UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

YAHIR MUÑOZ VALENCIA

**Análise de uma nova ponta ultrassônica para agitação do irrigante
em preparos retrógrados**

BAURU
2019

YAHIR MUÑOZ VALENCIA

**Análise de uma nova ponta ultrassônica para agitação do irrigante
em preparos retrógrados**

**Assessment of a new ultrasonic tip for irrigant agitation in root-end
cavity preparations**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte

BAURU

2019

Muñoz Valencia Yahir

Análise de uma nova ponta ultrassônica para agitação do irrigante em preparos retrógrados / Yahir Muñoz Valencia. – Bauru, 2019.

90 p. : il. ; 31cm.

Dissertação de Mestrado – Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, em 17 de dezembro de 2018.

Comitê de Ética da FOB-USP
Registro **CAAE:**
94400318.2.0000.5417

FOLHA DE APROVAÇÃO

DADOS CURRICULARES

YAHIR MUÑOZ VALENCIA

03 de Novembro de 1986

Nascimento
Arequipa-Peru

Filiação

Elva Praxedes Valencia Cayetano
Liber Elias Muñoz Ribeiro

2004 -2010

Graduação na Universidade Alas Peruanas,
Arequipa, Peru.

2012-2014

Curso de Especialização em Endodontia
pelo Hospital de Reabilitação de Anomalias
Craniofaciais da Universidade de São Paulo
(HRAC/USP).

2016-2019

Curso de pós-graduação, mestrado, área de
Endodontia pela Faculdade de Odontologia de
Bauru da Universidade de São Paulo
(FOB/USP).

DEDICATÓRIA

À ***Elva Praxedes Valencia Cayetano***, a mulher, mais corajosa, forte e admirável que Deus e o Universo me deram a oportunidade de conhecer e chamá-la de mãe, quem me ensinou que por mais simples e pouco significativa que possa parecer uma tarefa, tem que ser realizada como se fosse a mais importante e última que eu fosse realizar na minha vida, mesmo sem receber recompensa alguma.

À minha companheira e namorada, ***Evelyn Giuliana Velásquez Espedilla***, uma mulher nobre, sensível, e bondosa, quem foi meu suporte e com quem trilhamos um novo caminhar, aprendendo e errando juntos. Em momentos de adversidade, muitas vezes enfrentamos cada situação como dois polos opostos, no entanto, seu olhar, paciência, amor e humildade me faziam reconsiderar o acontecido e entender que com amor todo é possível nesta vida; acredito que nada aconteceu por simples casualidade, e com certeza a vida tem reservado algo maior para nós dois, eu já o espero.

E de forma muito especial, ao meu tio tão querido, ***Rufo Rodolfo Valencia Suyo***, incompreendido e até esquecido pela vida e a nossa família, quando eu era criança, jamais tinha percebido da solidão e até a tristeza que levava no seu coração, minhas lembranças de você são de uma pessoa humilde, simples, com um coração muito nobre com os animais e que gostava muito de ler. Dizeram que um dia o destino e até as suas decisões mudaram seu discernimento e desígnio na vida. Dizem que quando jovem era muito inteligente, que era artista, cantante, poeta e até escritor, nunca se soube o que realmente aconteceu, unicamente que um dia o mundo mudou para você. No entanto, houve algo que desde que eu o conheci nunca mudou, seu espírito e coração. Tio, desde que estive nas minhas possibilidades, sempre tentei ser um suporte para você, que pena que não tenha sido suficiente - houvesse querido fazer muito mais-, você morreu tão longe de mim, deixando uma tristeza imensa no meu coração sem saber porque, somente posso dizer que o admirava e respeitava muito naquele silêncio que demanda o coração.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

À Faculdade de Odontologia de Bauru, na pessoa do diretor, **Prof. Dr. Carlos Ferreira dos Santos.**

À Comissão do Programa de Pós-Graduação, na pessoa da presidente **Profa. Dra. Izabel Regina Fischer Rubira de Bullen.**

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Endodontia **Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte.**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior **(CAPES)** pela concessão da bolsa de Mestrado.

AGRADECIMENTOS

À equipe de Secretárias da Pós-graduação, **Ana Letícia, Fátima e Leila**, pessoas maravilhosas e sempre prestativas, as quais possibilitaram meu agendamento na prova TesePrime naquele último dia de inscrição, sem a sua ajuda eu não houvesse tido a oportunidade de participar do Processo de Seleção do Curso de Mestrado em Endodontia, nem me tornar aluno desta extraordinária instituição.

Aos meus colegas e companheiros de turma de Mestrado **Gislene, Mariana, Maricel, Melissa e Renan** dos quais eu aprendi um pouco cada dia, contemplando como se tornavam mestres e hoje amigos. Gislene tão leal e inteligente, Maricel tão alegre e religiosa, Melissa tão aplicada e ordenada, Mariana tão enérgica e preocupada, e Renan tão sorridente e sincero. Obrigado a todos pelo privilégio da sua companhia.

Aos colegas e amigos de pós-graduação **Murilo Alcalde e Bruno Piazza**, os quais me ajudaram no planejamento, suporte, colaboração e execução deste experimento, tive a oportunidade de presenciar sua evolução profissional o que me deixa um grande ensinamento.

A **Michel Espinosa Klymus**, pela contribuição com o desenvolvimento parcial deste experimento, além do apoio proporcionado nos diferentes eventos acadêmicos nos quais sempre se mostrou solícito e gentil comigo e a Evelyn.

A **Edimauro de Andrade**, uma pessoa muito veemente, aguda e prestativa, sempre que precisei de algum material, peça, objeto, utensílio, até da sua ajuda, o senhor sempre esteve disposto para me ajudar. Mais que um funcionário da disciplina de Endodontia, ele tem esse dom para se tornar um companheiro e amigo da vida acadêmica. Sinto-me muito feliz de ter tido a distinção de conhecê-lo.

À nossa secretária de departamento, **Suely Bettio**, pelo sorriso de bom dia de cada dia, pela ajuda fornecida com cada dúvida a respeito da documentação solicitada, pelas dicas sugeridas e pela disposição para sempre me atender em algum momento de necessidade.

Aos meus queridos professores da disciplina de Endodontia, **Profa. Dra. Flaviana Bombarda de Andrade**, **Prof. Dr. Clovis Monteiro Bramante**, **Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes (in memoriam)**, **Prof. Dr. Roberto Brandão Garcia**, **Prof. Dr. Norberti Bernardineli** e **Prof. Dr. Rodrigo Vivan Ricci**, agradeço todas e cada uma das correções sugeridas durante os diferentes seminários e eventos acadêmicos, seus ensinamentos serão uma guia e fonte de inspiração para mim, que acompanharão cada dia da minha vida profissional.

Aos prezados professores da **Banca Examinadora**, por terem aceito este convite, pela oportunidade de me permitirem expor nossa pesquisa, pela disponibilidade de tempo e atenção para sua leitura, e desde já pelas sugestões e correções que serão sempre bem-vindas, além de contribuir de forma importante e positiva na minha formação profissional.

Ao meu grande mestre, amigo e exemplo de vida tanto pessoal quanto profissional, **Dr. Marco Antonio Zevallos Chávez**, a quem tive a honra e privilégio de conhecer durante minha formação de pregrado. Uma pessoa não honesta, mas íntegra, com uma família maravilhosa, e que com um sorriso tem o dom de tirar o melhor das pessoas. Obrigado por um dia ter me aceito como seu aprendiz e aluno, -mesmo nunca tenha sido meu professor durante a faculdade-. Obrigado por ter me ensinado que os pequenos detalhes fazem a diferença, que a calma, a paciência e o bom humor fazem da nossa profissão e vida uma benção. E muitíssimo obrigado por ter me mostrado um dia, o que significa viver com paixão pelo que faz, se pudesse defini-lo com um valor ressaltante, acima de tudo, esse seria a ética.

Uma outra pessoa muito admirada e querida, que o Universo me deu a oportunidade de conhecer, o **Dr. Ronald Ordinola Zapata**, a quem conheci pessoalmente no ano 2012, quando eu vim no Brasil por primeira vez, uma pessoa que me apoiou como um guia acadêmico em várias oportunidades naquela época, uma pessoa que tinha o dom de falar com o coração quando se tratava de ciência, quem me encorajava sempre para encontrar “minha própria voz” se eu quisesse aprender a escrever, sempre com um porque para qualquer por que, dando-me de presente em algumas oportunidades as revistas que ele recebia depois de ter publicado mais algum artigo. Uma pessoa reservada, porém, muito reflexiva, gostava de filosofar sobre a vida e daquele significado e compromisso reais que significa ser um pesquisador. Infelizmente ao meu retorno no Brasil, ele tinha ido embora e não o achei mais, “*al norte, siempre para el norte*” como ele falava, obrigado pelas conversas a distância durante este tempo, e por sempre me encorajar na busca da minha própria voz.

E finalmente, ao meu sempre respeitável orientador, o **Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte**, a quem tive a oportunidade de vê-lo por primeira vez, em uma tarde de fevereiro do 2012, quando eu visitei por primeira vez o Departamento de Endodontia da FOB/USP e o ouvi falar de uma classificação de instrumentos mecanizados de uma forma que eu jamais tinha ouvido; 4 anos depois, durante um seminário do mestrado e eu já como aluno, o senhor me sugeriria que eu necessitava aprender o que significa ser **“claro e conciso”**, -justamente naquela forma em que eu tinha ouvido ao senhor naquela oportunidade, pensei-, ainda estou tentando aprender-. Professor, agradeço-lhe pelas “oportunidades”, por ter me permitido participar como aluno especial em uma determinada época, pela sua preocupação em me proporcionar um novo tema de pesquisa para minha dissertação, pelo fornecimento dos materiais para o experimento, pelas orientações, sugestões, e também pelas ligações e mensagens me dizendo que ia viajar e se eu ia precisa da sua assinatura por causa de algum documento. Muito obrigado pela “infinita paciência” professor, para mim como aluno, nem sempre foi fácil estar à altura do meu orientador, peço me desculpe por ter demorado mais do que o resto dos meus companheiros e também por ter prejudicado o programa, saiba que eu sempre quis dar e fazer o meu melhor, sou ciente das minhas limitações e sei que eu preciso melhorar, -tudo que eu faço, faço pensando nisso-.

RESUMO

ANÁLISE DE UMA NOVA PONTA ULTRASSÔNICA PARA AGITAÇÃO DO IRRIGANTE EM PREPAROS RETRÓGRADOS

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de remoção de smear layer e a influência da resistência de união de cimentos de silicato de cálcio de um novo inserto ultrassônico para agitação do irrigante em preparos retrógrados. **Metodologia** Foram selecionados 112 caninos unirradiculados, que foram formatados e obturados de forma convencional com a subsequente ressecção apical. Seguidamente, foram conformados 4 grupos de avaliação, ultra-som/solução salina; convencional/solução salina; ultra-som/EDTA17% e convencional/EDTA17%. Para analisar a remoção do smear layer, 72 espécimes foram divididos em 4 grupos (n=18), e retropreparados utilizando uma ponta ultrassônica. Os espécimes foram clivados, obtendo-se dois segmentos iguais (mesial e distal). Os segmentos retrocavitários foram observados através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), a partir de três regiões representativas a 250x, obtendo-se imagens correspondentes à pré-irrigação. Posteriormente, foram executados os protocolos de irrigação e novamente obtidas imagens representativas da pós-irrigação. Para o teste de push-out, 40 dentes alocados em 4 grupos (n=10) foram empregados, conforme os diferentes protocolos de irrigação previamente mencionados. Os espécimes foram retrobturados e a obtenção dos corpos-de-prova realizada a partir de um novo seccionamento apical de $2\text{mm} \pm 0.1$ de cada espécime. A resistência de união foi determinada por meio de uma máquina de ensaios mecânicos e o tipo de falha foi determinado por meio de MEV. Os dados foram comparados por meio dos testes de Kruskal-Wallis e Dunn para a remoção de smear layer e ANOVA e Tukey no teste de push-out. **Resultados** O grupo ultrassom/EDTA17% removeu significativamente uma maior quantidade do smear layer, observando-se uma maior porcentagem de túbulos dentinários abertos em comparação com os outros grupos ($P < 0.05$). Na resistência de união, o grupo ultra-som/EDTA17% mostrou os maiores valores na resistência de união (6.42 ± 0.69) seguido pelos grupos convencional/EDTA17%, ultra-som/solução salina e convencional/solução salina respectivamente ($P < 0.05$). O padrão de falha adesivo foi o mais predominante, enquanto que no grupo ultrassom/EDTA17% foi preponderantemente mista (8/10). **Conclusões** O novo inserto ultrassônico para ativação do irrigante promoveu uma maior remoção de smear layer além de favorecer maior resistência de união do material retrobturador às paredes dentinárias em preparos retrógrados, principalmente se associado ao EDTA17%.

Palabras-chave: smear layer, resistência de união, preparo retrógrado, obturação retrógrada, MEV, push-out.

ABSTRACT

Assessment of a new ultrasonic tip for irrigant agitation in root-end cavity preparations

To evaluate the smear layer removal capacity and its influence on the bond strength of a calcium silicate-based cement of a new ultrasonic tip for irrigant agitation in root-end cavity preparations. **Methods:** One hundred and twelve maxillary and mandibular canines were chemomechanically instrumented, root filled and the root apexes resected. Specimens were randomly distributed into 4 experimental groups: ultrasonic/saline solution; conventional/ saline solution; ultrasonic/EDTA 17% and conventional/EDTA solution 17%. The analysis of the smear layer removal employed seventy-four specimens divided into 4 groups (n=18), and the retrograde cavities were prepared using an ultrasonic tip. Next, the specimens were split longitudinally and obtained two halves (mesial and distal). Scanning electron microscopy (SEM) was used to examine and score the internal surfaces for dentinal tubule opening before and after to perform the irrigation protocols. Images were taken at three representative areas with a magnification of 250x. The push-out test employed forty specimens allocated in four groups (n=10), according to the different irrigation protocols previously described. The specimens were retrofilled, sectioned perpendicularly and obtained apical slices at $2\text{mm} \pm 0.1$ from the apex. Each disc/dentin/retrofilling material was placed in a testing machine for the bond strength measurement and the failure mode was observed by SEM. The smear layer removal data were analysed and compared using Kruskal-Wallis and Dunn. Push-out data were analysed using ANOVA and Tukey's test. **Results** The ultrasonic/EDTA 17% group removed the smear later more effectively, and showed the best tubule opening condition than the others three groups. ($P < 0.05$). Ultrasonic/EDTA 17% group demonstrated the highest mean bond strength values (6.42 ± 0.69) compared with conventional/EDTA, ultrasonic/saline solution and conventional/saline solution, respectively ($P < 0.05$). Most failure modes were predominantly adhesive (55%), whereas in the ultrasonic/EDTA 17% group was mixed (80%). **Conclusion** The new ultrasonic tip for irrigant agitation showed higher percentage of smear layer removal and improved the push-out bond strength of the retrograde root filling to the root-end dentine surfaces, mainly when associated to EDTA 17%.

