíram a amostra passaram pelo processo de secagem, receberam recobrimento com ouro, e foram analisadas em MEV convencional (alto vácuo). Novas imagens foram obtidas das mesmas áreas previamente selecionadas e fotografadas, seguindo a metodologia anteriormente descrita (Figura 2C e 2D). As imagens com aumentos de 1000x, realizadas após os protocolos de irrigação final, foram avaliadas por meio do software Image J versão 1.47 (domínio público) que, por meio de filtros de imagem e ferramentas disponíveis, permitiu a identificação e a expressão do percentual de túbulos dentinários abertos em relação à área total da imagem avaliada (Figuras 3 e 4).

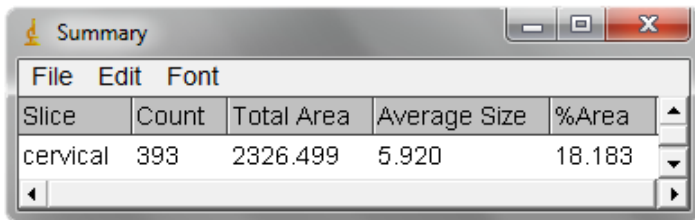
**Tabela 1.** Grupos experimentais e protocolos de irrigação

GRUPOS	EDTA 17%					NaOCl 1%				
	v	t	tPUI	v	t	v	t	tPUI	v	t
<b>1 - Convencional</b>	3	3	-	-	-	3	3	-	-	-
<b>2 - PUI EDTA</b>	1,5	1	1	1,5	1	3	3	-	-	-
<b>3 - PUI NaOCl</b>	3	3	-	-	-	1,5	1	1	1,5	1
<b>4 - PUI EDTA + PUI NaOCl</b>	1,5	1	1	1,5	1	1,5	1	1	1,5	1

v: volume da solução; t: tempo de aplicação; tPUI: tempo de aplicação da *PUI*.



**Figura 3.** Sequência do processamento da imagem pelo software Image J. **A)** Imagem original; **B)** Identificação dos túbulos dentinários abertos (em vermelho); **C)** Áreas escuras correspondentes aos túbulos dentinários; **D)** Imagem final do processamento, com a delimitação dos túbulos.



Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area
cervical	393	2326.499	5.920	18.183

**Figura 4.** Janela dos resultados obtidos com o processamento da imagem da Figura 3. Count: Número de túbulos dentinários; Total Area: Soma da área dos túbulos ( $\mu\text{m}^2$ ); Average Size: Média da área dos túbulos ( $\mu\text{m}^2$ ); %Area: Porcentagem de área dos túbulos em relação à área de toda a imagem.

Os resultados obtidos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) para verificar a presença de possíveis diferenças entre os grupos e aos testes de Kruskal-Wallis ou de Bonferroni para identificá-las. O nível de significância adotado foi de 5%.

## Resultados

Os percentuais médios e desvios-padrão da área de túbulos dentinários abertos em relação à área total da imagem estão expressos na Tabela 2.

Em todos os grupos, o maior percentual de área de túbulos dentinários abertos foi encontrado no terço cervical, seguido pelo terço médio e o apical.

Quando comparados por terços, os resultados dos diferentes grupos foram similares ( $p > 0,05$ ), exceto para o terço cervical ( $p < 0,001$ ), no qual um maior percentual de área de túbulos abertos foi observado nas amostras do grupo 2 em relação ao grupo 4 (Kruskal-Wallis,  $p = 0,02$ ).

Quando a média do percentual da área túbulos abertos em todos os terços de todos os grupos foi comparada, novamente foi observada uma diferença significante (ANOVA,  $p < 0,001$ ) somente entre os grupos 2 e 4 (Bonferroni,  $p = 0,018$ ).

