



UNESP - Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Jéssica Arielli Pradelli

**Efeitos da ativação do EDTA por laser diodo ou com ultrassom na limpeza e
obturação dos canais radiculares**

Araraquara

2020



UNESP - Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Jéssica Arielli Pradelli

**Efeitos da ativação do EDTA por laser diodo ou com ultrassom na limpeza e
obturação dos canais radiculares**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Endodontia.

Orientador: Prof^o Dr^o Fábio Luiz Carmago Villela Berbert

Araraquara

2020

Pradelli, Jessica Arielli

Efeitos da ativação do EDTA por laser diodo ou com ultrassom na limpeza e obturação dos canais radiculares / Jessica Arielli Pradelli.-- Araraquara: [s.n.], 2020
59 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert

1. Lasers semicondutores 2. Ultrassom 3. Ácido edético.
I. Título

Jéssica Arielli Pradelli

**Efeitos da ativação do EDTA por laser diodo ou com ultrassom na limpeza e
obturação dos canais radiculares**

Comissão Julgadora

Para exame de obtenção do grau de Mestre em 2020

Presidente e orientador: Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

2º Examinador: Juliane Maria Gerreiro Tanomaru

3º Examinador: Naiana Viana Viola

Araraquara, 20 de março de 2020.

DADOS CURRICULARES

Jéssica Arielli Pradelli

NASCIMENTO: 27 de junho de 1991 – Araraquara -São Paulo

FILIAÇÃO: Gisele Dejjane Garcia

Luiz Marcelo Pradelli

2013 - 2017 Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FOAr - UNESP)

2018 - 2020 Especialização em Endodontia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FOAr - UNESP)

2018 - 2020 Pós-Graduação em Odontologia, Área de Endodontia, nível Mestrado na Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FOAr – UNESP)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente aos meus pais, Gisele e Edson, que desde a escola me deram suporte e conselhos para eu conseguir alcançar minhas metas, e ao meu irmão, João Victor que mesmo em busca de seus sonhos, nunca deixou de estar presente.

A minha avó Edna e as minhas tias Gismara e Gislaine, que sempre estiveram presentes na minha criação e educação.

Ao meu namorado, Bruno, por estar sempre aberto a me ajudar e me apoiar durante todos esses anos.

Aos meus amigos, que estão sempre presentes e que torcem tanto pelo meu sucesso.

Ao meu orientador, Fábio, pela oportunidade de ter realizado essa pesquisa e por me acolher desde a iniciação científica até o dia de hoje, me transmitindo todo seu conhecimento.

Aos professores, Juliane, Mário, Kuga e Idomeo, agradeço por toda a ajuda durante esses anos.

Agradeço também a todos os envolvidos nessa pesquisa, que de alguma forma me ajudaram a fazer uma ideia sair do papel e concluir esse trabalho.

Agradeço ao Laboratório de Microscopia de Fluorescência Confocal da Faculdade de Odontologia do Campus de Araraquara pela disponibilidade de utilização do Microscópio de Fluorescência Confocal.

Agradeço ao Laboratório de Ensaios Mecânicos da Faculdade de Odontologia do Campus de Araraquara pela disponibilidade de utilização da EMIC.

Por fim agradeço a CNPQ pelo auxílio financeiro na realização desse trabalho de pesquisa.

“Foi a ela que pus sob a redoma. Foi a ela que abriguei com o pára-vento. Foi dela que eu matei as larvas (exceto duas ou três por causa das borboletas). Foi a ela que eu escutei queixar-se ou gabar-se, ou mesmo calar-se algumas vezes. É a minha rosa. Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que fez tua rosa tão importante...”

Antoine Saint-Exupéry*

* Saint-Exupéry A. O pequeno príncipe. Rio de Janeiro: Agir; 2005.

Pradelli JA. Efeitos da ativação do EDTA com laser diodo ou com ultrassom na limpeza e obturação dos canais radiculares [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar um protocolo de aplicação de dois diferentes Lasers de Diodo ativando a solução de EDTA, comparando-o com a ativação convencional ou ultrassom, avaliando a penetrabilidade do EDTA e a penetrabilidade e adesividade do cimento endodôntico obturado. Esse estudo *ex vivo*, utilizou 50 dentes unirradiculados e padronizados, distribuídos aleatoriamente em 5 grupos (n=10) para iniciarmos a fase de irrigação final: Grupo Controle (CN) – inundação com EDTA 17% sem agitação. Manual Convencional (MV) - Inundação com EDTA 17% e agitação com lima K#45; Ultrassom (UL) – inundação com EDTA 17% energizado com ultrassom (PUI); TheraLase (TL) – inundação com EDTA 17% energizado com Laser Diodo Thera Lase Surgery e grupo Gemini (GM) – inundação com EDTA 17% energizado com Laser Diodo Gemini. Na solução de EDTA 17% foi adicionado o marcador Verde de Malaquita para futura avaliação em microscopia confocal. As raízes foram obturadas, pela técnica de cone único e cimento obturador AH Plus com adição de Rodamina B. As raízes foram seccionadas em 3 discos por terço, e um disco de cada terço foi selecionado para análise em microscopia confocal a laser e teste de Push-Out. Quando a penetrabilidade do EDTA e do cimento obturador, houve diferença estatística dos grupos UL, TL e GM quando comparados com os grupos CN e MV, porém quando comparado os grupos TL e GM com o grupo UL, não houve diferença estatística. E quanto a resistência de união, não houve diferença estatística entre os grupos e a fratura coesiva e mista foram as mais prevalentes. Concluindo assim que a ativação do EDTA com ambos os lasers de Diodo, assim como o ultrassom, foi eficaz na penetrabilidade do EDTA e do cimento obturador quando comparado com a agitação manual convencional, porém não houve diferença entre os grupos quanto a adesividade do cimento obturador.

Palavras-chave: Lasers semicondutores. Ultrassom. Ácido Edético.

Pradelli JA. Effects of EDTA activation with diode laser or ultrasonic on root canal cleaning and obtaining. [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the protocol application of two different diode laser, comparing with conventional energizing or ultrasonic of EDTA energization, evaluating the EDTA and AH Plus penetration capacity with laser confocal microscope and push-out strength. This study is an ex-vivo experimental research, which used 50 rooted, pre-selected by means of digital radiography. The crowns were removed with a Diamond disk, standardizing the roots in 16mm, the preparation was with ProTaper system until F5 file, and irrigated with 2,5% Sodium Hypochlorite. The teeth were randomly distributed in 5 groups (n=10) Group Control (CN) – flood with 17% EDTA. Conventional (MV) – flood with 17% EDTA and agitation with K#45. Ultrasonic (UL) – 17% EDTA energized with Ultrasonic, TheraLase (TL) – 17% EDTA energized with Diode Laser TheraLase Surgery, Gemini (GM) – 17% EDTA energized with Diode Laser Gemini. The EDTA solution was added with Malachite Green for evaluation with laser confocal microscope. The roots were obturated, using the single cone technique and AH Plus added with Rhodamine B. Specimens were sectioned in 3 slices per root third, one slice per root third are selected to use a laser confocal microscope and push-out strength. The penetrability of EDTA and AH Plus was statistically different between the Ultrasonic, TheraLase and Gemini groups when compared to Negative Control and Conventional groups. However, when compared Ultrasonic with TheraLase and Gemini there was no significant difference. In a push-out strength test, there was no significant difference and the cohesive failures were predominant.