Keywords: smear layer, bond strength, root-end cavity, retrograde filling, SEM, push-out

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) mostrando o efeito da ativação ultrassônica associada à solução salina nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.54
- Figura 2** - Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) exibindo o efeito da irrigação convencional associada à solução salina nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.55
- Figura 3** - Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) mostrando o efeito da ativação ultrassônica associada ao EDTA 17% nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.56
- Figura 4** - Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) exibindo o efeito da irrigação convencional associada ao EDTA 17% nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.57
-
-

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mediana, mínimo e máximo dos escores baseado nas porcentagens de túbulos dentinários visíveis nos segmentos A, B e C entre grupos.	52
Tabela 2 - Mediana Valores do teste de resistência de união e distribuição do padrão de falha	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2.	ARTIGO.....	21
3.	DISCUSSÃO.....	61
4	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICE	85
	ANEXO	89

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A irrigação constitui uma das etapas mais importantes do tratamento endodôntico (Bystrom & Sundqvist 1985), que tem como objetivo, desorganizar, dissolver, eliminar e remover micro-organismos, biofilmes bacterianos remanescentes pulpares, assim como debris dentinários e smear layer produto da instrumentação (Zehnder 2006). O smear layer representa um material amorfo e irregular composto de resíduos orgânicos e inorgânicos, micro-organismos e subprodutos bacterianos com uma consistência de 1-2 um de espessura (McComb & Smith 1975). Destarte, institui-se como uma barreira física que evita a penetração dos irrigantes e os cimentos obturadores, limitando tanto a desinfecção e obturação das paredes do canal radicular (Mader et al. 1984). Adicionalmente, tem se mostrado que reduz tanto a ação antimicrobiana da medicação intracanal quanto a adaptação dos materiais obturadores (Orstavik & Haapasalo 1990), portanto, na busca de um desbridamento eficiente, uma desinfecção e selamento satisfatórios, torna-se necessária a utilização de soluções e técnicas de irrigação apropriadas para sua completa remoção.

Na atualidade, o emprego de compostos quelantes tem sido justificado no decurso da irrigação final visando a remoção dos componentes inorgânicos do smear layer (Lottanti et al. 2009, Tartari et al. 2017). O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) atua na dissolução de smear layer como resposta à ação quelante sobre os íons cálcio da porção orgânica da dentina peri e intertubular, reagindo e descalcificando-a, o que favorece de forma eficiente, além de auxiliar na limpeza do sistema de canais radiculares (von der Fehr & Östby 1963, Stojicic et al. 2012). Adicionalmente, complementa na desinfecção antimicrobiana (Siqueira et al. 1998), e apresenta uma resposta tecidual satisfatória com relativa compatibilidade em períodos de tempo curtos (Nery et al. 1974). Por outro lado, estudos recentes têm relatado uma determinada capacidade para incrementar a fixação celular à superfície dentinária e estimular alguns fatores de crescimento (Qian et al. 2011, Prompreecha et al. 2018). Neste sentido, e sob a expectativa de um aprimoramento e previsibilidade do efeito das soluções irrigadoras quanto à sua ação e penetração, diversas estratégias têm sido recomendadas para sua consecução (Gu et al. 2009, Virdee et al. 2017).

Convencionalmente, a irrigação manual tem possibilitado o controle conveniente das soluções irrigadoras por meio de uma seringa e agulha de saída lateral acoplada, propiciando o refluxo em direção coronária, o que é denominado de pressão apical positiva (Leoni et al. 2017). Apesar disso, esta técnica tem evidenciado algumas limitações como a improbabilidade para atingir o terço apical eficazmente, o que poderia provocar a retenção de debris dentinários e restos necróticos localizados na heterogeneidade anatômica radicular, comprometendo o efeito e eficácia do tempo de irrigação (Malentacca et al. 2018). Além disso, diversos estudos evidenciaram uma deficiência desta técnica para reduzir a presença de bolhas de ar aprisionadas na porção apical do canal radicular como resultado da interação entre a solução irrigadora com remanescentes orgânicos do canal radicular sem umidificação, o que obstrui e limita sua penetração. (Tay et al. 2010, Vera et al. 2012, Boutsoukis et al. 2014). Diante disso, a irrigação ultrassônica passiva (IUP) tem possibilitado a formação de uma microcorrente acústica associada a um efeito de cavitação como resultado da ativação ultrassônica da solução irrigadora através de um inserto metálico e uma frequência oscilatória entre 25-30kHz. Esse potencial para atingir uma limpeza mais eficaz, destaca-se pelo dinamismo de fluxo provocado, o que favorece a remoção dos debris dentinários, smear layer, micro-organismos, e remanescentes orgânicos por meio da ação física e química gerada ao redor da solução irrigadora (van der Sluis et al. 2007).

Nos últimos anos, o efeito da ativação ultrassônica tem sido avaliado quando à sua capacidade para aprimorar a remoção de smear layer por meio de diferentes soluções irrigadoras. Recentemente, um estudo evidenciou que um 56.6% do total de casos apresentou uma remoção completa de smear layer através da irrigação ultrassônica passiva, e que quando utilizado laser Nd:YAG unicamente foi possível atingir um 30% de casos com uma remoção completa de smear layer (da Costa Lima et al. 2015). Um outro estudo mostrou que tanto no terço médio e apical foi possível observar uma menor quantidade de material obturador remanescente, assim como uma maior remoção de smear layer nos túbulos dentinários uma vez que as técnicas de reintervenção foram associadas à agitação ultrassônica (Bernardes et al. 2015). Contemporaneamente, um outro estudo em canais curvos de raízes mesiais de molares inferiores, reportou uma eficácia acima do 60% na remoção de smear layer da porção apical com a ativação ultrassônica passiva, observando túbulos dentinários

mais limpos e abertos (Blank-Gonçalves et al. 2011). Por outro lado, uma vez que comparada à irrigação convencional, a agitação ultrassônica passiva não mostrou uma eficiência significativa na remoção de smear layer na região apical, no entanto, os espécimes ativados ultrassonicamente apresentaram uma maior quantidade de túbulos dentinários abertos. (Schmidt et al. 2015). Mesmo assim, até à data, não existem estudos disponíveis analisando o potencial da ativação ultrassônica associada à agitação da solução irrigadora quando executada em cavidades retrógradas previamente conformadas.

Sem dúvida, a vibração ultrassônica é um recurso importante para o preparo de cavidades retrógradas e tem significado um avanço significativo na área da cirurgia apical moderna (Kim & Kratchman 2006), devido à possibilidade de obter cavidades com paredes mais paralelas, centralizadas, o que favorece uma retenção mais previsível dos materiais obturadores e uma exposição mais restrita dos túbulos dentinários (Rosales-Leal et al. 2011). Não obstante, atualmente a irrigação convencional é a estratégia mais utilizada e preconizada nos casos de cirurgia periapical (Caliskan et al. 1998), o que em consequência, permite extrapolar as limitações desta técnica de irrigação. Diante disso, a agitação ultrassônica e a introdução de um novo protocolo de irrigação possibilitariam uma melhor limpeza e adaptação marginal propiciando uma maior penetração do material obturador no interior dos túbulos dentinários. Adicionalmente, a consecução positiva deste propósito, promoveria um embricamento mecânico eficiente entre o material obturador e os túbulos da superfície dentinária da porção apical, considerando que os cimentos a base de silicato de cálcio são indicados para obturação retrógrada (Vivan et al. 2016, Kadić et al. 2018), e apresentam partículas entre 1.5-3.0 μm de diâmetro e que os túbulos dentinários oscilam entre 2-5 μm de amplitude (Torabinejad 2014), tornando-se por conseguinte relevante, em razão da presença de smear layer como um fator de risco que poderia comprometer a capacidade de selamento.

2 ARTIGO

2 ARTIGO

O artigo que compõe esta dissertação foi redigido conforme as normas de publicação da Revista *International Endodontic Journal*.

ANÁLISE DE UMA NOVA PONTA ULTRASSÔNICA PARA AGITAÇÃO DO IRRIGANTE EM PREPAROS RETRÓGRADOS

Objetivo Avaliar a eficiência de remoção de smear layer e a influência da resistência de união de cimentos de silicato de cálcio de um novo inserto ultrassônico para agitação do irrigante em preparos retrógrados. **Metodologia** Foram selecionados 112 caninos unirradiculados, que foram formatados e obturados de forma convencional com a subsequente ressecção apical. Seguidamente, foram conformados 4 grupos de avaliação, ultra-som/solução salina; convencional/solução salina; ultra-som/EDTA17% e convencional/EDTA17%. Para analisar a remoção do smear layer, 72 espécimes foram divididos em 4 grupos (n=18), e retropreparados utilizando uma ponta ultrassônica. Os espécimes foram clivados, obtendo-se dois segmentos iguais (mesial e distal). Os segmentos retrocavitários foram observados através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), a partir de três regiões representativas a 250x, obtendo-se imagens correspondentes à pré-irrigação. Posteriormente, foram executados os protocolos de irrigação e novamente obtidas imagens representativas da pós-irrigação. Para o teste de push-out, 40 dentes alocados em 4 grupos (n=10) foram empregados, conforme os diferentes protocolos de irrigação previamente mencionados. Os espécimes foram retrobturados e a obtenção dos corpos-de-prova realizada a partir de um novo seccionamento apical de $2\text{mm} \pm 0.1$ de cada espécime. A resistência de união foi determinada por meio de uma máquina de ensaios mecânicos e o tipo de falha foi determinado por meio de MEV. Os dados foram comparados por meio dos testes de Kruskal-Wallis e Dunn para a remoção de smear layer e ANOVA e Tukey no teste de push-out. **Resultados** O grupo ultrassom/EDTA17% removeu significativamente uma maior quantidade do smear layer, observando-se uma maior porcentagem de túbulos dentinários abertos em comparação com os outros grupos ($P < 0.05$). Na resistência de união, o grupo ultra-som/EDTA17% mostrou os maiores valores na resistência de união (6.42 ± 0.69) seguido pelos grupos convencional/EDTA17%, ultra-som/solução salina e convencional/solução salina respectivamente ($P < 0.05$). O padrão de falha adesivo foi o mais predominante, enquanto que no grupo ultrassom/EDTA17% foi preponderantemente mista (8/10). **Conclusões** O novo inserto ultrassônico para ativação do irrigante promoveu uma maior remoção de smear layer além de favorecer maior resistência de união do material retrobturador às paredes dentinárias em preparos retrógrados, principalmente se associado ao EDTA17%.

Palavras-chave: smear layer, resistência de união, preparo retrógrado, obturação retrógrada, MEV, push-out.

INTRODUÇÃO

A irrigação do sistema de canais radiculares representa uma das etapas mais críticas e essenciais do tratamento endodôntico (Bystrom & Sundqvist 1985), que visa desorganizar, dissolver, eliminar e remover biofilmes bacterianos, micro-organismos, tecido pulpar vital e necrótico, assim como debris dentinários e smear layer produzidos durante a instrumentação (Zehnder 2006). O smear layer constitui uma substância irregular e amorfa de 1-2µm de espessura, composta por um conjunto de elementos como: resíduos orgânicos e inorgânicos, fragmentos dos processos odontoblásticos, micro-organismos e subprodutos bacterianos (McComb & Smith 1975). Em contato com a parede do canal radicular, atua como uma barreira física que limita a desinfecção e obturação do sistema de canais radiculares, evitando a penetração das soluções irrigadoras e dos materiais obturadores no interior dos túbulos dentinários (Mader et al. 1984). Além disso, dificulta a eficiência antimicrobiana da medicação intracanal e diminui a capacidade de adaptação dos materiais obturadores (Orstavik & Haapasalo 1990). De tal maneira, torna-se mandatória sua completa remoção para atingir um desbridamento satisfatório, desinfecção e selamento do sistema de canais radiculares através do uso de soluções irrigadoras e técnicas apropriadas para sua consecução.

Os protocolos de irrigação atuais justificam o uso de soluções quelantes no decurso da irrigação final em prol da remoção de componentes inorgânicos do smear layer (Lottanti et al. 2009, Tartari et al. 2017). O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) é um composto orgânico que reage com os íons cálcio da porção inorgânica da dentina peri e intertubular, descalcificando-a e atuando na dissolução do smear layer em resposta à ação quelante sobre o cálcio, o que favorece de forma efetiva e complementar a limpeza do sistema de canais radiculares (von der Fehr & Östby 1963, Stojicic et al. 2012). Por outro lado, auxilia na desinfecção antimicrobiana (Siqueira et al. 1998) e apresenta-se como um composto relativamente compatível com uma resposta tecidual satisfatória em períodos de tempo curtos (Nery et al. 1974). Inclusive, estudos recentes mostraram uma determinada capacidade para estimular determinados fatores de crescimento e incrementar a fixação celular à superfície (Qian et al. 2011, Prompreecha et al. 2018). Nesse contexto, diversas estratégias têm sido preconizadas com a expectativa de aprimorar e tornar mais previsível o efeito das

soluções irrigadoras no referente à sua ação e penetração (Gu et al. 2009, Virdee et al. 2017).

Tradicionalmente, a irrigação manual tem sido empregada mediante o uso de uma seringa convencional acoplada a uma agulha com saída lateral, permitindo manter um controle adequado da solução e propiciar um refluxo por pressão apical positiva (Leoni et al. 2017). No entanto, esta técnica tem se mostrado ineficaz em atingir a porção mais apical do canal radicular, impossibilitando o acesso a restos necróticos e debris dentinários presentes nas complexidades anatômicas reduzindo consideravelmente o tempo de irrigação (Malentacca et al. 2018). Adicionalmente, alguns estudos evidenciaram a presença de bolhas de ar confinadas na região apical do canal radicular, fenômeno conhecido como taper lock, e que obstaculiza e reduz a penetração do irrigante como consequência do ressecamento das paredes do canal radicular agregada à presença de restos orgânicos e a interação conjunta com a solução irrigadora (Tay et al. 2010, Vera et al. 2012, Boutsoukis et al. 2014). Nesse cenário, a irrigação ultrassônica passiva (IUP) tem surgido como uma técnica baseada na ativação ultrassônica da solução irrigadora, provocando uma microcorrente acústica e um efeito de cavitação que são transmitidas através de um inserto metálico com uma frequência oscilatória aproximada de 25-30kHz. Este dinamismo de fluxo provocado ao redor da solução possibilita uma ação física e química mais previsível do irrigante, favorecendo a remoção dos debris dentinários, smear layer, micro-organismos, e remanescente orgânicos (van der Sluis et al. 2007), destacando-se assim o seu potencial para atingir uma limpeza mais eficaz.