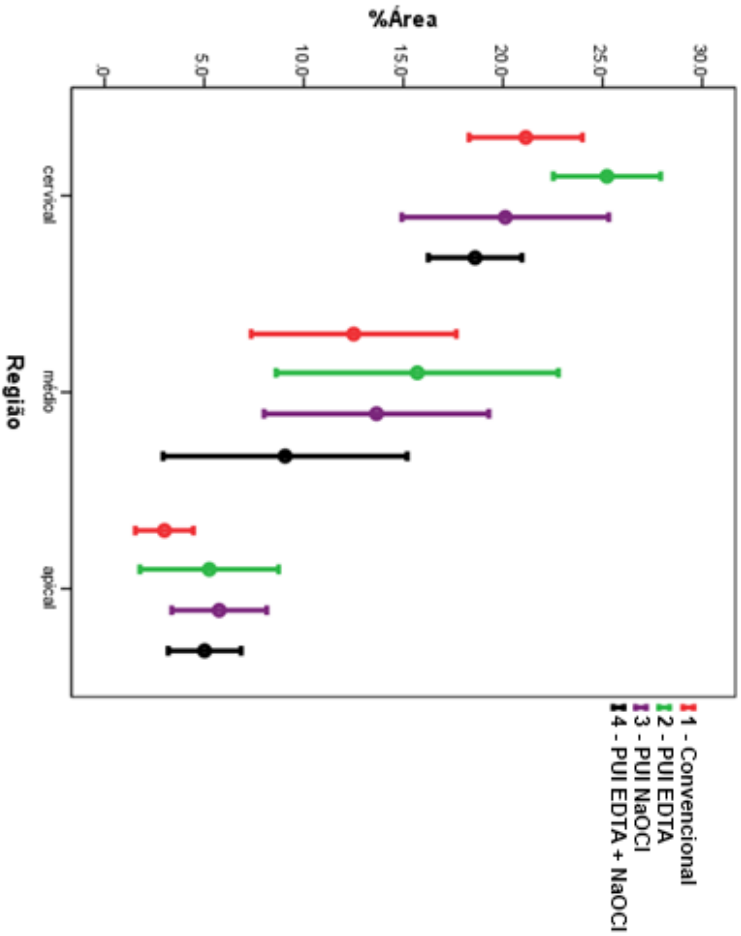
Na Figura 5 pode-se observar perfis médios da porcentagem de área de túbulos dentinários abertos em relação a área total da imagem.



**Tabela 2.** Percentuais médios (M) e desvios-padrão (DP) da área de túbulos dentinários abertos em relação a área total da imagem de acordo com os grupos e terços do canal.

<b>GRUPOS</b>	<b>Apical</b>		<b>Médio</b>		<b>Cervical</b>		<b>Total</b>	
	<b>M</b>	<b>DP</b>	<b>M</b>	<b>DP</b>	<b>M</b>	<b>DP</b>	<b>M</b>	<b>DP</b>
<b>1 - Convencional</b>	3,00	1,75	12,51	6,16	21,14	3,40	<b>12,22</b>	<b>8,56</b>
<b>2 - PUI EDTA</b>	5,26	4,17	15,70	8,48	25,22*	3,23	<b>15,39*</b>	<b>9,98</b>
<b>3 - PUI NaOCl</b>	5,76	2,86	13,65	6,75	20,12	6,21	<b>13,17</b>	<b>8,01</b>
<b>4 - PUI EDTA + PUI NaOCl</b>	5,02	2,19	9,06	7,33	18,60*	2,81	<b>10,90*</b>	<b>7,35</b>
<b>Total</b>	<b>4,76</b>	<b>2,94</b>	<b>12,73</b>	<b>7,29</b>	<b>21,27</b>	<b>4,66</b>	<b>12,92</b>	<b>8,56</b>

\* Valores com diferença estatisticamente significante ( $p < 0,05$ ).



**Figura 5.** Gráfico de pontos médios da porcentagem de área de túbulos dentinários abertos em relação à área total da imagem nos terços cervical, médio e apical (intervalo de confiança de 95%).

## Discussão

Embora o emprego da PUI seja considerado importante na remoção da lama dentinária (28–30), não existe um protocolo definido que oriente a quantidade de solução irrigadora, o tempo de trabalho e a escolha da solução a ser ativada. Além disso, a metodologia empregada na maioria dos estudos de remoção da lama tem sido questionada (33). Buscando desenvolver protocolos de irrigação final com o uso da PUI e metodologia que contemple uma avaliação longitudinal e quantitativa dos resultados, este estudo foi desenvolvido para avaliar longitudinal e quantitativamente por meio de MEV, a eficácia da PUI sobre a remoção da lama dentinária dos terços cervical, médio e apical do canal radicular.

Procurando reproduzir as condições clínicas, um sistema fechado foi criado através da inserção dos dentes em silicón de condensação, a fim de evitar o extravasamento das soluções irrigadoras pelo forame apical, simulando as condições apresentadas *in vivo*, como a presença dos tecidos periapicais e o possível aprisionamento de bolhas de ar na região apical que pode dificultar a penetração das soluções nesta região (36).

Para garantir um espaço que permitisse um fluxo adequado das soluções irrigadoras até o comprimento de trabalho, o preparo do canal foi realizado até a lima ProTaper F4, de diâmetro apical # 40 (37).

Neste estudo utilizamos as soluções de EDTA 17% e NaOCl 1% que têm-se mostrado efetivas na remoção do componente inorgânico e orgânico da lama dentinária, respectivamente (16, 38). O tempo de contato de cada uma das soluções com as paredes do canal radicular foi de 3 minutos. Em 2005, Teixeira *et al.* (16) compararam o tempo de uso da solução de EDTA 17% seguida por NaOCl 1% e concluíram que 3 e 5 minutos foram mais eficientes que 1 minuto na remoção da lama dentinária da região apical.