Keywords: Lasers, Semiconductor. Ultrasonic Therapy. Edetic Acid.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PROPOSIÇÃO	16
3 PUBLICAÇÃO	17
4 DISCUSSÃO	33
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE A – METODOLOGIA EXPANDIDA	51
ANEXO A - CEP	58

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem como objetivo principal a completa limpeza e modelagem dos canais radiculares. A limpeza consiste na eliminação do tecido pulpar, dos detritos, dos microrganismos e seus subprodutos, sendo realizada pela combinação da instrumentação mecânica, agentes físicos e químicos^{1,2}. Após a limpeza e modelação dos canais afim de evitar a reinfecção bacteriana^{2,5} é necessário uma vedação hermética do sistema de canais por meio da obturação⁶⁻⁸.

A instrumentação mecânica durante o tratamento endodôntico é realizada por limas endodônticas, essa durante sua ação, são responsáveis pela formação de debris e de uma camada residual de aproximadamente 1 a 2 milímetros (mm) de espessura, composta por raspas de dentina, remanescentes de material orgânico e microrganismos chamada de *smear layer*⁹⁻¹¹.

A *smear layer* é uma camada composta por duas matérias distintas, matéria orgânica e matéria inorgânica. A matéria orgânica possui com principal componente o colágeno, já a matéria inorgânica é composta por hidroxiapatita e outros componentes que possuem tamanho de partícula menores que 2 micrometros (μm), sendo esses os principais formadores dos “plugs” que obstruem e selam a entrada dos túbulos dentinários^{12,13}. Essa obliteração da entrada dos túbulos auxiliará na proteção das bactérias instaladas no interior dos túbulos, favorecendo assim a manutenção da infecção mesmo após o tratamento endodôntico, e diminuindo a penetrabilidade dos túbulos dentinários interferindo na penetração e ação das soluções irrigadoras, da medicação intracanal e do cimento obturador^{9,10,14-17}.

Assim, podemos afirmar que a remoção da camada de *smear layer* aumenta o sucesso do tratamento endodôntico^{6,18-23}.

A eliminação da camada residual durante o tratamento endodôntico, é realizada com o auxílio de agentes irrigantes²⁴, sendo o agente mais eficiente e mais utilizado o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA)⁷, desenvolvido pelo químico Gerald Schwarzenbach, em 1940. Este é um agente quelante que atua formando complexos estáveis com os íons metálicos, entre eles o cálcio e a hidroxiapatita, encontrados em abundância na camada residual. Foi introduzido na Endodontia por Ostby em 1957²⁵, sendo atualmente considerado o padrão ouro para a remoção de *smear layer* em pesquisas^{26,27}.

A remoção de *smear layer* e a penetrabilidade dos túbulos dentinários tem sido estudada e discutida por meio de diversos métodos, como a utilização de

radioisótopos²⁸ ou corantes^{26,29}, e também diferentes formas para obtenção de imagens e métodos de leitura de resultados como microtomografia computadorizada^{30,31}, microscopia eletrônica de varredura^{9,32}, microscopia óptica^{33,34} e microscopia confocal^{35,36}.

Um estudo de Cruz Filho e colaboradores²⁶, avaliou a remoção de *smear layer* em Microscopia Eletrônica de Varredura e comparou o irrigante EDTA com outros, como o vinagre de maçã, o ácido maléico 5%, ácido acético e água destilada como controle e, dentre eles o EDTA mostrou ser a solução irrigante mais eficaz.

A ação do EDTA é dependente de diversos fatores como concentração, pH, temperatura, volume, tempo de ação e agitação da solução^{25,32}, dentre os quais iremos destacar sua melhor efetividade quando utilizado em temperaturas próximas a temperatura corpórea e uma efetividade do EDTA ainda maior quando essa solução é aquecida³⁷.

Outro ponto que iremos destacar é quanto ao tempo de ação, pois o EDTA é caracterizado como uma solução tempo-dependente, sendo o tempo de ação do irrigante na superfície dentinária que ditará sua efetividade na remoção de *smear layer*³⁸. Diante desse fato, diversos trabalhos foram executados a fim de proporem o tempo de uso ideal da solução irrigadora durante o tratamento endodôntico, obtendo como tempo ideal de 1 a no máximo 7 minutos para que a solução remova, totalmente a camada residual das paredes dos canais radiculares³⁸, porém esse tempo pode ser diminuído quando a solução sofre de alguma forma a agitação mecânica de suas moléculas³⁹.

A irrigação convencional do EDTA, utilizando a lima endodôntica, demonstra limitações quanto a sua capacidade de limpeza de debris e restos teciduais. Devido a isso, diversos outros protocolos vêm sendo desenvolvidos buscando uma melhor limpeza, principalmente das áreas de maior complexidade anatômica⁴⁰⁻⁴².

Cientes dessa limitações, autores e empresas propuseram a agitação dessa solução com variados instrumentos, como o *EasyClean*⁴³, *EndoActivator*, *EDDY*, *XP-endo Finisher* e *XP-endo Shaper*⁴⁴, porém além da agitação convencional a mais utilizada é a agitação - ou ativação - com aparelho de ultrassom utilizando insertos específicos para a aplicação intracanal¹⁷.

A proposta mais recente de ativação do EDTA é a por meio de um laser de alta potência⁴⁵.

O método ultrassônico, utiliza um aparelho de ultrassom que promove a vibração de um inserto a ele acoplado, a uma frequência acima de 20000 *hertz*, empregado para a potencialização do efeito de soluções irrigadoras como o EDTA^{6,46}. Esse tipo de ativação do irrigante tem sido proposta para descontaminar áreas onde os instrumentos mecânicos não são capazes de atuar, mostrando conseguir remover restos residuais que não são removidos quando utilizada a irrigação convencional⁴⁷⁻⁴⁹.

Um estudo de Jiang e colaboradores⁵⁰, avaliou o efeito da intensidade ultrassônica na capacidade de limpeza com a irrigação passiva ultrassônica (PUI), obteve como resultados que todos os grupos que tiveram a ativação do ultrassom removeram mais restos de dentina do que o grupo em que não houve ativação ultrassônica.

Os primeiros relatos do uso da agitação ultrassônica da solução irrigadora foi feitos por Weller et al. 1980⁴⁹, nos quais esse tipo de irrigação, além de alcançar áreas de maiores complexidades anatômica como os istmos^{30,51}, promove também maior redução de debris e *smear layer*^{48,52,53}, isso devido aos fenômenos de microvaporização acústica⁴⁹, aquecimento da solução irrigadora e da formação de cavitação no interior dos canais radiculares⁴⁶, fenômenos que promovem uma maior movimentação do irrigantes do que a agitação convencional com lima endodôntica⁵⁴.