Nos últimos anos, diversos estudos têm avaliado o efeito da ativação ultrassônica quanto à capacidade para aprimorar a remoção do smear layer através das diferentes soluções irrigadoras. De acordo com da Costa Lima et al. (2015) a agitação ultrassônica possibilitou uma eliminação completa do smear layer em um 56.6% dos casos, enquanto que a ativação do irrigante por meio de laser Nd:YAG atingiu uma remoção completa apenas no 30% dos espécimes. Um outro estudo observou que a associação da agitação ultrassônica às técnicas de reintervenção permitiu evidenciar uma menor quantidade de material obturador remanescente nos túbulos dentinários,

assim como uma maior remoção de smear layer no terço médio e apical (Bernardes et al. 2015). Já, um estudo com canais curvos de raízes mesiais de molares inferiores, reportou uma eficiência do 60% da ativação ultrassônica na remoção de smear layer da porção apical, evidenciando espécimes mais limpos e túbulos dentinários abertos (Blank-Gonçalves et al. 2011). Por outro lado, tem se mostrado que a agitação ultrassônica não evidenciou uma eficácia significativa na remoção de smear layer na região apical quando comparada à irrigação convencional, porém, os espécimes ultrassonicamente ativados apresentaram uma maior percentagem de túbulos dentinários expostos (Schmidt et al. 2015). Nos casos de cirurgia periapical, a única estratégia de irrigação hoje em dia preconizada é da técnica convencional, sendo que na atualidade não existem estudos disponíveis analisando o potencial da ativação ultrassônica associada à agitação da solução irrigadora quando executada em cavidades retrógradas previamente conformadas.

Certamente, o preparo de cavidades retrógradas por meio da vibração ultrassônica é um avanço importante no campo da cirurgia periapical moderna (Kim & Kratchman 2006), dado que permite obter formatações mais centralizadas com paredes mais paralelas, facilitando uma adequada retenção dos materiais obturadores e uma reduzida exposição dos túbulos dentinários (Rosales-Leal et al. 2011). Entretanto, apesar das vantagens notáveis desta técnica, e ainda nos casos de cirurgia periapical, a única estratégia de irrigação hoje em dia utilizada e preconizada é da técnica convencional (Çaliskan et al. 1998), sendo possível, portanto, extrapolar as limitações deste protocolo de irrigação à cirurgia periapical. À vista disso, a incorporação de um novo protocolo de agitação ultrassônica poderia permitir uma melhor limpeza e adaptação marginal devido à possibilidade de promover uma maior penetração do material retrobturador no interior dos túbulos dentinários. Esta expectativa, torna-se ainda mais relevante, em razão ao uso de cimentos a base de silicato de cálcio indicados para obturação retrógrada (Vivan et al. 2016, Kadić et al. 2018), os quais apresentam partículas entre 1.5-3.0 µm de diâmetro, e que visam um embricamento mecânico em túbulos dentinários de 2-5 µm de diâmetro (Torabinejad 2014). Assim mesmo, a presença de smear layer limitaria ainda mais sua penetração comprometendo sua capacidade de selamento.

Em virtude dos fatos mencionados, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito de um novo inserto ultrassônico para agitação do irrigante em preparos retrógrados quanto:

1. A sua eficiência na remoção de smear layer;
2. A influência na resistência de união de obturações retrogradadas realizadas com cimentos de silicato de cálcio.

A hipótese nula proposta foi que o novo inserto ultrassônico para agitação do irrigante em preparos retrógrados apresentou um efeito similar à irrigação convencional na limpeza e no favorecimento da resistência de união de cimentos de silicato de cálcio.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi submetida à Comissão de Ética e Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB/USP), devido à coleção e utilização de órgãos dentários extraídos, os quais foram obtidos mediante termo de cessão de dentes assinados por cirurgiões dentistas.

3.1 Seleção geral dos espécimes

Inicialmente, foram selecionados 112 caninos superiores e inferiores unirradiculados extraídos, com raízes retas, completamente formadas e presença de um único canal radicular. Espécimes com histórico de tratamento endodôntico prévio, presença de fraturas, reabsorções dentárias (interna ou externa) e lacerações foram excluídos deste estudo. Uma vez examinados, foi empregada uma cureta de Gracey 5/6 (Hu-Friedy, Chicago, IL, EUA) para remover quaisquer remanescentes de tecido adjacente aderido ou cálculo dental. Os espécimes selecionados foram conservados e armazenados em uma solução de água deionizada com timol a 0.1% por um período de 24 horas permitindo a manutenção da sua integridade e inibição do crescimento bacteriano.

3.2 Preparação geral dos espécimes

Em seguida, a porção coronária dos espécimes foi removida no nível da junção amelocementária empregando um disco diamantado dupla face nº 7020 de 0,10x22 mm, acionado em uma peça reta em baixa rotação. Com os canais previamente inundados, realizou-se a exploração inicial e patência dos canais radiculares por meio

de uma lima tipo K#10 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) e K#15 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) respectivamente. Em ambos os casos foram realizados movimentos de cateterismo, tanto para atingir o comprimento real do dente (CRD) bem como para determinar o comprimento de trabalho (CT), 1 mm aquém do CRD.

A etapa da formatação propriamente dita foi realizada com os instrumentos R25 e R40 do sistema Reciproc (VDW GmbH, Munich, Germany), acionados na função reciprocante de um motor elétrico Silver Reciproc (VDW GmbH, Munich, Germany). Os instrumentos foram colocados no interior do canal radicular e inseridos progressivamente em direção apical com uma cinemática de entrada e saída de 2-3 mm com leve pressão apical, até atingir o CT. Adicionalmente, a irrigação foi efetuada com 2mL de NaOCl a 2.5% utilizando uma agulha para irrigação de saída lateral 27Gx25mm (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil) posicionada 1 mm aquém do CT. A remoção de smear layer foi realizada com 5 ml de EDTA 17% (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brazil) aplicada por 1 minuto, 5mL de NaOCl 2.5% e 5ml de solução salina 0.9% como irrigação final.

Uma vez secos, os canais foram obturados por meio da técnica de cone único (Wu et al. 2000), utilizando cones de gutapercha M (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil), calibrados a 0.40 mm de diâmetro e empregando o cimento endodôntico Sealer Plus (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil), sendo posteriormente armazenados em uma estufa a 37°C em um ambiente 100% úmido por 7 dias.

3.3 Preparo das retrocavidades

Completado um período de 7 dias, a ressecção apical dos 112 espécimes foi realizada a 3 mm aquém do ápice radicular empregando um disco de corte laminado, acionado em uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Düsseldorf, Germany), sob refrigeração, a 250-300 rpm, e posicionado perpendicularmente ao eixo longo do dente. Em seguida, e com a finalidade de preparar as retrocavidades, empregou-se o inserto ultrassônico diamantado para cirurgia periapical P1 (Helse Indústria e Comércio, Santa Rosa de Viterbo, Brasil) com uma profundidade de 3mm e uma dilatação lateral das paredes circundantes a redor de 1.5 mm de diâmetro acoplado

na caneta de um equipamento ultrassônico Varios 350 (NSK Nakanishi Inc., Kanuma, Japan).

3.4 Análise da remoção de smear layer (microscopia eletrônica de varredura)

Nesta primeira análise, selecionou-se 72 espécimes, os quais foram especialmente acondicionados para avaliar a capacidade de limpeza de acordo a cada protocolo de irrigação.

3.4.1 Criação das ranhuras, modelagem e clivagem dos espécimes

Após o preparo das retrocavidades e empregando um disco diamantado dupla face nº 7020 de 0,10x22 mm (KG Sorensen, Cotia, São Paulo, Brasil), acionado em uma peça reta em baixa rotação, foram criadas duas ranhuras em sentido longitudinal ao longo eixo dos espécimes tanto na superfície vestibular como lingual prevendo não atingir a luz do canal radicular. Seguidamente, os espécimes foram inseridos e modelados utilizando uma mufla metálica previamente preenchida com silicone de condensação (Speedex putty, Coltène Whaledent) manipulada, onde foram dispostos em uma posição central com a porção apical voltada para cima. Este procedimento evitou o vazamento da solução irrigadora assemelhando um sistema de irrigação fechado, além de permitir o reposicionamento posterior dos espécimes.

Completado o processo de polimerização, e com o objetivo de permitir a análise da parte interna das retrocavidades, os espécimes foram removidos e efetuou-se a clivagem utilizando uma espátula para cimento nº24 (Duflex, SS White, Rio de Janeiro-RJ, Brasil) modificada, a qual foi colocada no interior da ranhura em sentido perpendicular ao eixo longo provocando uma fissura transversal que permitiu a obtenção de dois segmentos iguais. Ambas as metades dos espécimes foram novamente aproximadas, reposicionadas e colocadas no interior da moldura de silicone.

3.4.2 Distribuição dos grupos

Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente utilizando o site eletrônico *www.random.org*, conformando 4 grupos experimentais (n=18) de acordo aos diferentes protocolos de irrigação, permitindo uma alocação homogênea e imparcial.

G1- ultrassom/solução salina

G2- convencional/solução salina

G3- ultrassom/EDTA 17%

G4- convencional/ EDTA 17%

3.4.3 Avaliação inicial sob microscopia eletrônica de varredura (pré-irrigação)

Imagens das superfícies internas dos segmentos mesial e distal que conformam as retrocavidades foram obtidas através de um microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Express (PSEM) (Aspex Corporation; Delmont, PA, USA). Cada superfície foi dividida em três porções equidistantes, denominadas de parte A, B e C, sendo selecionada uma área representativa de cada região e analisadas sob uma magnificação de 250x obtendo-se um total de 6 fotomicrografias por segmento. A obtenção das imagens foi realizada tanto no período pré- e pós-irrigação.

3.4.4 Execução dos protocolos de irrigação

G1- ultrassom/solução salina - 3 ciclos de irrigação de 20 segundos

G2- convencional/solução salina - 3 ciclos de irrigação de 20 segundos

G3- ultrassom/EDTA 17% - 3 ciclos de irrigação de 20 segundos

G4- convencional/ EDTA 17% - 3 ciclos de irrigação de 20 segundos

*Em todos os grupos foram empregados 5ml de solução irrigadora independentemente do protocolo de irrigação.

A irrigação convencional foi realizada com uma agulha para irrigação de saída lateral 27Gx25mm (MKLife, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil) fixada em uma seringa

descartável de 5mL (Injex, Ourinhos, SP, Brazil), a qual foi posicionada seguindo o eixo longo do espécime e mantida na entrada da retrocavidade durante sua utilização.

Na irrigação com agitação ultrassônica foi empregado um novo protótipo de inserto ultrassônico denominado de Mini Irrisonic (Helse Indústria e Comércio Ltda, Santa Rosa de Viterbo, Brazil) para irrigação de retrocavidades. Fabricado de aço inoxidável de grau cirúrgico sem lâminas de corte, apresenta uma ponta cônica/flexível de 3.5 mm de comprimento, 0.10 mm de diâmetro e uma conicidade de 0.01 mm. Para utilizá-la foi acoplada na caneta de um equipamento Varios 350 (NSK Nakanishi Inc., Kanuma, Japan), e com a retrocavidade previamente inundada, o inserto foi colocado no seu interior 1 mm aquém do comprimento total, sendo acionado a 20% da potência máxima da unidade ultrassônica conforme as instruções do fabricante.

Importante salientar que nos grupos G3 e G4 associados a EDTA 17%, foram empregados 5mL adicionais de solução salina como enxague final completando um volume de 20mL para cada grupo. Da mesma forma, nos grupos de solução salina (G1 e G2) foram utilizados 20mL como volume total de irrigação. Isso devido à necessidade de padronizar o volume total da solução irrigadora utilizada para remover a maior quantidade possível de detritos dentinários.

3.4.5 Critérios de avaliação

Concluídos os protocolos de irrigação, os espécimes foram levados novamente ao interior do MEV seguindo o mesmo procedimento previamente descrito, com o propósito de obter as microfotografias correspondentes à etapa pós-operatória. Em seguida, a integra das imagens armazenadas em formato TIFF (pré- e pós-irrigação) foram transferidas ao software Microsoft Powerpoint 2016 (Microsoft Corp, Redmond, WA, USA) e foram organizadas, classificadas e exibidas em forma de slides em um monitor LSD. Complementarmente, empregou-se uma grade de 10x10 quadriculas posicionada sobre as imagens com a finalidade de aprimorar a acurácia do reconhecimento e contagem dos túbulos dentinários. A análise dos grupos experimentais foi efetuada por meio de dois avaliadores independentes, previamente calibrados e cegos que receberam em conjunto uma folha separada contendo a codificação das microfotografias e as pontuações que foram registradas.

3.4.6 Avaliação das imagens (pós-irrigação)

O sistema de avaliação empregado foi a categorização por escores baseado e adaptado em 5 pontuações (Hülsmann et al. 1997):

Escore 0 – Túbulos dentinários completamente fechados; e um camada homogênea de debris dentinários cobrindo completamente a parede do canal radicular;

Escore 1 – 1-25% de túbulos dentinários expostos

Escore 2 – 26-50% de túbulos dentinários abertos

Escore 3 – 51-75% de túbulos dentinários expostos

Escore 4 – 76-99% de túbulos dentinários abertos

Escore 5 – Túbulos dentinários completamente expostos; e ausência total de debris dentinários.

3.5 Teste de resistência de união (push-out)

Nesta segunda análise, os 40 espécimes restantes foram empregados e distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (n=10) conforme os protocolos de irrigação anteriormente testados.

3.5.1 Distribuição dos grupos

G1- ultrassom/solução salina

G2- convencional/solução salina

G3- ultrassom/EDTA 17%

G4- convencional/ EDTA 17%

3.5.2 Preenchimento das retrocavidades

Após irrigação, e com as retrocavidades previamente secas com cones de papel absorvente, o material retrobturador foi manipulado e inserido no interior das retrocavidades. Especificamente, empregou-se cimento Portland e óxido de bismuto misturado com água destilada e propilenoglicol, ambos, em uma proporção de 80:20 por cento respectivamente (Marciano et al. 2016). Assim que colocado no interior das retrocavidades utilizando uma espátula para cimento nº1 (Duflex, SS White, Rio de Janeiro-RJ, Brasil), o excedente foi removido por meio de uma lâmina de bisturi nº15 e os espécimes foram colocados e armazenados em uma estufa a 37°C em presença de unidade durante 7 dias.