Técnicas que promovam a ativação das soluções irrigadoras têm sido indicadas por permitirem melhor dispersão e penetração das soluções, o que potencializa seus efeitos (17). Dentre elas, a PUI vem sendo alvo de diversos estudos (20-32). O termo PUI é considerado inadequado por alguns pesquisadores, pois é praticamente impossível impedir que o instrumento, quando ativado ultrassonicamente, toque nas paredes do canal. O termo é usado para diferenciar do preparo ultrassônico do canal radicular, cujo objetivo é o corte ou desgaste das paredes dentinárias (24). Neste estudo foi utilizada uma ponta lisa, sem poder de corte, de diâmetro apical correspondente ao instrumento # 20 a fim de se evitar alterações morfológicas indesejadas nas paredes do canal já preparado (39).

Nos estudos que utilizam a PUI com o EDTA seguido pelo NaOCl para remoção da lama dentinária não há consenso sobre a solução que deve ser ativada ultrassonicamente, se somente o EDTA (28, 40) ou somente o NaOCl (41), ou ambas (29–31, 42–44). Ademais, não existe a comparação do efeito da PUI em cada solução separadamente e nas duas em conjunto num mesmo estudo, como foi realizado neste trabalho.

Da mesma forma, em relação ao tempo de ativação da PUI, variações de 20 segundos a 5 minutos são encontradas em estudos de remoção de lama dentinária e debris (21, 45–51). O tempo de ativação utilizado neste estudo foi de 1 minuto, por ser suficiente para remoção da lama dentinária da região apical (30). Esse mesmo tempo foi utilizado na maioria dos estudos que utilizaram a PUI (28, 29, 31, 40–44).

A maioria dos trabalhos sobre remoção de lama dentinária são realizados por meio de MEV convencional, ou seja, necessitam de amostras metalizadas e alto vácuo para permitir a visualização da área a ser avaliada. Este tipo de análise permite apenas a obtenção de imagens em um único momento do estudo, obviamente realizadas após a irrigação final, já que a amostra uma vez metalizada não é passível de novas intervenções. Este modelo de estudo vem sendo criticado por não permitir uma avaliação longitudinal. Áreas do canal radicular não tocadas pela instrumentação poderiam estar sendo avaliadas e induzindo os pesquisadores ao erro, por atribuir valores máximos de limpeza à áreas previamente livres de lama dentinária (33).

O MEV utilizado neste experimento possibilita a operação em baixo vácuo. Isso permite a observação de amostras que não podem ser avaliadas em alto vácuo devido à quantidade excessiva de água presente, ou por apresentarem superfície não condutiva ou ainda por não serem passíveis de recobrimento metálico. Um estudo piloto foi conduzido para verificar a possibilidade de identificar a presença ou ausência de lama dentinária em amostras sem recobrimento, com a formação da imagem a partir de elétrons retroespalhados, e o resultado foi satisfatório.

Neste estudo foi realizada a avaliação da superfície dentinária após o preparo do canal radicular e após os protocolos de irrigação final. Porém, num futuro trabalho, pode-se utilizar a mesma metodologia para avaliar as condições das paredes do canal também antes do preparo e, ainda, o efeito de cada solução separadamente.

Embora não fosse indispensável, neste estudo optamos por metalizar as amostras após a irrigação final e utilizar o MEV em alto vácuo, por

possibilitar o uso dos elétrons secundários, que propicia uma imagem com melhor definição.

A análise qualitativa, por meio de escores, é a mais empregada nas pesquisas sobre a remoção da lama dentinária (29–31, 40, 42– 44, 52–54). A fim de evitar o viés do observador e permitir uma análise quantitativa, a avaliação automatizada por meio de softwares tem sido recomendada (55–58). Esse tipo de análise permite a identificação do número e da área correspondente aos túbulos dentinários abertos. A identificação se dá por meio de diferenças nos tons de cinza apresentados pela imagem, onde normalmente o túbulo dentinário apresenta-se mais escuro. Imagens que apresentem ruídos, irregularidades acentuadas na superfície e até mesmo muitos detalhes dentro dos túbulos, tornam mais difíceis as identificações dos seus limites, conforme já descritos em outros trabalhos (33, 59), sendo uma limitação a ser superada.

Em relação aos resultados, nas amostras de todos os grupos foram observados maiores valores de área de túbulos dentinários abertos no terço cervical, seguido pelos terços médio e o apical. Esse resultado já era esperado, uma vez que o número e a área de superfície dos túbulos diminui em direção apical (60–62).

Na comparação entre os grupos, houve diferença estatística somente no terço cervical, entre o grupo PUI EDTA e o grupo PUI EDTA + PUI NaOCl.

A maior parte da lama dentinária é composta por raspas de dentina provenientes do preparo do canal radicular (63, 64). O EDTA promove a descalcificação da parte inorgânica da lama (15, 38, 65), sendo considerado essencial para sua remoção (40). Por este motivo, era de se esperar que os grupos que tiveram o EDTA ativado ultrassonicamente apresentassem os melhores resultados. Entretanto, quando comparados por terços, os resultados dos diferentes grupos foram similares, exceto para o terço cervical, no qual um maior percentual de área de túbulos abertos foi observado nas amostras do grupo PUI EDTA em relação ao grupo PUI EDTA + PUI NaOCl, que apresentou o menor valor entre os grupos.