O laser de alta potência ou também conhecido como laser cirúrgico, vem sendo utilizado na Odontologia para diversas finalidades, dentre elas a utilização para a remoção de *smear layer* através do processo de ablação, estudada por Lopes et al., 2004¹⁷ e Passalidou et al., 2018⁵⁵, mostrando que o laser promove um aquecimento da solução irrigadora e, através da vaporização e agitação, elimina a camada de *smear layer*. O laser de diodo, por possuir características como menor custo e ser portátil, é atualmente o laser de alta potência mais utilizado na Odontologia. A literatura atual apresenta diversos trabalhos empregando a ativação do irrigante EDTA por meio de laser diodo cirúrgico^{15,56,57}.

No estudo de Hakan et al. 2013⁵⁸ foi avaliada a eficácia da remoção de *smear layer* pela agitação do EDTA com o Laser Diodo de 808 nanômetro (nm) em incisivos centrais. Essa técnica de irrigação foi comparada com outros protocolos de irrigação, como a irrigação de Hipoclorito de Sódio 5% por 120 segundos com seringa Navitip, o mesmo protocolo anterior, porém com a solução EDTA e, então a agitação do EDTA com laser em quatro diferentes tempos, 10, 20, 30 e 40 segundos. Após análise em

microscopia eletrônica de varredura foi verificado que a aplicação do laser durante 20 segundos, agitando a solução de EDTA foi o protocolo mais eficaz para remoção de *smear layer* e conseqüentemente causar uma maior desobliteração dos túbulos dentinários.

Borges et al. 2017⁵⁹, avaliou a redução bacteriana com a utilização de dois tipos de laser de diodo – com comprimento de onda de 808nm e 970nm, aplicados na potência de 0,1 Watts (W) por 20 segundos e 0,5 W por 4 segundos respectivamente - e verificou a eliminação bacteriana de 99,66% com laser 808 nm e de 99,66% com o de 970 nm.

Marcheasan et al. 2008⁶⁰ também estudou a remoção de *smear layer*, comparando 4 diferentes protocolos de aplicação do laser, e agitando três diferentes soluções irrigadoras, água destilada, hipoclorito de sódio 1% e EDTA a 17% em caninos humanos. Seu estudo avaliou em microscopia confocal a remoção de *smear layer* através da avaliação da penetração do cimento obturador nos túbulos dentinários e verificou que a permeabilidade da dentina após a aplicação do laser é diretamente dependente da solução irrigadora utilizada durante a irrigação final.

Além dos fatores citados, a solução irrigadora utilizada e sua efetividade influencia também na adesividade do cimento obturador, utilizado na fase de obturação dos canais radiculares, sendo esta, a fase conclusiva do tratamento endodôntico, por possuir como principal objetivo selar o melhor possível o sistema de canais radiculares, a fim de impedir espaços vazios onde os microrganismos possam se propagar no sistema de canais radiculares. Portanto, esse preenchimento exige que ocorra uma adequada penetrabilidade do cimento endodôntico para o interior dos túbulos dentinários⁶¹. Para tal, esses devem estar com suas entradas livres e seu interior vazio, mostrando também nessa fase a importância da remoção de debris e *smear layer* por meio de uma limpeza mais eficiente durante a limpeza final.

A adesividade dos cimentos tem sido discutida e estudada por meio do teste de *Push-Out*^{62,63}, no qual finas pontas de tamanho compatível com a massa obturadora, forçam essa massa no sentido cervical para apical, com velocidade e peso constante e verificam, assim, qual a força necessária para o deslocamento dessa massa; e por fim uma análise microscópica verifica qual tipo de fratura ocorreu no conteúdo do canal radicular.

Uma pesquisa realizada por Donnemeyer et al. 2018⁶⁴, analisou a influência de diferentes irrigantes finais na adesividade de cinco diferentes cimento endodôntico

à base de resina epóxica empregando o teste de *Push-Out*, o grupo que apresentava o irrigante EDTA com o cimento endodôntico AH Plus apresentou os melhores resultados.

O trabalho de De Macedo e colaboradores⁶⁵, comparou a adesividade do cimento a base de resina epóxi com diferentes protocolos de agitação do EDTA 17%, agitação convencional, com ultrassom, com laser diodo e laser de Nd:YAG, e verificou que ambas as agitações com laser apresentavam melhoras significativas na adesividade do cimento quando comparado com a agitação convencional e com ultrassom.

Apesar do uso da agitação do EDTA com laser possuir relatos cada vez mais frequentes na literatura^{66,67}, ainda não foi criado nenhum protocolo de aplicação intracanal do laser de alta potência. Devido a esse fator, é possível encontrar inúmeros protocolos utilizados com resultados muito divergentes entre os trabalhos, mostrando, também, diferentes consequências para o uso destes protocolos, como por exemplo causar, a destruição da superfície dentinária, mostrado no trabalho de Umana et al. 2013⁶⁸.

Portanto é preciso criar um protocolo de utilização do laser de Diodo na agitação do EDTA intracanal, que não cause danos ao dente e suas estruturas vizinhas⁶⁹, e que seja capaz de remover com eficácia a camada de *smear layer*, e também melhore a ação dos materiais endodônticos empregados durante o tratamento.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar, *ex vivo*, a efetividade da ativação do EDTA na limpeza final dos canais radiculares, por meio de dois lasers diodo de alta potência em comparação com a ativação ultrassônica e manual convencional, quanto à penetrabilidade do EDTA e do cimento endodôntico, por análise em microscopia confocal de fluorescência, e na resistência a adesão da massa obturadora com a parede dentinária, pelo do teste mecânico *Push-Out*.

3 PUBLICAÇÃO*

Two diode laser versus ultrasonic on activation of EDTA: push-out analysis and penetrability by confocal analysis.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the protocol application of two different diode laser, comparing with conventional energizing or ultrasonic of EDTA energization, evaluating the EDTA and AH Plus penetration capacity with laser confocal microscope and push-out strength. This study is an ex-vivo experimental research, which used 50 rooted, pre-selected by means of digital radiography. The crowns were removed with a Diamond disk, standardizing the roots in 16mm, the preparation was with ProTaper system until F5 file, and irrigated with 2,5% Sodium Hypochlorite. The teeth were randomly distributed in 5 groups (n=10) Group Control (CN) – flood with 17% EDTA. Conventional (MV) – flood with 17% EDTA and agitation with K#45. Ultrasonic (UL) – 17% EDTA energized with Ultrasonic, TheraLase (TL) – 17% EDTA energized with Diode Laser TheraLase Surgery, Gemini (GM) – 17% EDTA energized with Diode Laser Gemini. The EDTA solution was added with Malachite Green for evaluation with laser confocal microscope. The roots were obturated, using the single cone technique and AH Plus added with Rhodamine B. Specimens were sectioned in 3 slices per root third, one slice per root third are selected to use a laser confocal microscope and push-out strength. The penetrability of EDTA and AH Plus was statistically different between the Ultrasonic, TheraLase and Gemini groups when compared to Negative Control and Conventional groups. However, when compared Ultrasonic with TheraLase and Gemini there was no significant difference. In a push-out strength test, there was no significant difference and the cohesive failures were predominant.