3.5.3 Obtenção dos corpos-de-prova

Os espécimes foram posicionados verticalmente com as retrocavidades orientadas para cima em uma matriz de plástico quadrangular e embutidos em resina acrílica autopolimerizável incolor (Dencrilay Dencril, Pirassuninga, SP, Brasil). Após 24 horas, a porção apical de cada espécime foi seccionada em sentido perpendicular ao eixo longo com uma espessura de 2 mm $\pm$ 0.1 mm por meio de um disco de corte diamantado e acionado em uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Düsseldorf, Germany), sob refrigeração a 150-200 rpm. Uma vez obtidos, os corpos-de-prova foram polidos utilizando lixas de granulação 600 e 1200 até visualizar a interface dentina/material obturador. A mensuração da espessura de cada corpo-de-prova foi registrada com um calibrador paquímetro (Mitutoyo Corp, Tokyo, Japan) em um nível de precisão $\pm$ 0.001 mm.

3.5.4 Teste de cisalhamento por extrusão (push-out)

Dada a disposição original dos corpos-de-prova devido à natureza inversa das retrocavidades, o teste de push-out foi realizado em direção coroa-ápice. De fato, a conformação paralela das paredes internas, permitiu a utilização da fórmula de superfície de área lateral do cilindro: $2\pi rh$ (área de união), sendo π a constante de 3.14, r representa o rádio da circunferência do preparo da retrocavidade e h a espessura do corpo-de-prova (2.0 mm).

Para o teste mecânico propriamente dito, os corpos de prova foram posicionados e centralizados em uma máquina de ensaios mecânicos (EMIC model DL 500 DF, N°5775, Curitiba, Brasil) conectada a um transdutor de força. Em seguida, através de uma ponta roma de formato cilíndrico com 1.3 mm de diâmetro e colocada na haste metálica do dispositivo, aplicou-se uma carga de 5kN com uma velocidade de 1mm/min. A partir do contato da ponta do dispositivo até o deslocamento do material retrobturador foram registrados uma série de valores numéricos expressados em newtons (N), os quais foram transformados em megapascal (MPa) dividindo o valor (N) pelo valor da área de união ($2\pi rh$) obtendo-se assim o valor numérico final.

Finalmente, cada corpo-de-prova foi observado através da microscopia eletrônica de varredura (Express (PSEM) (Aspex Corporation; Delmont, PA, USA) a 85x de magnificação, classificando os tipos de falha conforme os seguintes critérios (Huffman et al. 2009): falha adesiva entre o material retrobturador e a dentina, falha coesiva dentro do material retrobturador e falha mista em presença de ambas as falhas descritas anteriormente.

Análise Estatística

A análise dos dados da remoção de smear layer foi realizada através do teste de Kappa para determinar a concordância entre os avaliadores. Os testes de Kruskal-Wallis e Dunn foram utilizados para comparar os grupos em relação a remoção da Smear Layer e os testes de Friedman e Dun foram empregados para comparação intra-grupo. De outra parte, a análise da resistência de união (push-out) foi realizada através do teste Shapiro-Wilk para determinar a distribuição normal dos dados onde se verificou normalidade. Diante disto, os testes de ANOVA e Tukey foram utilizados para uma comparação múltipla e individuais dos grupos. O nível de significância para todas as comparações foi de 5%.

RESULTADOS

Em relação à remoção do smear layer, a distribuição de escores (%) para cada grupo testado e nos três níveis avaliados (A, B e C), são apresentados nas tabelas 1 e 2

respectivamente. A ponderação de túbulos dentinários abertos encontrou-se em concordância com aqueles do smear layer removido.

No grupo convencional/solução salina, detectou-se uma camada homogênea de smear layer cobrindo completamente a superfície dentinária sem possibilidade alguma de evidenciar a abertura dos túbulos dentinários. O grupo ultrassom/solução salina, evidenciou a presença do smear layer obstruindo praticamente a superfície inteira da dentina, no entanto, foi possível observar alguns túbulos dentinários isolados e parcialmente visíveis. No grupo convencional/EDTA 17% foi observada uma remoção parcial de smear layer, identificando-se uma porcentagem de túbulos dentinários expostos. No grupo ultrassom/EDTA 17% o smear layer foi removido em maior quantidade, observando-se uma maior porcentagem de túbulos dentinários abertos em comparação aos grupos prévios.

A análise estatística por meio do teste de comparação múltipla de Dunn permitiu determinar que o grupo ultrassom/EDTA 17% apresentou os valores estatisticamente mais satisfatórios, evidenciando a menor quantidade do smear layer remanescente quando comparada com os grupos convencional/ EDTA 17%, ultrassom/solução salina e convencional/solução salina respectivamente ($P < 0.05$). Enquanto que, os protocolos convencional/solução salina e ultrassom/solução salina, uma vez que comparados, permitiram determinar que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre ambos os grupos na remoção do smear layer das superfícies dentinárias, mostrando os valores menos favoráveis ($P > 0.05$). Por outro lado, o grupo convencional/EDTA 17%, evidenciou uma diferença significativamente desfavorável na sua capacidade para remover smear layer em comparação com o grupo ultrassom/EDTA 17% e foi significativamente superior quando comparado com os grupos convencional/soro e ultrassom/solução salina ($P < 0.05$).

A análise estatística intragrupal foi realizada utilizando o teste de Friedman e comparação múltipla de Dunn, enquanto que a avaliação entre grupos foi efetuada através do teste de Kruskal-Wallis e comparação múltipla de Dunn.

Na análise intragrupo, comparando os três segmentos (A, B e C) de cada grupo de forma independente, mostrou-se que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre os diferentes segmentos nos 4 grupos avaliados ($P > 0.05$). Porém, o segmento B do grupo ultrassom/EDTA 17%, evidenciou uma maior percentagem de túbulos dentinários expostos seguido pelos segmentos C e A respectivamente. Enquanto que os três segmentos (A, B e C) do grupo convencional/EDTA 17% mostraram uma remoção do smear layer mais homogênea e proporcional, embora inferior ao grupo ultrassom/EDTA 17%.

Por outro lado, quando os segmentos A, B e C de cada grupo foram analisados isoladamente, contrastando entre os diferentes grupos, os segmentos A e B do grupo ultrassom/EDTA 17% mostraram uma maior remoção do smear layer seguido pelo grupo convencional/EDTA 17%, evidenciando uma diferença significativa entre ambos os outros grupos. Contudo, o segmento C dos grupos ultrassom/EDTA 17% e convencional/EDTA 17% mostraram uma menor quantidade do smear layer remanescente, porém, sem evidenciar uma diferença significativa entre ambos os grupos ($P > 0.05$).

A respeito da resistência de união, a média e desvio padrão dos valores do teste de push-out (MPa) são representados na tabela 3. Os dados representativos desta análise revelaram que a resistência de união foi significativamente afetada pela técnica de irrigação e o tipo de solução irrigadora. ($P < 0.05$). O teste de comparação múltipla de Tukey revelou uma diferença significativa entre os diferentes grupos ($P < 0.05$) com uma exceção entre os grupos ultrassom/solução salina e convencional/solução salina. O grupo ultrassom/EDTA 17% mostrou os maiores valores (média) na resistência de união seguido pelos grupos convencional/EDTA 17%, ultrassom/solução salina e convencional/solução salina respectivamente.

De acordo com o teste qui-quadrado, a análise fractográfica dos corpos-de-prova mostrou que não houve uma diferença estatística significativa entre os grupos no que diz respeito ao padrão de falha. No entanto, e de forma geral, o padrão de falha predominante entre os corpos-de-prova foi do tipo adesivo, representando um 55%

(22/40) do total dos grupos experimentais analisados, enquanto que o padrão de falha do tipo mista foi observado em um 45% (18/40) dos casos. No grupo ultrassom/solução salina, o padrão de falha predominante foi do tipo adesiva em um 60% (6/10), enquanto que o 40% (4/10) foi do tipo mista. O grupo convencional/solução salina, mostrou prevalentemente falhas do tipo adesiva em um 70% (7/10), ao passo que, 30% (3/10) foram do tipo mista. De forma singular, no caso do grupo ultrassom/EDTA 17%, o 80% (8/10) de falhas apresentadas foram do tipo mista, evidenciando-se unicamente um 20% (2/10) de falhas do tipo adesiva. No grupo convencional/EDTA 17%, a distribuição de falhas do tipo adesiva foi preponderante em um 70% (7/10), considerando um 30% (3/10) de falhas do tipo mista. O padrão do tipo coesiva não foi observada em nenhuma das microfotografias dos 4 grupos avaliados. A incidência percentual de cada padrão de falha é mostrada na tabela 2.

DISCUSSÃO

Durante a irrigação do sistema de canais radiculares, a ativação ultrassônica representa um importante complemento que influencia positivamente na eficiência química e mecânica das soluções irrigadoras (Macedo et al. 2014). O presente estudo associou duas ferramentas metodológicas para analisar, em duas etapas experimentais, o efeito de um novo inserto ultrassônico para agitação do irrigante em preparos retrógrados. A hipótese nula proposta foi rejeitada dado que a agitação ultrassônica evidenciou resultados significativamente melhores do que a irrigação convencional no que respeita à eficiência na remoção de smear layer, influenciando na resistência de união.

A microscopia eletrônica de varredura em baixo vácuo é uma ferramenta que permite visualizar a eficácia de diferentes protocolos de irrigação, possibilitando uma análise direta em alta resolução dos espécimes durante diferentes estágios experimentais sem necessidade de despendar intervalos de tempo prolongados e disponibilizar de múltiplas etapas para sua preparação (Kato et al. 2016). O teste de push-out é um método eficaz, confiável e reproduzível utilizado para determinar a resistência de união entre a dentina e o material obturador como resultado da tensão de cisalhamento provocada nesta interface (Formosa et al. 2014, Silva-Neto et al. 2018).

Este teste encontra-se indiretamente relacionada à capacidade de selamento do material obturador, tornando-se contrastável ao estresse provocado em condições clínicas (do Carmo et al. 2018, Paulson et al. 2018).

Na análise da capacidade limpeza foi empregado o sistema de análise por escores, permitindo determinar qualitativamente a presença do smear layer remanescente nas paredes dentinárias cobrindo a entrada dos túbulos dentinários das retrocavidades. Adicionalmente, foi implementada uma grade de avaliação com quadriculas equidistastes (10x10), tornando a tarefa de avaliação mais objetiva (Rodrigues et al. 2017). No entanto, alguns autores recomendaram uma análise quantitativa automatizada por meio de softwares especializados com a finalidade de reduzir possíveis vies durante a visualização (De-Deus et al. 2011, Schmidt et al. 2015). Por outro lado, o nível de consenso inter-avaliador atingido foi estimado através do coeficiente de concordância de Kappa possibilitando verificar o grau de correspondência entre as avaliações independentes. No presente estudo, a demarcação predefinida da aquisição de imagens, a respeito da região anatômica de interesse, local de análise e magnificação foi padronizada com o propósito de ser reproduzida nos diferentes grupos de estudo assim como durante os diferentes estádios de avaliação. A standardização garante uma comparação mais rigorosa no processo de leitura da capacidade de limpeza entre os diferentes protocolos de irrigação testados, aumentando claramente a confiabilidade dos resultados (Kato et al. 2016).

Na primeira etapa, avaliou-se o efeito de 4 protocolos de irrigação final após o preparo de cavidades retrógradas. Os resultados mostraram que nenhum dos protocolos utilizados foi capaz de remover completamente o smear layer das paredes dentinárias. Certamente, os grupos tratados com EDTA 17% evidenciaram uma remoção significativa do smear layer. No entanto, as imagens da MEV revelaram que a agitação ultrassônica evidenciou uma maior remoção do smear layer resultando em uma maior exposição de túbulos dentinários abertos do que a irrigação manual ($P < 0.05$). Estes resultados são clinicamente relevantes em razão do efeito deletério do smear layer, o qual limita uma completa adaptação dos materiais obturadores, e que quando

associado a fluídos tissulares, degrada-o, acrescentando o risco de filtração, afetando a capacidade de selamento do material obturador (Pitt Ford & Roberts 1990, Torabinejad et al. 2003, van der Sluis et al. 2007). Segundo Pitt Ford & Roberts (1990), a presença do smear layer poderia causar falhas na obturação retrógrada após cirurgia periapical. Certamente, os resultados do presente estudo concordam com outros estudos que reportaram uma ação mais eficiente da agitação ultrassônica (Rodig et al. 2010, Blank-Gonçalves et al. 2011, da Costa Lima et al. 2015, Duque et al. 2017) o que pode ser atribuído à vibração acústica e o efeito de cavitação do irrigante, produto da energia transmitida através de ondas ultrassônicas (Roy et al. 1994), gerando ondas de choque favorecendo a remoção da smear layer.

Complementarmente, um outro aspecto abordado foi a análise dos segmentos internos ou regiões de interesse (A, B e C) de cada hemisseccção (mesial e distal) das retrocavidades. Conforme o exposto anteriormente, o grupo ultrassom/EDTA 17% evidenciou uma remoção significativamente mais favorável do smear layer. Não obstante, foi o segmento B que apresentou uma maior quantidade de túbulos dentinários expostos, seguido pelos segmentos C e A respectivamente. Este comportamento poderia ser atribuído a uma diminuição da circulação unidirecional constante no fluxo acústico do irrigante (Walmsley 1987) ou uma maior movimentação líquida na porção média da cavidade.

Estudos prévios têm demonstrado a importância de uma adequada dilatação apical com a finalidade de criar o espaço suficiente para uma irrigação efetiva promovendo uma maior penetração das soluções irrigadoras (Bernardes et al. 2015, da Costa Lima et al. 2015). Segundo Khademi et al. (2006), em um tratamento convencional a dilatação apical de 0.30mm de diâmetro possibilita uma remoção completa do smear layer. No presente estudo, e dada sua finalidade, as cavidades retrógradas foram preparadas ultrassonicamente com uma dilatação apical aproximada de 1.5mm de diâmetro, dos quais, 1.3 mm correspondem ao diâmetro da ponta ultrassônica e 0.2 mm restantes ao acréscimo padrão correspondente à regularização das paredes. Esta característica facilita uma adequada inserção da agulha irrigadora assim como do

inserto ultrassônico, o que tem se relatado como um impacto positivo no fluxo hidrodinâmico da solução irrigadora (da Costa Lima et al. 2015).

A segunda etapa revelou que, embora tenha sido empregado um único material retrobturador (cimento Portland) nos 4 grupos experimentais, os diferentes protocolos de irrigação influenciaram significativamente na resistência de união da interface dentina-material retrobturador. A confirmação do cimento Portland como principal componente (75%) do Agregado de Trióxido Mineral (MTA) tem motivado sua exaustiva exploração (Dreger et al. 2012), considerando superar as limitações físicas do MTA da Dentsply em relação ao tempo prolongado de presa e a dificuldade para sua manipulação (Camilleri et al. 2005). Diversos estudos têm mostrado resultados biológicos positivos e constituintes químicos similares ao MTA, sugerindo-se, inclusive, sua aplicação clínica na prática endodôntica (Estrela et al. 2000, De-Deus et al. 2006), o que justifica, portanto, sua utilização no presente estudo.