Um motivo que pode explicar esse resultado é que um maior número de amostras apresentando erosão dentinária nos terços cervical e médio foi observado no grupo PUI EDTA + PUI NaOCl. Niu *et al.*, em 2002 (66) demonstraram que ocorre erosão dentinária quando o NaOCl é aplicado após o EDTA. Em vista disso, alguns autores contraindicam a aplicação do NaOCl após o uso dos quelantes (15). Ademais, Calt e Serper, em 2002 (67), afirmaram que para evitar sua ocorrência, que poderia acarretar

alterações físico-químicas danosas à dentina, o EDTA não deve permanecer por mais de 1 minuto em contato com as paredes do canal radicular. Neste trabalho, o tempo de uso tanto do EDTA quanto do NaOCl foi de 3 minutos. Além disso, o grupo PUI EDTA + PUI NaOCl teve um tempo de ativação ultrassônica maior que os outros grupos (1 minuto EDTA + 1 minuto NaOCl), e a ativação ultrassônica do NaOCl pode ter contribuído para que a erosão dentinária ocorresse. A superfície dentinária erodida apresentou irregularidades acentuadas em sua superfície, e tornou mais difícil a identificação dos túbulos dentinários pelo software, uma vez que ele trabalha com as diferenças nos tons de cinza da imagem.

Apesar de não ter sido identificada diferença significativa na região apical dos diferentes grupos, nas amostras em que a PUI foi utilizada os percentuais de área de túbulos dentinários abertos foram maiores do que nas do grupo convencional. Este achado corrobora com os resultados de outros estudos onde a utilização da PUI promoveu uma melhor remoção da lama dentinária (28–30, 32, 42).

Embora não tenha havido diferença em relação a irrigação convencional, os protocolos que utilizaram a PUI foram efetivos.

A partir dos resultados podemos concluir que a PUI, nos protocolos estabelecidos neste trabalho, não demonstrou maior eficiência na remoção da lama dentinária em comparação com a irrigação convencional.

## **Agradecimento**

Pesquisa realizada com o apoio do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina (LCME-UFSC).

## **Referências**

1. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*. 1981;89(4):321-8.
2. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1983;55(3):307-12.

3. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1(7):238-42.
4. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477-83.
5. Pashley DH. Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88 Suppl 1:215-24.
6. Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod.* 1977;3(3):101-5.
7. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod.* 1979;5(9):258-65.
8. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod.* 1983;9(4):137-42.
9. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984;10(12):558-62.
10. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987;20(5):228-32.
11. Foster KH, Kulild JC, Weller RN. Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. *J Endod.* 1993;19(3):136-40.
12. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2007;33(2):96-105.
13. Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1979;5(11):328-35.
14. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod.* 1982;8(11):487-92.

15. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291-312.
16. Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 2005;38(5):285-90.
17. Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas.* 2010;31(12):R49-84.
18. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod.* 1978;4(5):140-6.
19. Abou-rass, M; Piccinino, MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;54(3):323-8.
20. Martin H, Cunningham W. Endosonics--the ultrasonic synergistic system of endodontics. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1(6):201-6.
21. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1983;9(7):289-92.
22. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13(10):490-9.
23. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007;33(2):81-95.
24. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-26.
25. Jiang LM, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod.* 2012;38(6):838-41.
26. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *J Endod.* 1992;18(12):616-9.
27. Burlison A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 2007;33(7):782-7.



28. Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *J Endod.* 2007;33(4):472-5.
29. Goel S, Tewari S. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(3):465-70.
30. Kuah HG, Lui JN, Tseng PS, Chen NN. The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. *J Endod.* 2009;35(3):393-6.
31. Kanter V, Weldon E, Nair U, Varella C, Kanter K, Anusavice K, et al. A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(6):809-13.
32. Kocani F, Kamberi B, Dragusha E. Manual sonic-air and ultrasonic instrumentation of root canal and irrigation with 5.25% sodium hypochlorite and 17% Ethylenediaminetetraacetic acid: A scanning electron microscope study. *J Conserv Dent.* 2012;15(2):118-22.
33. De-Deus G, Reis C, Paciornik S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(4):531-43.
34. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.
35. Paque F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2005;38(7):456-64.
36. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010;36(4):745-50.
37. de Gregorio C, Arias A, Navarrete N, Del Rio V, Oltra E, Cohenca N. Effect of apical size and taper on volume of irrigant delivered at working length with apical negative pressure at different root curvatures. *J Endod.* 2013;39(1):119-24.
38. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.

39. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2005;38(9):593-6.
40. Chopra S, Murray PE, Namerow KN. A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of the F-file versus ultrasonic activation of a K-file to remove smear layer. *J Endod.* 2008;34(10):1243-5.
41. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod.* 2013;39(11):1456-60.
42. Blank-Goncalves LM, Nabeshima CK, Martins GH, Machado ME. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *J Endod.* 2011;37(9):1268-71.
43. Ribeiro EM, Silva-Sousa YT, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD, Lorencetti KT, Silva SR. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microsc Res Tech.* 2012;75(6):781-90.
44. Rodig T, Dollmann S, Konietzschke F, Drebenstedt S, Hulsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod.* 2010;36(12):1983-7.
45. Brannstrom M, Nyborg H. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *J Prosthet Dent.* 1973;30(3):303-10.
46. Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod.* 1987;13(11):541-5.
47. Alacam T. Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J.* 1987;20(6):287-
48. Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1998;31(4):242-50.

49. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 2003;29(10):674-8.
50. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J.* 2005;38(10):764-8.
51. Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J.* 2006;32(3):123-8.
52. Dadresanfar B, Khalilak Z, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Vatanpour M, Pourassadollah M. Effect of ultrasonication with EDTA or MTAD on smear layer, debris and erosion scores. *J Oral Sci.* 2011;53(1):31-6.
53. Saber Sel D, Hashem AA. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod.* 2011;37(9):1272-5.
54. Castagna F, Rizzon P, da Rosa RA, Santini MF, Barreto MS, Hungaro Duarte MA, et al. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal-a sem analysis. *Microsc Res Tech.* 2013;76(5):496-502.
55. Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol L-1 citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J.* 2000;33(1):46-52.
56. George R, Rutley EB, Walsh LJ. Evaluation of smear layer: a comparison of automated image analysis versus expert observers. *J Endod.* 2008;34(8):999-1002.
57. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod.* 2011;37(10):1437-41.
58. Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J.* 2012;45(10):898-906.
59. Reis C, De-Deus G, Leal F, Azevedo E, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: an

assessment with co-site optical microscopy and ESEM. *Dent Mater.* 2008;24(12):1608-15.

60. Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *J Endod.* 1984;10(8):359-63.

61. Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001;34(5):346-53.

62. Mjor IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 1996;41(5):401-12.

63. Lester KS, Boyde A. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J.* 1977;143(11):359-67.

94.

64. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981;52(2):197-204.

65. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003;36(12):810-30.

66. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J.* 2002;35(11):934-9.

67. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28(1):17-9.

## REFERÊNCIAS

ABOU-RASS, M.; PICCININO, M. V. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 54, n. 3, p. 323-8, Sep 1982.

AHMAD, M.; PITT FORD, T. J.; CRUM, L. A. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. **J Endod**, v. 13, n. 10, p. 490-9, Oct 1987.

AL-ALI, M.; SATHORN, C.; PARASHOS, P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. **Int Endod J**, v. 45, n. 10, p. 898-906, Oct 2012. ISSN 1365-2591 (Electronic) 0143-2885 (Linking).

ANDRABI, S. M. et al. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. **J Investig Clin Dent**, Apr 17 2013. ISSN 2041-1626 (Electronic) 2041-1618 (Linking).

BAUMGARTNER, J. C.; MADER, C. L. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. **J Endod**, v. 13, n. 4, p. 147-57, Apr 1987.

BERNARDES, R. A. et al. Evaluation of apical cavity preparation with a new type of ultrasonic diamond tip. **J Endod**, v. 33, n. 4, p. 484-7, Apr 2007.

BLANK-GONCALVES, L. M. et al. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. **J Endod**, v. 37, n. 9, p. 1268-71, Sep 2011.

BRONNEC, F.; BOUILLAGUET, S.; MACHTOU, P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. **Int Endod J**, v. 43, n. 8, p. 663-72, Aug 2010.

BURLESON, A. et al. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. **J Endod**, v. 33, n.

7, p. 782-7, Jul 2007.

BYSTROM, A.; SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. **Scand J Dent Res**, v. 89, n. 4, p. 321-8, Aug 1981.

BYSTROM, A.; SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 55, n. 3, p. 307-12, Mar 1983

CAMERON, J. A. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. **J Endod**, v. 8, n. 10, p. 472-4, Oct 1982.

CAMERON, J. A. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. **J Endod**, v. 9, n. 7, p. 289-92, Jul 1983.

CASTELO-BAZ, P. et al. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. **J Endod**, v. 38, n. 5, p. 688-91, May 2012.

CENGIZ, T.; AKTENER, B. O.; PISKIN, B. Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. **Int Endod J**, v. 23, n. 3, p. 163-71, May 1990.

CERGNEUX, M. et al. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. **Int Endod J**, v. 20, n. 5, p. 228-32, Sep 1987.

CHOW, T. W. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. **J Endod**, v. 9, n. 11, p. 475-9, Nov 1983.

CUNNINGHAM, W. T.; MARTIN, H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 53, n. 5, p. 527-31, May 1982.

DE GREGORIO, C. et al. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral

canals and up to working length: an in vitro study. **J Endod**, v. 36, n. 7, p. 1216-21, Jul 2010.