* Artigo escrito segundo normas do periódico *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, para o qual pretende-se submeter.

1 Introdução

O preparo biomecânico dos canais radiculares com instrumentos manuais ou mesmo mecanizados, como os sistemas rotatórios ou reciprocantes, criam debris e smear layer.[1] A smear layer é composta por matéria orgânica e matéria inorgânica, como restos pulpares, necróticos, saliva, hidroxiapatita e microrganismos.[2] Devido ao tamanho reduzido de suas partículas, há a formação dos smear plugs, que obliteram a entrada dos túbulos dentinários, atuando como um protetor da infecção presente no interior dos túbulos dentinários[3]. Devido à necessidade de desinfecção durante o tratamento endodôntico, a smear layer deve ser removida[4,5]. As soluções irrigadoras são o principal meio para a remoção da smear layer, em especial a solução de EDTA[6], que quando agitada tem sua efetividade melhorada[7]. Pesquisas propõem a agitação dessa solução irrigadora com diferentes métodos[8]. Recentemente, a agitação por meio do laser tem se tornado mais frequente[9], pois além de promover a agitação da solução ainda promove o aquecimento e melhor efetividade da ação do EDTA[10]. Um estudo avaliou a remoção da smear layer, agitando a solução de EDTA com e sem laser, e os resultados indicaram que a agitação do EDTA com laser diodo de 808nm por 20 segundos foi o método mais eficaz para remoção de smear layer no terço apical dos canais radiculares.[11]

O laser de Diodo possui vantagens como, ser portátil, ter custo acessível e dispor de uma fina e flexível fibra óptica, viabilizando aplicações mais profundas em canais radiculares curvos e áreas anatômicas de difícil acesso[12]. Atualmente, não há estudos quanto à penetrabilidade do EDTA e do cimento obturador pelos túbulos dentinários, nem da adesividade da obturação, após a agitação do EDTA com laser de diodo de alta potência em diferentes comprimentos de onda.

O objetivo desse estudo é avaliar os efeitos da agitação do EDTA 17% com dois lasers diodo de diferentes comprimentos de onda na penetrabilidade dentinária do EDTA e do cimento obturador AH Plus e na resistência de adesão da massa obturadora. A hipótese nula é que a agitação com os lasers não interfere na penetrabilidade do EDTA e do cimento obturador AH Plus e também não interfere na resistência de adesão da massa obturadora.

2 Materiais e Métodos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da FOAr-UNESP (3.738.805). Cinquenta dentes humanos unirradiculados com ausência de alterações anatômicas e estruturais relevantes foram selecionados e mantidos em solução de timol 0,1% a 4 °C.

2.1 Preparação dos espécimes

As raízes foram seccionadas no padrão de 16mm do ápice anatômico. Os canais radiculares foram preparados no comprimento de trabalho em 1mm aquém do forame apical, com instrumentos rotatórios ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Stwitzerland) até o F5. Após cada instrumento, deu-se a irrigação com 5 ml de Hipoclorito de Sódio a 2,5%.

2.2 Grupos Avaliados

Os espécimes foram aleatoriamente divididos em cinco grupos (n=10), de acordo com o protocolo de limpeza final que iriam receber:

CN – Controle: o canal foi inundado com EDTA 17% (Biodinâmica, Ibiporã, Paraná, Brasil) e então foi realizada a irrigação e aspiração com 5 ml de água destilada aplicada com seringa e agulha NavTip (Ultradent, South Jordan, UT, USA)

MV – Manual Convencional: o canal foi inundado com EDTA 17% e agitado com lima K#50 (Ultradent, South Jordan, UT, USA) no comprimento de trabalho, durante 3 minutos, em seguida foi realizada a irrigação e aspiração com água destilada assim como no grupo anterior

UL – Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI): o canal foi inundado com EDTA 17% e agitado com Ultrassom Newtron P5 Blend (Acteon, Paris, França) na potência de 30% com inserto ultrassônico Ultrawave NitiSonic (Ultradent, South Jordan, UT, USA) no comprimento de trabalho durante 30 segundos, repetido três vezes, em seguida foi realizado a irrigação e aspiração com água destilada assim como o primeiro grupo.

TL – TheraLase: o canal foi inundado com EDTA 17% e agitado com laser TheraLase Surgery (DMC, São Carlos, São Paulo, Brasil) na potência de 2,8W, em modo pulsado, através da sua fibra óptica de 400 µm, no comprimento de trabalho, em 3 aplicações de 5 segundos com 10 segundos de intervalo entre elas, em movimento helicoidal do ápice a região cervical, intercalando o sentido em horário e anti-horário em cada ativação, seguido pela irrigação e aspiração com 5mL de água destilada.

GM – Gemini: o canal foi inundado com EDTA 17% e agitado com laser Gemini (Ultradent, South Jordan, UT, USA) no comprimento de onda de 810nm e 980nm, potência de 2W, em modo pulsado, através da sua fibra óptica de 400 µm, com 7mm de comprimento, nos mesmos protocolos de aplicação do laser anterior e irrigação e aspiração com 5mL de água destilada.

Em todos os grupos, foi adicionado o pigmento Verde de Malaquita na solução de EDTA, para posterior avaliação em microscopia confocal a laser.

2.3 Obturação

Após os protocolos de limpeza final, os canais foram secos com ponta de papel absorvente e obturados pela técnica de cone único, por ser uma técnica fácil de padronização utilizando o cone de gutta-percha F5 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), no comprimento de trabalho e cimento obturador AH Plus (Dentsply DeThey, GmbH, Konstanz, Germany). No cimento obturador de todos os grupos, foi adicionado o pigmento Rodamina B para posterior avaliação em microscopia confocal a laser. Os espécimes foram mantidos em estufa a 37°C com 100% de umidade durante 7 dias. Após esse período os espécimes foram posicionados verticalmente em uma matriz de PVC e checados utilizando um paralelogramo (Bioart, São Carlos, SP, BR) e embebidos em resina poliéster (Maxi Ruber, Diadema, SP, BR) deixando 1,0mm da cervical da raiz para fora, e aguardado 24 horas.

2.4 Teste de Penetrabilidade Dentinária

Os espécimes foram removidos das matrizes e seccionados perpendicularmente no longo eixo axial em 8 discos utilizando um disco diamantado de 0,3mm (South Bay Technology, San Clement, CA, EUA) na máquina de cortes (Isomet; Buehler Ltd) com resfriamento. Foram obtidos três discos de 2,0mm ±0,1mm para cada terço, e então um disco de cada terço foram selecionados para análise.