A agitação ultrassônica associada a EDTA 17% melhorou a resistência de união de forma significativa em comparação aos outros três grupos de irrigação final ($P < 0.05$). Esta diferença poderia estar relacionada à capacidade hidráulica do CP para promover um maior travamento mecânico em presença de paredes dentinárias livres de smear layer e túbulos dentinários expostos. O CP é considerado um material hidrofílico que solidifica em presença de umidade, formando previamente um nó na superfície de cada partícula que cresce e expande até coalescer com nós de outras partículas de cimento favorecendo uma melhor adaptação do material obturador (Yeung et al. 2006). Dentro de uma perspectiva clínica, esta característica torna-se importante, dado que em condições biológicas, a interação físico-química entre o CP e a dentina permite o depósito de apatita carbonatada a partir da precipitação inicial do fosfato de cálcio como parte do processo de biomineralização intra-tubular que leva à formação de uma camada interfacial entre ambas estruturas, promovendo uma nucleação mineral controlada na dentina (Sarkar et al. 2005, Reyes-Carmona et al. 2009; Reyes-Carmona et al. 2010).

Por outro lado, os outros três grupos, ultrassom/solução salina, convencional/ solução salina e convencional/EDTA 17% apresentaram a menor resistência de união às paredes dentinárias, provavelmente devido a uma redução na superfície de contato entre a dentina e o material obturador em consequência da maior quantidade de smear layer remanescente. Além disso, a diminuição da capacidade hidráulica do material obturador poderia estar relacionada ao tamanho das partículas do CP. Segundo Dammaschke et al. (2005), o CP apresenta partículas com grande variabilidade de tamanho, que afeta a resistência de união como consequência da falta de uniformidade durante sua distribuição. No entanto, a literatura relata que são diversos os fatores que poderiam influenciar no comportamento físico-químico do material obturador afetando direta e/ou indiretamente na resistência de união (Ballal et al. 2009).

Apesar de ter sido recomendado como veículo na preparação do MTA, a água destilada (AD) dificulta a manipulação dos cimentos a base de silicato de cálcio devido a sua consistência arenosa e seca impedindo sua correta colocação (Marciano et al. 2016). No presente estudo foi utilizado propilenoglicol, um composto orgânico, viscoso, miscível em água com propriedades antimicrobianas e capaz de penetrar no interior dos túbulos dentinários (Cruz et al. 2002). Um estudo evidenciou que a adição de PG a AD em uma proporção de 20:80 respectivamente, aumenta o tempo de presa, favorece a fluidez, não interfere com o pH nem na liberação de íons cálcio, inclusive possibilita a obtenção de partículas mais finas (Duarte et al. 2012), e que quando associado aos cimentos de silicato de cálcio melhora a adesividade das obturações (Milani AS et al. 2013). Neste estudo, os valores de push-out dos grupos ultrassom/solução salina, convencional/solução salina e convencional/EDTA 17% concordam com estudos prévios mostrando resultados similares (Reyes-Carmona et al. 2010, Milani AS et al. 2013). Com particular destaque mostra-se o grupo ultrassom/EDTA 17%, que apresentou os resultados mais altos de resistência de união (6.423 ± 0.69), valores que, em média, triplicaram os valores dos outros três grupos. Esta diferença poderia ser atribuída à presença do PG, o qual influencia positivamente nas propriedades físicas e químicas do CP, decorrentes de uma melhor manipulação, maior fluidez e menor espessura do filme, promovendo uma adequada distribuição de CP no interior das retrocavidades como das irregularidades. Portanto,

as vantagens proporcionadas pelo PG em presença de paredes dentinárias livres de smear layer e uma maior exposição de túbulos dentinários, poderiam incrementar promissoriamente a resistência de união, influenciando de forma previsível e favorável na adaptação marginal e um selamento mais satisfatório (Milani AS et al. 2013).

Um dos mecanismos responsáveis pela resistência e vedamento do complexo mineral tricálcio, é a hidratação, processo essencial que participa na dissolução, precipitação e formação de estruturas microcristalinas sólidas deste tipo de materiais (Smith et al. 2007). Diversos estudos têm mostrado que o EDTA apresenta um efeito deletério no processo de hidratação, uma vez que interfere na formação do hidrato de silicato de cálcio; e que em conjunto ao hidróxido de cálcio são responsáveis pela aparição de locais de nucleação, podendo afetar, portanto, a microdureza e a resistência à compressão do material (Lee et al. 2007, Ballal et al. 2009). No entanto, os estudos prévios que relatam esta peculiaridade reportam espaços de tempo prolongados no uso do EDTA, variando entre 5, 15, 30 minutos até 7 dias (Lee et al. 2007; Smith et al. 2007, Neelakantan et al. 2015; Neelakantan et al. 2018). No presente estudo, foi utilizado EDTA 17% dada sua comprovada capacidade para remover smear layer (Sen et al. 1995, Torabinejad et al. 2003). Sem embargo, o tempo máximo de contato com as paredes dentinárias das retrocavidades foi unicamente de 60 segundos e sob aspiração constante independentemente do protocolo de irrigação abordado. Complementarmente, e uma vez finalizados os protocolos de irrigação, realizou-se uma última irrigação com solução salina para remover o EDTA residual conforme foi recomendado (Lee et al. 2007). Nessa situação, poderia se afirmar que a remoção do EDTA 17% foi realizada de maneira satisfatória, dado que os resultados da resistência de união entre ambas as soluções irrigadoras apresentaram valores próximos ($P < 0.05$). Do ponto de vista clínico, é importante prevenir a corrosão e dissolução do material retrobturador uma vez que sua deterioração pode comprometer a capacidade de selamento e o sucesso do tratamento endodôntico.

Com respeito ao padrão de falha, a inspeção visual possibilitou observar dois tipos de deslocamento entre o CP e a dentina, um do tipo adesivo, em maior número (55%) e outro do tipo mista (45%) em menor quantidade. Os achados do presente estudo

concordam com estudos prévios, que mostraram uma prevalência do padrão do tipo adesiva quando analisados diversos materiais retrobturadores a base de silicato de cálcio (Shokouhinejad et al. 2012, Adl et al. 2014, Akcay et al. 2016, Vivan et al. 2016, Vivan et al. 2016; do Carmo et al. 2018). No entanto, o grupo ultra-som/EDTA 17% foi o único que apresentou um padrão de falha do tipo mista em um 80% do total de corpos-de-prova, enquanto que o padrão dos outros grupos foi prevalentemente adesiva. Conforme já tem sido relatado anteriormente, estes achados poderiam ser atribuídos ao efeito promissório do PG (20%) que altera favoravelmente as propriedades físicas do CP, além de ser influenciada indiretamente pela ação físico-química da ativação ultrassônica. Como resultado, presume-se que são produzidas condições mecanicamente favoráveis, que uma vez em contato com o tecido dentinário, favorece uma maior capacidade de adaptação marginal, assim como uma expansão volumétrica mais homogênea do material retrobturador. A respeito da alteração das propriedades químicas, de acordo com Duarte et al. (2012), o PG (20%) associado a AD (80%) não acometeu o pH e a liberação de íons cálcio quando comparada a AD (100%). Inclusive, foi possível evidenciar valores altos de pH e íons cálcio uma vez completado um período de avaliação de 7 dias sem comprometimento aparente das propriedades químicas do material obturador Marciano et al. 2016).

Neste cenário, é importante ressaltar a função do efeito higroscópico do PG como um fator determinante durante o processo de hidratação do CP. Segundo Holland et al. (2007), a deposição de tecido duro é dependente da presença de água para desencadear a reação do óxido de cálcio do MTA e a subsequente produção de íons cálcio; que, por sua vez, permite uma interação com o dióxido de carbono dos tecidos periapicais possibilitando a formação de carbonato de cálcio dando início ao processo de mineralização. Assim, alguns estudos têm relatado que o PG teria o potencial para subtrair uma certa quantidade de água do veículo utilizado, a qual é necessária para completar o processo de hidratação do MTA (Natu et al. 2015, Marciano et al. 2016). De acordo com Natu et al. (2015), e após uma avaliação de 14 dias, a presença de PG poderia interferir na proliferação celular e consequentemente na expressão osteogénica responsável pelo processo de biomineralização. Isso em decorrência de uma maior quantidade de íons Ca^{2+} disponíveis durante o mecanismo homeostático celular que regula o nível de Ca^{2+} intracelular, promovendo uma regulação positiva

dos genes osteogénicos, porém, insuficiente para o aumento da expressão génica que dá início ao processo de diferenciação celular (Natu et al. 2015). Aliás, a liberação aumentada de íons cálcio impossibilitaria a modificação do perfil de pH do material sem resultar em uma maior diferenciação celular para formar tecidos mineralizados (Natu et al. 2015). Entretanto, em uma situação clínica, essa limitação poderia ser superada devido ao contato direto do material retrobturador com os fluidos do tecido conjuntivo periapical, ricos em água e dióxido de carbono, fornecendo a quantidade de água necessária para completar o processo de hidratação (Holland et al. 2007).

Finalmente, e diante o exposto, uma dúvida ressalta em virtude da necessidade de encontrar uma resposta que possibilite extrapolar nossos achados às exigências do cotidiano clínico: *Por que um estudo baseado na análise da remoção de smear layer, assim como da resistência de união poderia ser clinicamente relevante nos casos de cirurgia periapical?* A literatura tem relatado que tanto o ciclo mastigatório quanto as cargas oclusais provocam uma série de efeitos na estrutura dentária que afetam a qualidade do selamento apical do material retrobturador e interfere no subsequente processo de reparo. Segundo Blum & Abadie (1997), a geração de diferentes ciclos mastigatórios provocou uma diminuição dimensional significativa na estrutura dentária, assim como uma infiltração apical retrocavitária, correlacionando a presença de cargas oclusais com uma deterioração progressiva das restaurações. De acordo com Peters & Peters (2002), a adaptação marginal torna-se diminuída após ciclos de mordida repetitivos, além de observar a formação de diferentes tipos de microfratutas tanto na estrutura dentária quanto no material retroobturador. Para Kishen et al. (2005), as forças mastigatórias provocaram uma flexão do osso periapical sob diferentes padrões de distribuição de estresse, com tensões compressivas no lado lingual e de tração no lado vestibular da região apical; quando realizadas de forma cíclica, e em presença de umidade, favoreceram o movimento dos fluidos periapicais no interior da porção apical do canal radicular, e na medida que o espaço do canal radicular se encontrava desidratado, o fluxo de fluidos periapicais foi maior na região extraradicular.

Assim, os achados experimentais encontrados no presente estudo, evidenciam o efeito positivo da agitação ultrassônica que possibilitou uma maior quantidade de smear layer removido da superfície dentinária, assim como uma resistência de união superior ao material retrobturador. Portanto, tornam-se relevantes perante a necessidade de um completo selamento apical, uma vez que, tanto a função mastigatória quanto as cargas oclusais poderiam provocar uma deterioração da adaptação marginal progressiva, comprometendo o prognóstico a longo prazo dos dentes submetidos à cirurgia periapical.

Conclusão

Diante dos resultados obtidos, foi possível concluir que:

- O uso de um novo inserto ultrassônico para ativação do irrigante, associado a EDTA 17%, promoveu uma remoção mais eficiente do smear layer
- O uso de um novo inserto ultrassônico para ativação do irrigante, associado a EDTA 17%, favoreceu maior resistência de união do material retrobturador às paredes dentinárias em preparos retrógrados.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pela concessão de bolsa de estudos para Yahir Muñoz Valencia.

Declaração de conflito de interesse

Os outros autores declararam explicitamente que não há conflitos de interesse relacionados a este artigo.

Referências

Adl A, Sobhnamayan F, Kazemi O (2014) Comparison of push-out bond strength of mineral trioxide aggregate and calcium enriched mixture cement as root end filling materials. *Dental Research Journal* **11**(5), 564-567.

- Akcay H, Arslan H, Akcay M, Mese M, Sahin NN (2016) Evaluation of the bond strength of root-end placed mineral trioxide aggregate and Biodentine in the absence/presence of blood contamination. *European Journal of Dentistry* **10**(3), 370-375.
- Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S (2009) Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics* **35**(11), 1573-1576.
- Bernardes RA, Duarte MaH, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM (2015) Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal* **49**(9), 890-897.
- Blank-Gonçalves LM, Nabeshima CK, Martins GHR, Machado MEdL (2011) Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics* **37**(9), 1268-1271.
- Blum JY, Abadie MJ (1997) Study of the Nd:YAP laser. Effect on canal cleanliness. *Journal of Endodontics* **23**(11), 669-675.
- Boutsioukis C, Kastrinakis E, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM (2014) Formation and removal of apical vapor lock during syringe irrigation: a combined experimental and Computational Fluid Dynamics approach. *International Endodontic Journal* **47**(2), 191-201.
- Bystrom A, Sundqvist G (1985) The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal* **18**(1), 35-40.
- Caliskan MK, Turkun M, Turkun LS (1998) Effect of calcium hydroxide as an intracanal dressing on apical leakage. *International Endodontic Journal* **31**(3), 173-177.
- Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR (2005) The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *International Endodontic Journal* **38**(11), 834-842.
- Cruz EV, Kota K, Huque J, Iwaku M, Hoshino E (2002) Penetration of propylene glycol into dentine. *International Endodontic Journal* **35**(4), 330-336.
- da Costa Lima GA, Aguiar CM, Camara AC, Alves LC, Dos Santos FAB, do Nascimento AE (2015) Comparison of smear layer removal using the Nd:YAG laser, ultrasound, ProTaper Universal system, and CanalBrush methods: an in vitro study. *Journal of Endodontics* **41**(3), 400-404.
- Dammaschke T, Gerth HUV, Züchner H, Schäfer E (2005) Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* **21**(8), 731-738.
-

De-Deus G, Petruccelli V, Gurgel-Filho E, Coutinho-Filho T (2006) MTA versus Portland cement as repair material for furcal perforations: a laboratory study using a polymicrobial leakage model. *International Endodontic Journal* **39**(4), 293-298.

De-Deus G, Reis C, Paciornik S (2011) Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**(4), 531-543.

do Carmo SS, Néspoli FFP, Bachmann L *et al.* (2018) Influence of early mineral deposits of silicate- and aluminate-based cements on push-out bond strength to root dentine. *International Endodontic Journal* **51**(1), 92-101.

Dreger LAS, Felipe WT, Reyes-Carmona JF, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MCS (2012) Mineral trioxide aggregate and Portland cement promote biomineralization in vivo. *Journal of Endodontics* **38**(3), 324-329.