DE GREGORIO, C. et al. Efficacy of irrigation systems on penetration of sodium hypochlorite to working length and to simulated uninstrumented areas in oval shaped root canals. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 475-81, May 2012.

DE GROOT, S. D. et al. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. **Int Endod J**, v. 42, n. 12, p. 1077-83, Dec 2009.

DE MOOR, R. J. et al. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. **J Endod**, v. 36, n. 9, p. 1580-3, Sep 2010.

DE PAOLIS, G. et al. Ultrasonics in endodontic surgery: a review of the literature. **Ann Stomatol (Roma)**, v. 1, n. 2, p. 6-10, Apr 2010.

DEITCH, A. K. et al. A comparison of fill density obtained by supplementing cold lateral condensation with ultrasonic condensation. **J Endod**, v. 28, n. 9, p. 665-7, Sep 2002.

DELEU, E.; MEIRE, M. A.; DE MOOR, R. J. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. **Lasers Med Sci**, Oct 5 2013.

DIXON, E. B. et al. Comparison of two ultrasonic instruments for post removal. **J Endod**, v. 28, n. 2, p. 111-5, Feb 2002.

DOMINICI, J. T. et al. Analysis of heat generation using ultrasonic vibration for post removal. **J Endod**, v. 31, n. 4, p. 301-3, Apr 2005.

FOSTER, K. H.; KULILD, J. C.; WELLER, R. N. Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. **J Endod**, v. 19, n. 3, p. 136-40, Mar 1993.

GARIP, Y. et al. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol**

**Endod**, v. 110, n. 2, p. e62-6, Aug 2010.

GOEL, S.; TEWARI, S. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 108, n. 3, p. 465-70, Sep 2009.

GOLDBERG, F.; ABRAMOVICH, A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. **J Endod**, v. 3, n. 3, p. 101-5, Mar 1977.

GORDON, T. M.; DAMATO, D.; CHRISTNER, P. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. **J Endod**, v. 7, n. 10, p. 466-9, Oct 1981.

GU, L. S. et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **J Endod**, v. 35, n. 6, p. 791-804, Jun 2009.

GULABIVALA, K. et al. The fluid mechanics of root canal irrigation. **Physiol Meas**, v. 31, n. 12, p. R49-84, Dec 2010.

GUTARTS, R. et al. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. **J Endod**, v. 31, n. 3, p. 166-70, Mar 2005.

HAAPASALO, M. et al. Irrigation in endodontics. **Dent Clin North Am**, v. 54, n. 2, p. 291-312, Apr 2010.

HAND, R. E.; SMITH, M. L.; HARRISON, J. W. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. **J Endod**, v. 4, n. 2, p. 60-4, Feb 1978.

HULSMANN, M.; HECKENDORFF, M.; LENNON, A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. **Int Endod J**, v. 36, n. 12, p. 810-30, Dec 2003.

JENSEN, S. A. et al. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. **J Endod**, v. 25, n. 11, p. 735-8, Nov 1999.



JIANG, L. M. et al. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. **J Endod**, v. 38, n. 6, p. 838-41, Jun 2012.

KAHN, F. H.; ROSENBERG, P. A.; GLIKSBERG, J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. **J Endod**, v. 21, n. 5, p. 277-80, May 1995.

KANTER, V. et al. A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 112, n. 6, p. 809-13, Dec 2011.

KOCANI, F.; KAMBERI, B.; DRAGUSHA, E. Manual sonic-air and ultrasonic instrumentation of root canal and irrigation with 5.25% sodium hypochlorite and 17% Ethylenediaminetetraacetic acid: A scanning electron microscope study. **J Conserv Dent**, v. 15, n. 2, p. 118-22, Apr 2012.

KUAH, H. G. et al. The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. **J Endod**, v. 35, n. 3, p. 393-6, Mar 2009.

LAIRD, W. R.; WALMSLEY, A. D. Ultrasound in dentistry. Part 1--Biophysical interactions. **J Dent**, v. 19, n. 1, p. 14-7, Feb 1991.

LAWLEY, G. R. et al. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. **J Endod**, v. 30, n. 3, p. 167-72, Mar 2004.

LEE, S. J.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. **Int Endod J**, v. 37, n. 10, p. 672-8, Oct 2004.

LIN, L. M.; SKRIBNER, J. E.; GAENGLER, P. Factors associated with endodontic treatment failures. **J Endod**, v. 18, n. 12, p. 625-7, Dec 1992.

LUI, J. N.; KUAH, H. G.; CHEN, N. N. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. **J Endod**, v. 33, n. 4, p. 472-5, Apr 2007.

LUMLEY, P. J. et al. Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. **J Endod**, v. 18, n. 12, p. 616-9, Dec 1992.

MADER, C. L.; BAUMGARTNER, J. C.; PETERS, D. D. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. **J Endod**, v. 10, n. 10, p. 477-83, Oct 1984.

MALENTACCA, A. et al. Efficacy and safety of various active irrigation devices when used with either positive or negative pressure: an in vitro study. **J Endod**, v. 38, n. 12, p. 1622-6, Dec 2012.