Os discos selecionados foram analisados inicialmente utilizando microscópio confocal a laser Carl Zeiss LMS 800 com Airyscan (Carl Zeiss, Jena, Alemanha) com magnificação de 10x. Foram obtidas quatro imagens do perímetro do canal radicular. As imagens foram analisadas utilizando o software Zen Lite Blue (Carl Zeiss, Jena, Alemanha), realizando dez mensurações lineares da penetrabilidade do EDTA e do AH Plus em cada quadrante de cada disco e destas obtidas as respectivas médias.

2.5 Teste de Push-Out

Os espécimes de cada terço foram submetidos ao teste de Push-out em máquina de ensaio universal (EMIC) com velocidade de 0,5mm/min, utilizando célula

de 5 kN e ponta de diâmetro 0,5mm para disco do terço apical, 0,9mm para o terço médio e 1,3mm para cervical para empurrar massa obturadora, até que houvesse deslocamento dessa. A força necessária para o deslocamento foi obtida em Newton (N) e transformada em resistência de adesão em Mega Pascal (Mpa) de acordo com Skidmore et al. 2006[13].

2.6 Análise do tipo de falha

Após o teste de Push-out, foi realizado a análise do tipo de falha utilizando estereomicroscópio (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) com 40X de aumento. Das quatro imagens obtidas de cada disco, foi classificado qual o tipo de falha ocorrida, classificadas em Adesiva 1: obtida entre cone de gutta-percha e cimento; Adesiva 2: entre dentina e cimento; Coesiva no interior da massa obturadora e Mista combinação das falhas anteriores, segundo Elnaghy et al. 2014[14]

2.7 Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com nível de significância de 5% ($P=0.05$), seguido pelo teste não paramétrico de comparações múltiplas, teste de Dunn.

3. Resultados

Quanto à penetrabilidade da solução irrigante, EDTA, o protocolo de agitação convencional apresentou o menor valor nos três terços, de modo similar ao grupo Controle sem agitação, como observado na Tabela 1. Os maiores valores de penetrabilidade ocorreram no grupo GM, somente nos terços apical e cervical. No terço médio, o maior valor foi obtido na agitação com o ultrassom. Estatisticamente, houve diferença apenas quando comparado os grupos CN e MV com os demais, diferença visível quando observamos as imagens obtidas em microscopia confocal a laser (Figura 1). Já para a penetrabilidade do cimento obturador, os dados seguiram os mesmos padrões de valores e diferenças estatísticas obtidas na análise da penetrabilidade do EDTA, observado apenas que no terço cervical, o maior valor ocorreu no grupo Ultrassom, assim como no terço médio.

Tabela 1: Mediana, Mínimo e Máximo (μm) da penetrabilidade do EDTA e do AH Plus.

Terços	Grupos	EDTA	AH Plus
		Med (Mín-Máx)	Med(Mín-Máx)
Apical	Controle	15,8 (10,5 – 29,6) ^b	32,0 (15,2 – 41,4) ^b
	Convencional	10,8 (5,6 – 26,1) ^b	22,7 (7,7 – 40,5) ^b
	Ultrassom	49,3 (12,2– 625,9) ^a	115,5 (21,1 – 706,5) ^a
	TheraLase	50,6 (12,6 – 667,10) ^a	84,4 (13,6 – 661,4) ^a
	Gemini	114,6 (48,5 – 909,4) ^a	153,4 (101,9 – 1063,0) ^a
Médio	Controle	16,0 (9,3 – 27,8) ^b	24,2 (11,5 – 53,1) ^b
	Convencional	7,6 (3,7 – 29,8) ^b	20,2 (7,7 – 116,4) ^b
	Ultrassom	202,6 (66,7 – 699,6) ^a	349,8 (110,3 – 891,0) ^a
	TheraLase	115,1 (57,5 – 646,7) ^a	240,8 (102,9 – 667,0) ^a
	Gemini	173,4 (47,8 – 1057,0) ^a	263,1 (60,7 – 1075,0) ^a
Cervical	Controle	22,0 (14,0 - 41,7) ^b	76,8 (23,5 – 145,4) ^b
	Convencional	18,9 (11,2 – 40,8) ^b	61,9 (16,0 – 191,4) ^b
	Ultrassom	182,8 (44,7 – 1016,0) ^a	366,9 (69,6 – 1109,0) ^a
	TheraLase	211,0 (107,0 – 755,8) ^a	337,5 (162,2 – 915,4) ^a
	Gemini	205,5 (116,1 – 1045,0) ^a	298,7 (171,1 – 1040,0) ^a

^{ab} Letras diferentes significam diferenças estatísticas significantes ($p < 0,05$)

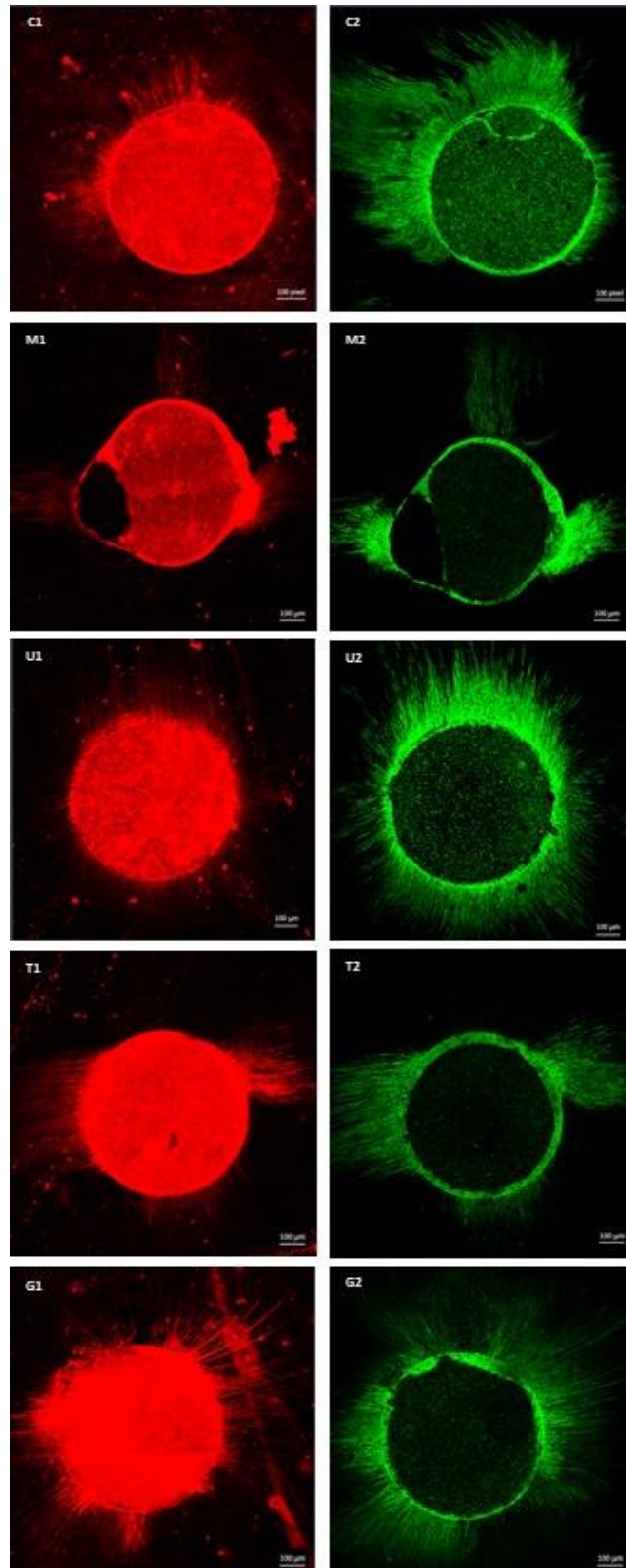


Figura 1: Imagens representativas da penetrabilidade dentinária do EDTA (esquerda) e do AH Plus (direita) no terço apical de cada grupo. C – grupo controle, M – grupo manual convencional, U – grupo ultrassom, T – grupo TheraLase e G – grupos Gemini.