Duarte MaH, Alves de Aguiar K, Zeferino MA *et al.* (2012) Evaluation of the propylene glycol association on some physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate. *International Endodontic Journal* **45**(6), 565-570.

Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF *et al.* (2017) Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *Journal of Endodontics* **43**(2), 326-331.

Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pécora JD (2000) Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Brazilian Dental Journal* **11**(1), 3-9.

Formosa LM, Mallia B, Camilleri J (2014) Push-out bond strength of MTA with antiwashout gel or resins. *International Endodontic Journal* **47**(5), 454-462.

Gu X-H, Mao C-Y, Kern M (2009) Effect of different irrigation on smear layer removal after post space preparation. *Journal of Endodontics* **35**(4), 583-586.

Holland R, Mazuqueli L, de Souza V, Murata SS, Dezan Júnior E, Suzuki P (2007) Influence of the type of vehicle and limit of obturation on apical and periapical tissue response in dogs' teeth after root canal filling with mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* **33**(6), 693-697.

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**(1), 34-46.

Hülsmann M, Rummelin C, Schafer F (1997) Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *Journal of Endodontics* **23**(5), 301-306.

- Kadić S, Baraba A, Miletić I *et al.* (2018) Push-out bond strength of three different calcium silicate-based root-end filling materials after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Clinical Oral Investigations* **22**(3), 1559-1565.
- Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegriane RA, Fontana CE, de Martin AS (2016) Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Endodontics* **42**(4), 659-663.
- Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M (2006) Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *Journal of Endodontics* **32**(5), 417-420.
- Kim S, Kratchman S (2006) Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *Journal of Endodontics* **32**(7), 601-623.
- Lee YL, Lin FH, Wang WH, Ritchie HH, Lan WH, Lin CP (2007) Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate. *Journal of Dental Research* **86**(6), 534-538.
- Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2017) Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *International Endodontic Journal* **50**(4), 398-406.
- 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**(4), 335-343.
- Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L (2014) Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of Endodontics* **40**(4), 580-583.
- Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD (1984) Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics* **10**(10), 477-483.
- Malentacca A, Uccioli U, Mannocci F *et al.* (2018) The comparative effectiveness and safety of three activated irrigation techniques in the isthmus area using a transparent tooth model. *International Endodontic Journal* **51 Suppl 1**, e35-e41.
- Marciano MA, Guimarães BM, Amoroso-Silva P, Camilleri J, Hungaro Duarte MA (2016) Physical and Chemical Properties and Subcutaneous Implantation of Mineral Trioxide Aggregate Mixed with Propylene Glycol. *Journal of Endodontics* **42**(3), 474-479.
- McComb D, Smith DC (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics* **1**(7), 238-242.
- Natu VP, Dubey N, Loke GCL *et al.* (2015) Bioactivity, physical and chemical properties of MTA mixed with propylene glycol. *Journal of applied oral science* **23**(4), 405-411.
-

Neelakantan P, Berger T, Primus C, Shemesh H, Wesselink PR (2018) Acidic and alkaline chemicals' influence on a tricalcium silicate-based dental biomaterial. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials* **107**(2), 377-387.

Neelakantan P, Nandagopal M, Shemesh H, Wesselink P (2015) The effect of root dentin conditioning protocols on the push-out bond strength of three calcium silicate sealers. *International Journal of Adhesion and Adhesives* **60**, 104-108.

Nery MJ, Souza V, Holland R (1974) Reação do coto pulpar e tecidos periapicais de dentes de cães a algumas substâncias empregadas no preparo biomecânico dos canais radiculares. *Rev Fac Odont Araçatuba* **3**, 245-259.

Orstavik D, Haapasalo M (1990) Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontics & Dental Traumatology* **6**(4), 142-149.

Paulson L, Ballal NV, Bhagat A (2018) Effect of Root Dentin Conditioning on the Pushout Bond Strength of Biodentine. *Journal of Endodontics* **44**(7), 1186-1190.

Peters CI, Peters OA (2002) Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal* **35**(1), 22-29.

Pitt Ford TR, Roberts GJ (1990) Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings. *International Endodontic Journal* **23**(5), 233-238.

Prompteecha S, Sastraruji T, Louwakul P, Srisuwan T (2018) Dynamic Irrigation Promotes Apical Papilla Cell Attachment in an Ex Vivo Immature Root Canal Model. *Journal of Endodontics* **44**(5), 744-750.

Qian W, Shen Y, Haapasalo M (2011) Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics* **37**(10), 1437-1441.

Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT (2009) Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *Journal of Endodontics* **35**(5), 731-736.

Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT (2010) The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. *Journal of Endodontics* **36**(2), 286-291.

Rodig T, Dollmann S, Konietzschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M (2010) Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *Journal of Endodontics* **36**(12), 1983-1987.

Rodrigues CT, Duarte MAH, Guimarães BM, Vivan RR, Bernardineli N (2017) Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment. *Brazilian Oral Research* **31**, e113.

Rosales-Leal J-I, Olmedo-Gaya V, Vallecillo-Capilla M, Luna-del Castillo J-d-D (2011) Influence of cavity preparation technique (rotary vs. ultrasonic) on microleakage and marginal

fit of six end-root filling materials. *Medicina Oral, Patologia Oral Y Cirugia Bucal* **16**(2), e185-189.

Roy RA, Ahmad M, Crum LA (1994) Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *International Endodontic Journal* **27**(4), 197-207.

Salem Milani A, Froughreyhani M, Charchi Aghdam S, Pournaghiazar F, Asghari Jafarabadi M (2013) Mixing with propylene glycol enhances the bond strength of mineral trioxide aggregate to dentin. *Journal of Endodontics* **39**(11), 1452-1455.

Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I (2005) Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* **31**(2), 97-100.

Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA (2015) Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *Journal of Endodontics* **41**(8), 1359-1363.

Sen BH, Wesselink PR, Turkun M (1995) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal* **28**(3), 141-148.

Shokouhinejad N, Razmi H, Fekrazad R *et al.* (2012) Push-out bond strength of two root-end filling materials in root-end cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser or ultrasonic technique: Bond Strength of Two Root-End Fillings. *Australian Endodontic Journal* **38**(3), 113-117.

Silva-Neto RD, Sousa-Neto MD, Pécora JD, Palma-Dibb RG, Souza-Gabriel AE (2018) Wear profile of canal wall surfaces and bond strength of endodontic sealers after in situ acid challenge. *International Endodontic Journal* **51**(3), 364-374.

Siqueira JF, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M (1998) Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *Journal of Endodontics* **24**(6), 414-416.

Smith JB, Loushine RJ, Weller RN *et al.* (2007) Metrologic evaluation of the surface of white MTA after the use of two endodontic irrigants. *Journal of Endodontics* **33**(4), 463-467.

Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M (2012) Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal* **45**(4), 363-371.

Tartari T, Oda DF, Zancan RF *et al.* (2017) Mixture of alkaline tetrasodium EDTA with sodium hypochlorite promotes in vitro smear layer removal and organic matter dissolution during biomechanical preparation. *International Endodontic Journal* **50**(1), 106-114.

Tay FR, Gu L-S, Schoeffel GJ *et al.* (2010) Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of Endodontics* **36**(4), 745-750.

Torabinejad M (2014) *Mineral Trioxide Aggregate: Properties and Clinical Applications*, 1st edn Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J *et al.* (2003) A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics* **29**(3), 170-175.

- van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR (2007) Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal* **40**(6), 415-426.
- Vera J, Arias A, Romero M (2012) Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: the effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals-an in vivo study. *Journal of Endodontics* **38**(2), 200-203.
- Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S (2017) Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal* **51**(6), 605-621.
- Vivan RR, Guerreiro-Tanomaru JM, Bernardes RA, Reis JMSN, Hungaro Duarte MA, Tanomaru-Filho M (2016) Effect of ultrasonic tip and root-end filling material on bond strength. *Clinical Oral Investigations* **20**(8), 2007-2011.
- Vivan RR, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Costa BC, Duarte MAH, Tanomaru-Filho M (2016) Push-out Bond Strength of Root-end Filling Materials. *Brazilian Dental Journal* **27**(3), 332-335.
- von der Fehr FR, Östby BN (1963) Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* **16**(2), 199-205.
- Walmsley AD (1987) Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *International Endodontic Journal* **20**(3), 105-111.
- Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR (2000) Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *International Endodontic Journal* **33**(4), 340-345.
- Yeung P, Liewehr FR, Moon PC (2006) A quantitative comparison of the fill density of MTA produced by two placement techniques. *Journal of Endodontics* **32**(5), 456-459.
- Zehnder M (2006) Root canal irrigants. *Journal of Endodontics* **32**(5), 389-398.
-

Legenda das Tabelas:

Tabela 1 Mediana, mínimo e máximo dos escores baseado nas porcentagens de túbulos dentinários visíveis nos segmentos A, B e C entre grupos.

Tabela 2 Valores do teste de resistência de união e distribuição do padrão de falha

Legenda das Figuras:

Figura 1 Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) mostrando o efeito da ativação ultrassônica associada à solução salina nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.

Figura 2 Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) exibindo o efeito da irrigação convencional associada à solução salina nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.

Figura 3 Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) mostrando o efeito da ativação ultrassônica associada ao EDTA 17% nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.

Figura 4 Fotomicrografia representativa da microscopia eletrônica de varredura (x250) exibindo o efeito da irrigação convencional associada ao EDTA 17% nos segmentos A, B e C da superfície dentinária interna dos preparos retrógrados.

Grupo (n=18)	Total	Segmentos		
		Parte A	Parte B	Parte C
Ultra-som/solução salina	0 (0 - 4)C	0 (0 - 1)Ca	0 (0 - 3)Ca	0 (0 - 4)Ba
Convencional/solução salina	0 (0 - 1)C	0 (0 - 1)Ca	0 (0 - 0)Ca	0 (0 - 1)Ba
Ultra-som/EDTA 17%	2 (0 - 4)A	2 (0 - 4)Aa	3 (0 - 4)Aa	2 (1 - 4)Aa
Convencional/EDTA 17%	1 (0 - 4)B	1 (0 - 4)Ba	1 (0 - 4)Ba	1 (0 - 4)Aa

A, B, C - Para cada coluna, diferentes letras maiúsculas sobrescritas indicam diferença estatística entre os grupos. ($P < 0.05$)

a - Para cada fila, diferentes letras minúsculas sobrescritas indicam diferença estatística intra-grupo. ($P < 0.05$)

Grupo (n=10)	Push-out	Tipo de falha (%)	
		Adesiva	Mista
Ultrassom/solução salina	2.27 ± 0.39C	6 (60%)	4 (40%)
Convencional/solução salina	2.25 ± 0.38C	7 (70%)	3 (30%)
Ultrassom/EDTA 17%	6.42 ± 0.69A	2 (20%)	8 (80%)
Convencional/EDTA 17%	2.86 ± 0.27B	7 (70%)	3 (30%)

A, B, C - Para cada coluna, diferentes letras maiúsculas sobrescritas indicam diferença estatística entre os grupos. (P < 0.05)

Ultra-som/EDTA 17%-250x

3 DISCUSSÃO

3 DISCUSSÃO

A ativação ultrassônica constitui um complemento imprescindível durante a irrigação do sistema de canais radiculares, uma vez que complementa de forma positiva a eficiência química e mecânica das soluções irrigadoras (Macedo et al. 2014). No presente estudo foram associadas duas metodologias para avaliar, isoladamente, o impacto de um novo inserto ultrassônico para agitação da solução irrigadora em preparos retrógrados. Em decorrência dos resultados significativamente melhores da agitação ultrassônica quando comparada à irrigação convencional, a hipótese nula foi rejeitada, uma vez que o novo inserto ultrassônico evidenciou uma remoção de smear layer mais eficaz, influenciando positivamente na resistência de união.

A MEV em baixo vácuo representa uma ferramenta que possibilita a visualização da eficiência de diversos protocolos de irrigação, permitindo uma avaliação direta, em alta resolução das superfícies dentinárias, tanto antes, durante como depois das diversas etapas experimentais, reduzindo extensos períodos de tempo, além de planejar múltiplas fases para sua preparação (Kato et al. 2016). Por outro lado, o teste de push-out constitui um método eficiente, confiável e reproduzível na determinação da resistência de união entre a dentina e o material obturador produto da tensão de cisalhamento originada nesta interface (Formosa et al. 2014, Silva-Neto et al. 2018). Adicionalmente, situa-se indiretamente associado à capacidade de selamento do material obturador, possibilitando contrastá-lo com uma condição clínica de estresse (do Carmo et al. 2018, Paulson et al. 2018).

A avaliação da capacidade de limpeza foi realizada através de um sistema de análise por escores, determinando qualitativamente a presença de smear layer remanescente nas superfícies dentinárias das paredes do canal radicular obstruindo a luz dos túbulos dentinários nos preparos retrógrados. Complementarmente, acondicionou-se uma grade de ponderação com quadriculas distribuídas de forma equidistante (10x10), possibilitando uma observação mais objetiva (Rodrigues et al. 2017). Não obstante, tem sido recomendada uma análise quantitativa automatizada, utilizando softwares especializados com o propósito de limitar a presença de viés no decurso da observação e a análise (De-Deus et al. 2011, Schmidt et al. 2015). De

outro modo, o coeficiente de concordância de Kappa foi implementado com a finalidade de atingir um nível de consenso inter-avaliador, facilitando a verificação do grau de correspondência entre os avaliadores de forma independente. Neste estudo, o local de análise, a magnificação e a demarcação predefinida da aquisição de imagens da região anatômica de interesse foi padronizada com a finalidade de reproduzir os diferentes estádios de avaliação para cada um dos grupos. Assim, assegurou-se uma comparação mais uniforme e controlada na leitura e interpretação da capacidade de limpeza entre os diferentes grupos avaliados, o que aumenta notoriamente a credibilidade dos resultados (Kato et al. 2016).

Na primeira etapa, e uma vez concluído o preparo das cavidades retrógradas, avaliou-se o efeito de 4 protocolos de irrigação final. Os resultados demonstraram que nenhum dos protocolos avaliados atingiu uma remoção completa do smear layer nas superfícies dentinárias das paredes do canal radicular. No entanto, os grupos tratados com EDTA 17% mostraram uma remoção significativamente favorável de smear layer. Assim, as fotomicrografias evidenciaram que a agitação ultrassônica promoveu uma maior remoção de smear layer, causando uma maior exposição de túbulos dentinários abertos quando comparados à irrigação convencional ($P < 0.05$). Estes resultados são clinicamente relevantes, dado que a compactação do smear layer reduz a adaptação dos materiais obturadores às paredes dentinárias, e que em presença de fluidos tissulares, provoca sua degradação, aumentando o risco de filtração, além de comprometer a capacidade de selamento do material obturador (Pitt Ford & Roberts 1990, Torabinejad et al. 2003, van der Sluis et al. 2007). Por outro lado, o smear layer poderia provocar falhas na obturação retrógrada após cirurgia periapical (Pitt Ford & Roberts 1990). Certamente, nossos resultados concordam com estudos prévios, que atribuem uma ação mais eficiente da agitação ultrassônica (Rodig et al. 2010, Blank-Gonçalves et al. 2011, da Costa Lima et al. 2015, Duque et al. 2017) à vibração acústica e o efeito de cavitação da solução irrigadora em decorrência das ondas ultrassônica provocadas pela energia transmitida (Roy et al. 1994), gerando ondas de choque que favorecem a remoção de smear layer.