MANCINI, M. et al. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. **J Endod**, v. 39, n. 11, p. 1456-60, Nov 2013.

MARTIN, H.; CUNNINGHAM, W. Endosonics--the ultrasonic synergistic system of endodontics. **Endod Dent Traumatol**, v. 1, n. 6, p. 201-6, Dec 1985.

MARTIN, H. et al. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 49, n. 1, p. 79-81, 1980.

MCCOMB, D.; SMITH, D. C. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. **J Endod**, v. 1, n. 7, p. 238-42, Jul 1975.

MCGILL, S. et al. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. **Int Endod J**, v. 41, n. 7, p. 602-8, Jul 2008.

MOSHONOV, J. et al. Cleaning of the root canal using Nd:YAP laser and its effect on the mineral content of the dentin. **J Clin Laser Med Surg**, v. 22, n. 2, p. 87-9, Apr 2004.

MUNOZ, H. R.; CAMACHO-CUADRA, K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. **J Endod**, v. 38, n. 4, p. 445-8, Apr 2012.

NAIR, P. N. et al. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 99, n. 2, p. 231-52, Feb 2005.

ORDINOLA-ZAPATA, R. et al. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. **Int Endod J**, Oct 9 2013.

PAQUE, F.; BARBAKOW, F.; PETERS, O. A. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. **Int Endod J**, v. 38, n. 7, p. 456-64, Jul 2005.

PARAGLIOLA, R. et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. **J Endod**, v. 36, n. 2, p. 282-5, Feb 2010.

PASHLEY, D. H. Smear layer: overview of structure and function. **Proc Finn Dent Soc**, v. 88 Suppl 1, p. 215-24, 1992.

PEETERS, H. H.; SUARDITA, K. Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. **J Endod**, v. 37, n. 11, p. 1585-9, Nov 2011.

PETERS, O. A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. **J Endod**, v. 30, n. 8, p. 559-67, Aug 2004.

PETERS, O. A. et al. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. **Int Endod J**, v. 36, n. 2, p. 86-92, Feb 2003.

PLOTINO, G. et al. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. **J Endod**, v. 33, n. 2, p. 81-95, Feb 2007.

RIBEIRO, E. M. et al. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. **Microsc Res Tech**, v. 75, n. 6, p. 781-90, Jun 2012.

RICHMAN, R. J. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. **Med Dent J**, v. 12, p. 12-18, 1957.

RODIG, T. et al. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. **J Endod**, v. 36, n. 12, p. 1983-7, Dec 2010.

ROSENFELD, E. F.; JAMES, G. A.; BURCH, B. S. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. **J Endod**, v. 4, n. 5, p. 140-6, May 1978.

RUDDLE, C. J. Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. **Dent Today**, v. 26, n. 5, p. 110, 112, 114-7, May 2007.

SABINS, R. A.; JOHNSON, J. D.; HELLSTEIN, J. W. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. **J Endod**, v. 29, n. 10, p. 674-8, Oct 2003.

SCHAFER, E.; ZAPKE, K. A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. **J Endod**, v. 26, n. 11, p. 660-4, Nov 2000.

SEN, B. H.; WESSELINK, P. R.; TURKUN, M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. **Int Endod J**, v. 28, n. 3, p. 141-8, May 1995.

SENIA, E. S.; MARSHALL, F. J.; ROSEN, S. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 31, n. 1, p. 96-103, Jan 1971.

SHAHRAVAN, A. et al. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. **J Endod**, v. 33, n. 2, p. 96-105, Feb 2007.

SJOGREN, U. et al. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. **Int**

**Endod J**, v. 30, n. 5, p. 297-306, Sep 1997.

SPOLETI, P.; SIRAGUSA, M.; SPOLETI, M. J. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. **J Endod**, v. 29, n. 1, p. 12-4, Jan 2003.

STABHOLZ, A.; SAHAR-HELFT, S.; MOSHONOV, J. Lasers in endodontics. **Dent Clin North Am**, v. 48, n. 4, p. 809-32, Oct 2004.

TAN, B. T.; MESSER, H. H. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. **J Endod**, v. 28, n. 9, p. 658-64, Sep 2002.

TAY F. R.; GU L. S.; SCHOEFFEL G. J.; WIMMER C.; SUSIN L.; ZHANG K., et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. **J Endod**, v. 36, n. 4, p. 745-50, 2010.

TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C. S; FELIPPE, W. T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. **Int Endod J**, v. 38, n. 5, p 285-90, 2005.

TOWNSEND, C.; MAKI, J. An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonic agitation in removing bacteria from a simulated root canal. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1040-3, Jul 2009.

UROZ-TORRES, D.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, M. P.; FERRER-LUQUE, C. M. Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. **J Endod**, v. 36, n. 2, p. 308-11, Feb 2010.

VAN DER SLUIS, L. W. et al. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. **Int Endod J**, v. 40, n. 6, p. 415-26, Jun 2007.