Em relação a resistência de adesão da massa obturadora na dentina intraradicular, nenhum dos grupos apresentou diferença estatística significativa ($P > 0,05$) em nenhum dos três terços, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Mediana, mínimo e máximo (Mpa) da resistência de união quando submetidos ao teste mecânico (*Push-Out*).

<i>Terços</i>	<i>Grupos</i>	<i>Mediana (Mín-Máx)</i>
<i>Apical</i>	Controle	0,0601 (0,0005-0,5014)
	Convencional	0,0518 (0,0167-0,1284)
	Ultrassom	0,0521 (0,0081-0,1059)
	TheraLase	0,0765 (0,0412-0,2921)
	Gemini	0,0868 (0,0036-0,3998)
<i>Médio</i>	Controle	0,0179 (0,0021-0,1002)
	Convencional	0,0176 (0,0020-0,1704)
	Ultrassom	0,0276 (0,0051-0,0777)
	TheraLase	0,0403 (0,0020-0,1676)
	Gemini	0,0163 (0,0020-0,1926)
<i>Cervical</i>	Controle	0,0028 (0,0005-0,0459)
	Convencional	0,0050 (0,0013-0,0319)
	Ultrassom	0,0078 (0,0016-0,0524)
	TheraLase	0,0074 (0,0019-0,4290)
	Gemini	0,0080 (0,0010-0,0425)

* Não houve diferença estatística significativa nos grupos, independente do terço da raiz ($P < 0,05$).

Em relação ao padrão de falha obtido durante o teste de Push-Out, observado na Figura 2 houve um equilíbrio entre falhas do tipo Coesiva e Mista (Figura 3). No terço apical, de todos os grupos foi observado um maior predomínio do tipo mista e nos terços médio e cervical uma maior quantidade de falhas coesiva.

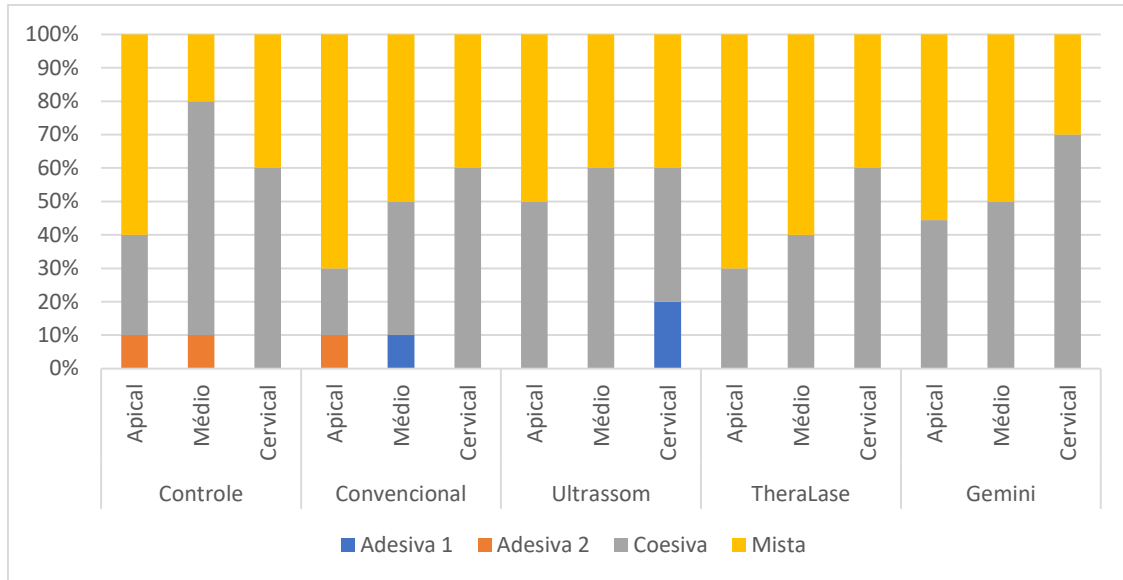


Figura 2: Porcentagem (%) do tipo de padrão de falha em cada grupo por terço.