Paralelamente, um outro aspecto de interesse foi a avaliação separada dos segmentos internos (A, B, C) de cada hemisseccção (mesial e distal) das cavidades retrógradas preparadas. Da mesma forma, o grupo ultra-som/EDTA 17% mostrou uma remoção significativamente maior do smear layer. No entanto, o segmento B

apresentou um maior número de túbulos dentinários expostos, seguido pelos segmentos C e A respectivamente. Este achado poderia ser atribuído a uma redução na circulação unidirecional constante do fluxo acústico do irrigante (Walmsley 1987) ou uma maior movimentação líquida na porção média da cavidade.

Por outro lado, estudos prévios mostraram a necessidade de criar um espaço ou dilatação apical que permita uma irrigação efetiva, assim como uma maior penetração das soluções irrigadoras (Bernardes et al. 2015, da Costa Lima et al. 2015). Segundo Khademi et al. (2006), convencionalmente, uma dilatação apical de 0.30 mm de diâmetro possibilitaria uma remoção completa do smear layer. Neste estudo, e dada sua finalidade, as cavidades retrógradas foram preparadas ultrassonicamente com uma dilatação apical aproximada de 1.5 mm de diâmetro, dos quais, 1.3 mm correspondem ao diâmetro da ponta ultrassônica e os 0.2 mm restantes ao acréscimo padrão da regularização das paredes. Este detalhe favorece uma correta inserção tanto da agulha irrigadora quanto do inserto ultrassônico para a agitação do irrigante, o qual impacta positivamente no fluxo hidrodinâmico da solução irrigadora (da Costa Lima et al. 2015).

A segunda etapa experimental evidenciou que, independentemente do único tipo de material retrobturador utilizado neste estudo (cimento Portland), os diferentes protocolos de irrigação influenciaram significativamente na resistência de união da interface dentina-material retrobturador dos 4 grupos. O cimento Portland constitui o principal componente (75%) do Agregado de Trióxido Mineral (MTA), o que tem incentivado uma exaustiva exploração (Dreger et al. 2012) na busca de superar as limitações física do MTA Dentsply, em razão da dificuldade para sua manipulação e tempo prolongado de presa (Camilleri et al. 2005). Estudos prévios têm demonstrado a presença de constituintes químicos similares ao MTA assim como resultados biológicos favoráveis, o que tem sugerido e motivado sua aplicação clínica na prática endodôntica (Estrela et al. 2000, De-Deus et al. 2006), justificando, portanto, sua utilização neste estudo.

Os resultados mostraram que a agitação ultrassônica associada a EDTA 17% melhorou significativamente a resistência de união quando comparada aos outros três grupos de irrigação final ($P < 0.05$). Esta diferença poderia ser atribuída à capacidade hidráulica do CP, que em presença de paredes dentinárias livres de smear layer e com túbulos dentinários expostos promove um maior travamento mecânico. A

hidrofilicidade do CP beneficia sua solidificação em presença de umidade através da formação de nós na superfície de cada partícula, a quais crescem e expandem coalescendo com os nós de outras partículas de cimento, provocando uma melhor adaptação do material obturador (Yeung et al. 2006). Clinicamente, esta peculiaridade torna-se importante em vista da interação físico-química entre o CP e a dentina, e que em condições biológicas favoráveis promove uma nucleação mineral controlada a partir do depósito de apatita carbonatada em consequência da precipitação inicial do fosfato de cálcio como parte do processo de biomineralização intra-tubular, levando à formação de uma camada interfacial entre ambas estruturas (Sarkar et al. 2005, Reyes-Carmona et al. 2009; Reyes-Carmona et al. 2010).

Em contraste, os outros três grupos restantes, ultra-som/solução salina, convencional/ solução salina e convencional/EDTA 17%, evidenciaram uma menor resistência de união às paredes dentinárias, presumivelmente, como resultado de uma maior quantidade de smear layer remanescente, reduzindo a superfície de contato entre a dentina e o material obturador. Adicionalmente, o tamanho das partículas do CP, poderiam influenciar na diminuição da capacidade hidráulica do material retrobturador. De acordo com Dammaschke et al. (2005), a grande variabilidade de tamanho das partículas do CP, representa um fator determinante que poderia afetar a resistência de união dada a ausência de homogeneidade durante sua distribuição. Entretanto, a literatura relata que existem outras condicionantes que poderiam afetar direta e/ou indiretamente no comportamento físico-químico do material obturador na resistência de união (Ballal et al. 2009).

Conquanto tenha sido recomendado como veículo na preparação do MTA, a presença de água destilada torna dificultosa a manipulação dos cimentos a base de silicato de cálcio dada sua consistência arenosa e seca, o que acomete sua correta colocação (Marciano et al. 2016). No presente estudo, e em associação à AD, foi utilizado um composto viscoso, orgânico e miscível em água conhecido como propilenoglicol, que apresenta propriedades antimicrobianas e tem a capacidade de penetrar no interior dos túbulos dentinários (Cruz et al. 2002). De acordo com um estudo, a adição de PG a AD em uma proporção de 20% e 80% respectivamente, favorece a fluidez, acrescenta o tempo de presa e não interfere na liberação de íons cálcio nem com o pH, propiciando a obtenção de partículas mais finas (Duarte et al. 2012), e até mesmo, melhorando a adesividade das obturações quando associado

aos cimentos de silicato de cálcio (Milani AS et al. 2013). Os resultados deste estudo encontram-se em concordância com estudos prévios, uma vez que os grupos ultra-som/solução salina, convencional/solução salina e convencional/EDTA 17% apresentam valores similares (Reyes-Carmona et al. 2010, Milani AS et al. 2013). Com específica notoriedade, o grupo ultra-som/EDTA 17% apresentou os resultados mais altos de resistência de união (6.423 ± 0.69), valores que, em média, triplicaram os valores dos outros três grupos avaliados. Esta discrepância poderia ser atribuída à influência positiva do PG nas propriedades físicas e químicas do CP, o que se traduz em uma melhor manipulação, maior fluidez, menor espessura do filme, favorecendo uma melhor distribuição do CP na superfície dentinária interna das retrocavidades como das suas irregularidades. Por conseguinte, o efeito positivo do PG em presença de tecido dentinário livre de smear layer, assim como uma maior exposição de túbulos dentinários, acrescentariam favoravelmente a resistência de união, além de atuar de forma previsível e proveitosa na adaptação marginal e um selamento mais satisfatório (Milani AS et al. 2013).

A hidratação é um processo essencial responsável pela resistência e vedamento do complexo mineral tricálcio, e que participa na dissolução, precipitação e formação de estruturas microcristalinas sólidas desta variedade de materiais (Smith et al. 2007). Diversos estudos têm relatado que o EDTA apresenta um efeito deletério no processo de hidratação, acometendo na formação do hidrato de silicato de cálcio, que conjuntamente ao hidróxido de cálcio responsabilizam-se pela aparição de locais de nucleação, o que poderia afetar tanto a microdureza quanto a resistência à compressão do material (Lee et al. 2007, Ballal et al. 2009). Entretanto, os estudos que relatam esta particularidade, atribuem espaços prolongados de tempo quando utilizado o EDTA, 5, 15, 30 minutos ou até 7 dias (Lee et al. 2007; Smith et al. 2007, Neelakantan et al. 2015; Neelakantan et al. 2018). No presente estudo foi empregado EDTA 17%, devido à sua comprovada capacidade para remover o smear layer (Sen et al. 1995, Torabinejad et al. 2003), sendo que, o tempo de contato máximo do EDTA 17% com as superfícies dentinárias foi de 60 segundos, para logo depois ser removido sob aspiração constante. Uma vez que os protocolos de irrigação foram finalizados, realizou-se uma última irrigação com solução salina procurando remover o EDTA residual (Lee et al. 2007). Neste cenário, os resultados da resistência de união entre ambas as soluções irrigadoras evidenciam valores próximos, o que poderia indicar

que foi realizada satisfatoriamente ($P < 0.05$). Desde uma perspectiva clínica, a deterioração do material obturador poderia comprometer a capacidade de selamento, por tanto, em virtude do sucesso do tratamento endodôntico a longo prazo, torna-se importante prevenir tanto a corrosão como dissolução do material retrobturador.

Em referência ao padrão de falha, unicamente foram evidenciados dos tipos de deslocamento, um do tipo adesivo (55%), e outro do tipo mista (45%). Nossos achados concordam com estudos anteriores, que avaliaram diferentes materiais a base de silicato de cálcio evidenciando um maior predomínio do padrão do tipo adesivo (Shokouhinejad et al. 2012, Adl et al. 2014, Akcay et al. 2016, Vivan et al. 2016, Vivan et al. 2016; do Carmo et al. 2018). Não obstante, o padrão de falha do tipo mista, apenas foi evidenciado no grupo ultra-som/EDTA 17% com uma prevalência de até 80% dos casos, sendo predominantemente do tipo adesiva nos grupos restantes. Conforme ao discutido com anterioridade, a alteração positiva das propriedades físicas do CP poderia ser uma consequência do efeito promissório do PG (20%), além de ser influenciada indiretamente pela ação físico-química da ativação ultrassônica. Assim, especula-se que são proporcionadas condições mecanicamente favoráveis que promovem uma maior capacidade de adaptação, e uma expansão volumétrica mais homogênea do material obturador. No tocante à alteração das propriedades químicas, um estudo mostrou que a associação de PG (20%) não afetou a liberação de íons cálcio e o pH (Duarte et al. 2012) (63), até mesmo, foram observados valores altos de íons cálcio e pH após completar um período de 7 de avaliação, sem influenciar negativamente nas propriedades químicas do material obturador (Marciano et al. 2016).

Neste contexto, é importante ressaltar a capacidade higroscópica do PG durante o processo de hidratação. De acordo com Holland et al. (2007), a presença de água desempenha uma função essencial na deposição de tecido duro dada sua capacidade para provocar a reação do óxido de cálcio do MTA e a posterior liberação de íons cálcio; que por sua vez, possibilita a interação com o dióxido de carbono dos tecidos periapicais para a formação de carbonato de cálcio, dando início ao processo de mineralização. Desta forma, diversos estudos têm salientado a afinidade do PG para retirar uma determinada quantidade de água necessária para completar o processo de hidratação do MTA, a partir do veículo empregado (Natu et al. 2015, Marciano et al. 2016). Segundo Natu et al. (2015), a expressão osteogênica

responsável pelo processo de biomineralização, poderia ser afetada devido a interferência na proliferação celular como consequência da presença de PG. Isso como consequência de uma maior disponibilidade de íons Ca^{2+} no decurso do mecanismo homeostático celular responsável pelo regulamento do nível de Ca^{2+} intracelular, o que permite uma regulação positiva dos genes osteogênicos, contudo, limitada para o aumento da expressão gênica responsável pelo processo de diferenciação celular (Natu et al. 2015). Além disso, uma liberação excessiva de íons cálcio inviabilizaria uma modificação no perfil de pH do material sem promover a maior diferenciação celular que dá origem aos tecidos mineralizados (Natu et al. 2015). No entanto, este inconveniente clínico poderia ser elucidado devido à presença de fluidos do tecido conjuntivo periapical, ricos em água e dióxido de carbono, uma vez que em contato direto com o material obturador forneceria a quantidade de água necessária finalizar o processo de hidratação (Holland et al. 2007).

Noutros aspectos, a qualidade do selamento apical e o processo de reparo são presumíveis de afetação como consequência dos efeitos na estrutura dentária do ciclo mastigatório e as cargas oclusais. Segundo Blum et al. (1997), a geração de diferentes ciclos mastigatórios ocasionou uma diminuição dimensional significativa na estrutura dentária, assim como a infiltração apical retrocavitária, correlacionando a presença de cargas oclusais com uma deterioração progressiva das restaurações. Por outro lado, Peters & Peters (2002), evidenciaram a formação de diferentes tipos de microfraturas tanto na estrutura dentária quanto do material obturador, assim como uma adaptação marginal reduzida, após ciclos de mordida repetitivos. Segundo Kishen et al (2005), as forças mastigatórias provocaram uma flexão do osso periapical, evidenciando diferentes padrões de distribuição de estresse com presença de tensões compressivas e trassivas no lado lingual e vestibular da região periapical; sendo que, efetuados de forma cíclica, favoreceram o movimentos dos fluidos periapicais no interior da porção apical do canal radicular na presença de umidade, enquanto que o fluxo de fluidos periapicais foi maior na região extraradicular quando se encontrava desidratado.

Finalmente, os achados experimentais encontrados no presente estudo, mostram o efeito favorável da agitação ultrassônica tanto na remoção do smear layer quanto a resistência de união do material retrobturador. Por conseguinte, tornam-se importantes diante a necessidade clínica de um completo selamento apical, visto que,

a função mastigatória e as diferentes cargas oclusais poderiam influenciar negativamente na adaptação marginal, além de comprometer o prognóstico a longo prazo dos dentes submetidos a cirurgia periapical.

4 CONCLUSÃO

4 CONCLUSÃO

- O uso de um novo inserto ultrassônico para ativação do irrigante, associado a EDTA 17%, promoveu uma remoção mais eficiente do smear layer.
- O uso de um novo inserto ultrassônico para ativação do irrigante, associado a EDTA 17%, favoreceu maior resistência de união do material retrobturador às paredes dentinárias em preparos retrógrados.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- Adl A, Sobhnamayan F, Kazemi O (2014) Comparison of push-out bond strength of mineral trioxide aggregate and calcium enriched mixture cement as root end filling materials. *Dental Research Journal* **11**(5), 564-567.
- Akçay H, Arslan H, Akçay M, Mese M, Şahin NN (2016) Evaluation of the bond strength of root-end placed mineral trioxide aggregate and Biodentine in the absence/presence of blood contamination. *European Journal of Dentistry* **10**(3), 370-375.
- Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S (2009) Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics* **35**(11), 1573-1576.
- Bernardes RA, Duarte MaH, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM (2015) Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal* **49**(9), 890-897.
- Blank-Gonçalves LM, Nabeshima CK, Martins GHR, Machado MEdL (2011) Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics* **37**(9), 1268-1271.
- Blum JY, Abadie MJ (1997) Study of the Nd:YAP laser. Effect on canal cleanliness. *Journal of Endodontics* **23**(11), 669-675.
- Boutsioukis C, Kastrinakis E, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM (2014) Formation and removal of apical vapor lock during syringe irrigation: a combined experimental and Computational Fluid Dynamics approach. *International Endodontic Journal* **47**(2), 191-201.
- Bystrom A, Sundqvist G (1985) The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal* **18**(1), 35-40.
- Caliskan MK, Turkun M, Turkun LS (1998) Effect of calcium hydroxide as an intracanal dressing on apical leakage. *International Endodontic Journal* **31**(3), 173-177.
-

Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR (2005) The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *International Endodontic Journal* **38**(11), 834-842.