VAN DER SLUIS, L. W.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. **Int Endod J**, v. 38, n. 10, p. 764-8, Oct 2005.

VERTUCCI, F. J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. **Endod Topics**, v. 10, p. 3-29, 2005.

VIOLICH, D. R.; CHANDLER, N. P. The smear layer in endodontics - a review. **Int Endod J**, v. 43, n. 1, p. 2-15, Jan 2010.

VON DER FEHR, F.R.; NYGAARD-ÖSTBY, B. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 16, n. 2, p. 199-205, Feb 1963.

WALKER, T. L.; DEL RIO, C. E. Histological evaluation of ultrasonic and sonic instrumentation of curved root canals. **J Endod**, v. 15, n. 2, p. 49-59, Feb 1989.

WALMSLEY, A. D. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. **Int Endod J**, v. 20, n. 3, p. 105-111, May 1987.

WALMSLEY, A. D.; LAIRD, W. R.; LUMLEY, P. J. Ultrasound in dentistry. Part 2--Periodontology and endodontics. **J Dent**, v. 20, n. 1, p. 11-7, Feb 1992.

WALMSLEY, A. D.; WILLIAMS, A. R. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. **J Endod**, v. 15, n. 5, p. 189-94, May 1989.

WARD, J. R.; PARASHOS, P.; MESSER, H. H. Evaluation of an ultrasonic technique to remove fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: clinical cases. **J Endod**, v. 29, n. 11, p. 764-7, Nov 2003.

WAYMAN, B. E. et al. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. **J Endod**, v. 5, n. 9, p. 258-65, Sep 1979.

WELLER, R. N.; BRADY, J. M.; BERNIER, W. E. Efficacy of ultrasonic cleaning. **J Endod**, v. 6, n. 9, p. 740-3, Sep 1980.

WHITE, R. R.; GOLDMAN, M.; LIN, P. S. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. **J Endod**,

v. 10, n. 12, p. 558-62, Dec 1984.

WUCHENICH, G.; MEADOWS, D.; TORABINEJAD, M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. **J Endod**, v. 20, n. 6, p. 279-82, Jun 1994.

YAMADA, R. S. et al. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. **J Endod**, v. 9, n. 4, p. 137-42, Apr 1983.

YAMASHITA, J. C. et al. Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. **Int Endod J**, v. 36, n. 6, p. 391-4, Jun 2003.

ZEHNDER, M. Root canal irrigants. **J Endod**, v. 32, n. 5, p. 389-98, May 2006.

ZMENER, O.; BANEGAS, G. Clinical experience of root canal filling by ultrasonic condensation of gutta-percha. **Endod Dent Traumatol**, v. 15, n. 2, p. 57-9, Apr 1999.





## ANEXO – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE SOLUÇÕES IRRIGADORAS SOBRE A LAMA DENTINÁRIA.

**Pesquisador:** Eduardo Antunes Bortoluzzi

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 22738013.2.0000.0121

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 507.309

**Data da Relatoria:** 10/02/2014

#### Apresentação do Projeto:

A pesquisa intitulada, “EFEITO DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DE SOLUÇÕES IRRIGADORAS SOBRE A LAMA DENTINÁRIA”, como o próprio título sugere, procurará avaliar o efeito de diferentes protocolos de ativação ultrassônica de soluções irrigadoras sobre a lama dentinária de canais radiculares instrumentados contando para isto com 50 participantes de pesquisa.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Objetivo Primário:**

Avaliar, por meio de microscopia eletrônica de varredura, a eficácia da irrigação ultrassônica passiva das soluções de EDTA 17% e NaOCl 1% na remoção da lama dentinária dos canais radiculares.

**Objetivo Secundário:**

Avaliar a remoção da lama dentinária proporcionada pela irrigação final dos canais radiculares realizada: 1. pela técnica convencional com solução de EDTA 17% e NaOCl 1%; 2. pela IUP com solução de EDTA 17%, seguida pela irrigação convencional com solução de NaOCl 1%; 3. pela técnica convencional com solução de EDTA 17%, seguida pela IUP com solução de NaOCl 1%; 4. pela IUP com as soluções de EDTA 17% e NaOCl 1%.

**Endereço:** Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-900  
**UF:** SC **Município:** FLORIANÓPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-0208 **Fax:** (48)3721-9898 **E-mail:** cep@reitoria.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 507.309

**Considerações Finais a critério do CEP:**

-

FLORIANOPOLIS, 07 de Janeiro de 2014

---

Assinador por:  
Washington Portela de Souza  
(Coordenador)

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima  
Bairro: Trindade CEP: 88.040-900  
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS  
Telefone: (48)3721-9208 Fax: (48)3721-9898 E-mail: cep@reitoria.ufsc.br

Página 03 de 03

O parecer não precisa de assinaturas, pois poderá ser validado digitalmente no site <http://www.saude.gov.br/plataformabrasil>.