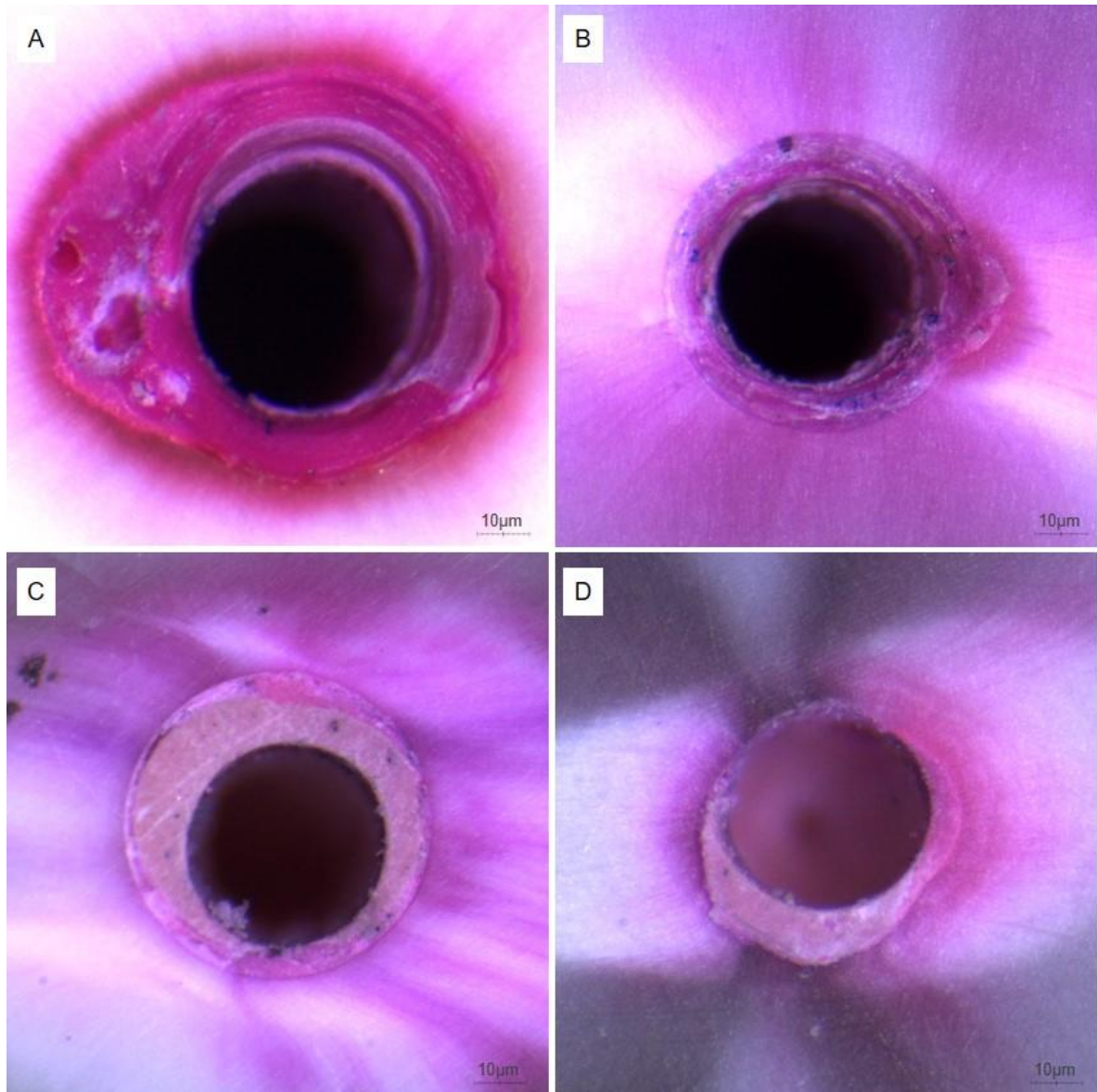


Figura 3: Imagens representativas do padrão de falha, exemplo para adesiva 1 (a), adesiva 2 (b), coesiva (c) e mista (d). Classificação de acordo com Elnaghy[14]

4. Discussão

Esse estudo é pioneiro na avaliação comparativa entre dois lasers sendo um deles, o Gemini, oferecendo dois comprimentos de onda simultaneamente, na agitação do EDTA, demonstrando que a energização a laser do irrigante EDTA tanto com o TheraLase Surgery como com o Gemini alteraram de forma semelhante ao ultrassom a penetrabilidade do EDTA e do cimento obturador quando comparado com a agitação manual convencional, Apesar disso, não houve diferença entre os métodos de agitação quanto à resistência adesiva da massa obturadora a parede dentinária.

A microscopia confocal tem sido utilizada para observar e avaliar a penetração da solução irrigadora ou do cimento obturador nos túbulos dentinários[15].

Para que o cimento obturador penetre nos túbulos dentinários, a dentina deve estar livre da camada de *Smear Layer*[5]. Para remoção dessa camada é necessário que o EDTA atue sobre ela do melhor modo possível, e a energização dessa solução possibilita que sua eficácia seja melhorada[16]. Isso devido à uma melhora na dispersão da solução na luz do canal radicular. A ativação ultrassônica, além de gerar essa dispersão da solução, ainda é capaz de gerar micro ondas e o fenômeno de cavitação no interior do canal radicular [17], porém os aparelhos de laser, além de gerar uma energização da solução, assim como o ultrassom, ainda são capazes de promover maior aquecimento dessa solução, o que melhora ainda mais a efetividade do EDTA[10]. No presente estudo, a energização do EDTA com os dois tipos de laser de Diodo, favoreceram sua penetrabilidade e a penetrabilidade do cimento obturador quando comparado com os grupos sem energização, grupo controle, ou com a energização manual convencional, porém esse favorecimento na penetrabilidade não foi diferente estatisticamente do grupo na qual o ultrassom foi utilizado para executar a energização. Tais resultados sugerem que ambos os lasers não foram capazes de aquecer a solução a ponto de causar uma melhor efetividade em relação ao ultrassom. Por outro lado, se esses lasers forem utilizados em potências maiores, o aumento de temperatura gerado poderá ser prejudicial aos tecidos periodontais adjacentes[18], uma vez que um calor excessivo pode se dissipar para além da estrutura dentária.

Os lasers diodo utilizados nesse estudo possuem como maior diferença o tamanho da fibra óptica e o comprimento de onda, o laser TheraLase Surgery possui fibra óptica regulável, sendo utilizada no presente estudo no comprimento real de trabalho, e comprimento de onda de 808nm, já o laser Gemini, possui uma fibra óptica

de apenas 7mm, porém com duplo comprimento de onda, 980nm e 810nm, que possibilita um maior aquecimento durante sua ativação[19]. Por um lado, a fibra óptica desse laser não alcança o terço apical dos espécimes, o que o tornaria ineficaz na energização do irrigante no terço apical[20]. Por outro lado, seu comprimento de onda duplo faz com que esse laser promova um maior aquecimento do que um laser de comprimento de onda simples, utilizado nos mesmos protocolos[21]. Apesar de não alcançar índices estatísticos em relação ao TheraLase, o comprimento de onda duplo deve estar diretamente correlacionado à melhor penetrabilidade tanto do EDTA como do cimento AH Plus por parte do Gemini no terço apical dentre todos os todos os métodos de agitação da solução irrigante. Portanto, os resultados sugerem que o laser Gemini promoveu melhor agitação que possivelmente associada a um maior aquecimento do EDTA no terço apical mesmo não atuando diretamente nessa região.

Clinicamente, a presença do cimento endodôntico no interior dos túbulos dentinários permite um barreira física na recolonização bacteriana [22] e atua como uma retenção mecânica do material obturador [23] . O teste de Push-Out, mostrou que, entre os grupos, a resistência de união era semelhante estatisticamente entre eles em todos os terços, porém nos grupos ultrassom, Theralase e Gemini é possível observar um valor de resistência de união levemente maior que no grupo controle e manual convencional, assim como no trabalho de Macedo et al. 2016 [24], apesar de não serem estatisticamente diferentes. Esta propensão levanta a sugestão de que esses tipos de energização seriam capazes de promover uma maior desobliteração dos túbulos dentinários, como demonstrado no nosso estudo pela penetrabilidade do EDTA.

Quanto ao tipo de falha ocorrida, observamos um predomínio de falhas coesivas e mistas que pode estar associado ao emprego do cimento AH Plus, que possui uma tendência a prevalência desses tipos de falhas[22]. Entretanto, ambos os grupos energizados com laser diodo não apresentaram nenhuma falha adesiva, e os grupos controle e manual convencional, que promoveram uma menor energização da solução, apresentaram falhas adesivas tipo 1 e tipo 2 caracterizadas pelo deslocamento apenas do cone de gutta-percha, tipo 1, ou de toda a massa obturadora, tipo 2, falhas recorrentes em adesões fracas do cimento obturador com a gutta-percha ou com a parede dentinária, sugerindo assim um melhor efeito da energização mais vigorosa da solução irrigadora.