Cruz EV, Kota K, Huque J, Iwaku M, Hoshino E (2002) Penetration of propylene glycol into dentine. *International Endodontic Journal* **35**(4), 330-336.

da Costa Lima GA, Aguiar CM, Camara AC, Alves LC, Dos Santos FAB, do Nascimento AE (2015) Comparison of smear layer removal using the Nd:YAG laser, ultrasound, ProTaper Universal system, and CanalBrush methods: an in vitro study. *Journal of Endodontics* **41**(3), 400-404.

Dammaschke T, Gerth HUV, Züchner H, Schäfer E (2005) Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* **21**(8), 731-738.

De-Deus G, Petruccelli V, Gurgel-Filho E, Coutinho-Filho T (2006) MTA versus Portland cement as repair material for furcal perforations: a laboratory study using a polymicrobial leakage model. *International Endodontic Journal* **39**(4), 293-298.

De-Deus G, Reis C, Paciornik S (2011) Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* **112**(4), 531-543.

do Carmo SS, Néspoli FFP, Bachmann L *et al.* (2018) Influence of early mineral deposits of silicate- and aluminate-based cements on push-out bond strength to root dentine. *International Endodontic Journal* **51**(1), 92-101.

Dreger LAS, Felipe WT, Reyes-Carmona JF, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MCS (2012) Mineral trioxide aggregate and Portland cement promote biomineralization in vivo. *Journal of Endodontics* **38**(3), 324-329.

Duarte MaH, Alves de Aguiar K, Zeferino MA *et al.* (2012) Evaluation of the propylene glycol association on some physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate. *International Endodontic Journal* **45**(6), 565-570.

Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF *et al.* (2017) Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *Journal of Endodontics* **43**(2), 326-331.

Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pécora JD (2000) Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Brazilian Dental Journal* **11**(1), 3-9.

Formosa LM, Mallia B, Camilleri J (2014) Push-out bond strength of MTA with antiwashout gel or resins. *International Endodontic Journal* **47**(5), 454-462.

Gu X-H, Mao C-Y, Kern M (2009) Effect of different irrigation on smear layer removal after post space preparation. *Journal of Endodontics* **35**(4), 583-586.

Holland R, Mazuqueli L, de Souza V, Murata SS, Dezan Júnior E, Suzuki P (2007) Influence of the type of vehicle and limit of obturation on apical and periapical tissue response in dogs' teeth after root canal filling with mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* **33**(6), 693-697.

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**(1), 34-46.

Hülsmann M, Rummelin C, Schafer F (1997) Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *Journal of Endodontics* **23**(5), 301-306.

Kadić S, Baraba A, Miletić I *et al.* (2018) Push-out bond strength of three different calcium silicate-based root-end filling materials after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Clinical Oral Investigations* **22**(3), 1559-1565.

Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegri RA, Fontana CE, de Martin AS (2016) Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Endodontics* **42**(4), 659-663.

Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M (2006) Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *Journal of Endodontics* **32**(5), 417-420.

Kim S, Kratchman S (2006) Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *Journal of Endodontics* **32**(7), 601-623.

Lee YL, Lin FH, Wang WH, Ritchie HH, Lan WH, Lin CP (2007) Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate. *Journal of Dental Research* **86**(6), 534-538.

Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2017) Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *International Endodontic Journal* **50**(4), 398-406.

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**(4), 335-343.

Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L (2014) Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of Endodontics* **40**(4), 580-583.

Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD (1984) Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics* **10**(10), 477-483.

Malentacca A, Uccioli U, Mannocci F *et al.* (2018) The comparative effectiveness and safety of three activated irrigation techniques in the isthmus area using a transparent tooth model. *International Endodontic Journal* **51 Suppl 1**, e35-e41.

Marciano MA, Guimarães BM, Amoroso-Silva P, Camilleri J, Hungaro Duarte MA (2016) Physical and Chemical Properties and Subcutaneous Implantation of Mineral Trioxide Aggregate Mixed with Propylene Glycol. *Journal of Endodontics* **42**(3), 474-479.

McComb D, Smith DC (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics* **1**(7), 238-242.

Natu VP, Dubey N, Loke GCL *et al.* (2015) Bioactivity, physical and chemical properties of MTA mixed with propylene glycol. *Journal of applied oral science* **23**(4), 405-411.

Neelakantan P, Berger T, Primus C, Shemesh H, Wesselink PR (2018) Acidic and alkaline chemicals' influence on a tricalcium silicate-based dental biomaterial. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials* **107**(2), 377-387.

Neelakantan P, Nandagopal M, Shemesh H, Wesselink P (2015) The effect of root dentin conditioning protocols on the push-out bond strength of three calcium silicate sealers. *International Journal of Adhesion and Adhesives* **60**, 104-108.

Nery MJ, Souza V, Holland R (1974) Reação do coto pulpar e tecidos periapicais de dentes de cães a algumas substâncias empregadas no preparo biomecânico dos canais radiculares. *Rev Fac Odont Araçatuba* **3**, 245-259.

Orstavik D, Haapasalo M (1990) Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontics & Dental Traumatology* **6**(4), 142-149.

Paulson L, Ballal NV, Bhagat A (2018) Effect of Root Dentin Conditioning on the Pushout Bond Strength of Biodentine. *Journal of Endodontics* **44**(7), 1186-1190.

Peters CI, Peters OA (2002) Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal* **35**(1), 22-29.

Pitt Ford TR, Roberts GJ (1990) Tissue response to glass ionomer retrograde root fillings. *International Endodontic Journal* **23**(5), 233-238.

Prompteecha S, Sastraruji T, Louwakul P, Srisuwan T (2018) Dynamic Irrigation Promotes Apical Papilla Cell Attachment in an Ex Vivo Immature Root Canal Model. *Journal of Endodontics* **44**(5), 744-750.

Qian W, Shen Y, Haapasalo M (2011) Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics* **37**(10), 1437-1441.

Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT (2009) Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *Journal of Endodontics* **35**(5), 731-736.

Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT (2010) The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. *Journal of Endodontics* **36**(2), 286-291.

Rodig T, Dollmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M (2010) Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *Journal of Endodontics* **36**(12), 1983-1987.

Rodrigues CT, Duarte MAH, Guimarães BM, Vivan RR, Bernardineli N (2017) Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment. *Brazilian Oral Research* **31**, e113.

Rosales-Leal J-I, Olmedo-Gaya V, Vallecillo-Capilla M, Luna-del Castillo J-d-D (2011) Influence of cavity preparation technique (rotary vs. ultrasonic) on microleakage and marginal fit of six end-root filling materials. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal* **16**(2), e185-189.

Roy RA, Ahmad M, Crum LA (1994) Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *International Endodontic Journal* **27**(4), 197-207.

Salem Milani A, Froughreyhani M, Charchi Aghdam S, Pournaghiazar F, Asghari Jafarabadi M (2013) Mixing with propylene glycol enhances the bond strength of mineral trioxide aggregate to dentin. *Journal of Endodontics* **39**(11), 1452-1455.

Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I (2005) Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* **31**(2), 97-100.

Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA (2015) Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *Journal of Endodontics* **41**(8), 1359-1363.

Sen BH, Wesselink PR, Turkun M (1995) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal* **28**(3), 141-148.

Shokouhinejad N, Razmi H, Fekrazad R *et al.* (2012) Push-out bond strength of two root-end filling materials in root-end cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser or ultrasonic technique: Bond Strength of Two Root-End Fillings. *Australian Endodontic Journal* **38**(3), 113-117.

Silva-Neto RD, Sousa-Neto MD, Pécora JD, Palma-Dibb RG, Souza-Gabriel AE (2018) Wear profile of canal wall surfaces and bond strength of endodontic sealers after in situ acid challenge. *International Endodontic Journal* **51**(3), 364-374.

Siqueira JF, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M (1998) Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *Journal of Endodontics* **24**(6), 414-416.

Smith JB, Loushine RJ, Weller RN *et al.* (2007) Metrologic evaluation of the surface of white MTA after the use of two endodontic irrigants. *Journal of Endodontics* **33**(4), 463-467.

Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M (2012) Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal* **45**(4), 363-371.

Tartari T, Oda DF, Zancan RF *et al.* (2017) Mixture of alkaline tetrasodium EDTA with sodium hypochlorite promotes in vitro smear layer removal and organic matter

dissolution during biomechanical preparation. *International Endodontic Journal* **50**(1), 106-114.

Tay FR, Gu L-S, Schoeffel GJ *et al.* (2010) Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of Endodontics* **36**(4), 745-750.

Torabinejad M (2014) *Mineral Trioxide Aggregate: Properties and Clinical Applications*, 1st edn Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J *et al.* (2003) A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics* **29**(3), 170-175.

van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR (2007) Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal* **40**(6), 415-426.

Vera J, Arias A, Romero M (2012) Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: the effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals-an in vivo study. *Journal of Endodontics* **38**(2), 200-203.

Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S (2017) Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal* **51**(6), 605-621.

Vivan RR, Guerreiro-Tanomaru JM, Bernardes RA, Reis JMSN, Hungaro Duarte MA, Tanomaru-Filho M (2016) Effect of ultrasonic tip and root-end filling material on bond strength. *Clinical Oral Investigations* **20**(8), 2007-2011.

Vivan RR, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Costa BC, Duarte MAH, Tanomaru-Filho M (2016) Push-out Bond Strength of Root-end Filling Materials. *Brazilian Dental Journal* **27**(3), 332-335.

von der Fehr FR, Östby BN (1963) Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* **16**(2), 199-205.

Walmsley AD (1987) Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *International Endodontic Journal* **20**(3), 105-111.

Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR (2000) Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *International Endodontic Journal* **33**(4), 340-345.

Yeung P, Liewehr FR, Moon PC (2006) A quantitative comparison of the fill density of MTA produced by two placement techniques. *Journal of Endodontics* **32**(5), 456-459.

Zehnder M (2006) Root canal irrigants. *Journal of Endodontics* **32**(5), 389-398.

APÊNDICE

DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM DISSERTAÇÃO

Declararmos estarmos cientes de que o trabalho “**ANÁLISE DE UMA NOVA PONTA ULTRASSÔNICA PARA AGITAÇÃO DO IRRIGANTE EM PREPAROS RETRÓGRADOS**” será apresentado na dissertação do aluno Yahir Muñoz Valencia, e que não foi utilizado nem pode ser empregado em outra dissertação/tese dos Programas de Pós-Graduação da FOB-USP.

Bauru, 14 de janeiro de 2018.

Autor

Assinatura

Autor

Assinatura

Autor

Assinatura

Autor

Assinatura

Autor

Assinatura

Autor

Assinatura

ANEXO

07/01/2019

Plataforma Brasil

Saúde

Maristela Petenucci Ferrari - Secretária(a) | V3.2

[Projetos](#)
[Cadastros](#)
[Administrativo](#)
[Reunião](#)
[Relatórios](#)

USP - Faculdade de Odontolo

VIA PRODUÇÃO DE DOCUMENTOS

Você está em: CEP > Gerir Notificação

GERIR NOTIFICAÇÃO

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise de uma nova ponta ultrassônica para agitação do irrigante em preparos retrógrados
 Pesquisador Responsável: Yahir Muñoz Valencia
 Área Temática:
 Versão: 3
 CAAE: 94400318.2.0000.5417
 Submetido em: 05/12/2018
 Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia de Bauru
 Situação da Versão do Projeto: Parecer Consubstanciado Emitido (Aprovado)
 Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
 Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Final
 Detalhe:
 Justificativa:
 Data do Envio: 07/01/2019
 Situação da Notificação: Notificação em Validação Documental

DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA

- ▼ Versão Atual Aprovada (PO) - Versão 3
 - ▼ Pendência de Parecer (PO) - Versão 3
 - ▼ Notificação (N1) - USP - Faculdade de Odontologia de Bauru
 - ▼ Documentos da Notificação
 - Envio de Relatório Final
 - Curriculo do Pesquisador Responsável
 - Curriculo dos Assistentes
 - ▼ Documentos do Projeto
 - Comprovante de Recepção - Submissão
 - Folha de Rosto - Submissão 3
 - Informações Básicas do Projeto - Submissão 3
 - Outros - Submissão 3
 - Projeto Detalhado / Brochura Investigação
 - ▼ Apreciação 3 - USP - Faculdade de Odontologia de Bauru
 - ▼ Projeto Completo

Tipo de Documento

Situação

Arquivo

Postagem

Ações

Maristela
 Maristela Petenucci Ferrari
 Secretária- SRTE 43052
 Setor de Apoio às Comissões
 e Convênios-FOB-USP

DOCUMENTOS POSTADOS

Tipo Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Autor	Perfil	Ação
Envio de Relatório Final	Postado	Formulario_relatorio_final_Set2018.pdf	07/01/2019 15:27:37	Yahir Muñoz Valencia	Pesquisador Principal	
Envio de Relatório Final	Postado	Termo_de_Cessao_de_Dentes_RAP.pdf	07/01/2019 15:43:14	Yahir Muñoz Valencia	Pesquisador Principal	
Envio de Relatório Final	Postado	Termo_de_Cessao_de_Dentes_RDF.pdf	07/01/2019 15:44:19	Yahir Muñoz Valencia	Pesquisador Principal	

HISTÓRICO DE TRÂMITES

Apreciação	Data/Hora	Trâmite	Versão	Autor	Perfil	Origem	Destino	Informações
N1	07/01/2019 15:44:36	Notificação enviada	3	Yahir Muñoz Valencia	Pesquisador	PESQUISADOR	USP - Faculdade de Odontologia de Bauru da USP	

07/01/2019

Plataforma Brasil

LEGENDA:**(*) Avaliação**

PO = Projeto Original de Centro Coordenador

E = Emenda de Centro Coordenador

N = Notificação de Centro Coordenador

POp = Projeto Original de Centro Participante

Ep = Emenda de Centro Participante

Np = Notificação de Centro Participante

POc = Projeto Original de Centro Coparticipante

Ec = Emenda de Centro Coparticipante

Nc = Notificação de Centro Coparticipante

(*) Formação do CAAE [Voltar](#)[Adicionar Documento](#)[Rejeitar](#)[Aceitar](#)

Este sistema foi desenvolvido para o navegador Mozilla Firefox
(versão 5 ou superior)