Ainda quanto aos resultados de resistência a adesão do cimento obturador no presente estudo, ao se comparar o efeito dos dois lasers no terço apical, o tamanho da fibra óptica do laser deve ser considerado, já que o laser TheraLase possui uma fibra óptica que alcança todo o comprimento de trabalho e obteve um maior número de falhas coesivas, já o Gemini que possui uma fibra óptica menor, obteve maior quantidade de falhas mistas, representando que parte da massa obturadora ofereceu adesão insuficiente entre material e dentina.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que a energização do EDTA com laser de diodo tem potencial para oferecer melhora na atuação do EDTA na limpeza final do canal radicular. No entanto, considerando as peculiaridades de cada laser diodo à disposição atualmente no mercado, antes do uso clínico, estudos são necessários com cada qual, quanto aos protocolos que devem ser utilizados para se obter os melhores resultados com adequada segurança[25].

5. Conclusão

Considerando as particularidades e metodologia do presente estudo, a energização do EDTA 17% com qualquer dos lasers diodo, melhorou a penetrabilidade do irrigante final e do AH Plus, quando comparados com a irrigação manual convencional, porém sem diferenças estatísticas em relação ao ultrassom. Quanto à resistência de adesão, a utilização de qualquer dos lasers não demonstrou diferenças estatísticas quando comparado com os demais grupos, e os tipos de falha mais comuns foram a coesiva e a mista.

6. Referências

- [1] D.R. Violich, N.P. Chandler, The smear layer in endodontics - A review, *Int. Endod. J.* 43 (2010) 2–15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x>.
- [2] H.H. Peeters, K. Suardita, L. Mooduto, N. Gutknecht, Extrusion of irrigant in open apex teeth with periapical lesions following laser-activated irrigation and passive ultrasonic irrigation, *Iran. Endod. J.* 13 (2018) 169–175. <https://doi.org/10.22037/iej.v13i2.17150>.
- [3] H. Arslan, H.S. Topcuoglu, E. Karatas, C. Barutcigil, H. Aladag, K.M. Topcu, Effect of the smear layer in the removal of calcium hydroxide from root canal walls., *J. Conserv. Dent.* 15 (2012) 113–117. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.94574>.
- [4] W.H. Kamel, E.M. Kataia, Comparison of the efficacy of Smear Clear with and without a canal brush in smear layer and debris removal from instrumented root canal using WaveOne versus ProTaper: a scanning electron microscopic study., *J. Endod.* 40 (2014) 446–450. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.028>.
- [5] E.C. Lopes HP, Siqueira JF Jr, Substâncias químicas empregadas no preparo dos canais radiculares., in: *Endodontia Biol. e Técnica*, 3ª edição, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2010: pp. 531–571.
- [6] R.L. Bighetti Trevisan, R.S. Scatolin, L.M.S. de Castro Raucci, W. Raucci Neto, I.C. Froner, Effects of EDTA gel and chlorhexidine gel on root dentin permeability, *Microsc. Res. Tech.* 81 (2018) 191–197. <https://doi.org/10.1002/jemt.22963>.
- [7] A.M. Elnaghy, A. Mandorah, S.E. Elsaka, Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study, *Odontology.* 105 (2017) 178–183. <https://doi.org/10.1007/s10266-016-0251-8>.
- [8] K.M. Galler, V. Grubmüller, R. Schlichting, M. Widbiller, A. Eidt, C. Schuller, M. Wölflick, K.A. Hiller, W. Buchalla, Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation, *Int. Endod. J.* 52 (2019) 1210–1217. <https://doi.org/10.1111/iej.13108>.
- [9] G.A. Da Costa Lima, C.M. Aguiar, A.C. Câmara, L.C. Alves, F.A.B. Dos Santos, A.E. Do Nascimento, Comparison of smear layer removal using the Nd:YAG laser, ultrasound, ProTaper universal system, and CanalBrush methods: An in vitro study, *J. Endod.* 41 (2015) 400–404. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.004>.
- [10] E. Çiçek, Ö. Keskin, The effect of the temperature changes of EDTA and MTAD on the removal of the smear layer: A scanning electron microscopy study, *Scanning.* 37 (2015) 193–196. <https://doi.org/10.1002/sca.21198>.
- [11] M.S. Yavuz, B. Kesim, H. Arslan, H.S. Topçuoğlu, E. Karatas, L.B. Ayrancı, Effect of Agitation of EDTA with 808-Nanometer Diode Laser on Removal of Smear Layer, *J. Endod.* 39 (2013) 1589–1592. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.016>.

- [12] N.T. Ishizaki, Y. Kimura, Y. Sun, J.-I. Kinoshita, K. Matsumoto, X. Wang, Effects of Diode Laser Irradiation on Smear Layer Removal from Root Canal Walls and Apical Leakage after Obturation, *Photomed. Laser Surg.* 23 (2005) 575–581. <https://doi.org/10.1089/pho.2005.23.575>.
- [13] L.J. Skidmore, D.W. Berzins, J.K. Bahcall, An In Vitro Comparison of the Intraradicular Dentin Bond Strength of Resilon and Gutta-Percha, *J. Endod.* 32 (2006) 963–966. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.020>.
- [14] A.M. Elnaghy, Effect of QMix irrigant on bond strength of glass fibre posts to root dentine., *Int. Endod. J.* 47 (2014) 280–289. <https://doi.org/10.1111/iej.12145>.
- [15] R. El Hachem, I. Khalil, G. Le Brun, F. Pellen, B. Le Jeune, M. Daou, N. El Osta, A. Naaman, M. Abboud, Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study., *Clin. Oral Investig.* 23 (2019) 1871–1876. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2632-6>.
- [16] S. Poudyal, W.-H. Pan, L. Zhan, Efficacy of solution form of ethylenediaminetetraacetic acid on removing smear layer of root canal at different exposure time In Vitro., *J. Huazhong Univ. Sci. Technol.* 34 (2014) 420–424. <https://doi.org/10.1007/s11596-014-1294-0>.
- [17] L.W.M. Van Der Sluis, M. Versluis, M.K. Wu, P.R. Wesselink, Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature, *Int. Endod. J.* 40 (2007) 415–426. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>.
- [18] A.R. Eriksson, T. Albrektsson, Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: A vital-microscopic study in the rabbit, *J. Prosthet. Dent.* 50 (1983) 101–107. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90174-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90174-9).
- [19] T.S. Al-Karadaghi, N. Gutknecht, H.A. Jawad, L. Vanweersch, R. Franzen, Evaluation of Temperature Elevation During Root Canal Treatment with Dual Wavelength Laser: 2780 nm Er,Cr:YSGG and 940 nm Diode, *Photomed. Laser Surg.* 33 (2015) 460–466. <https://doi.org/10.1089/pho.2015.3907>.
- [20] M. Lagemann, R. George, L. Chai, L.J. Walsh, Activation of ethylenediaminetetraacetic acid by a 940 nm diode laser for enhanced removal of smear layer, *Aust. Endod. J.* 40 (2014) 72–75. <https://doi.org/10.1111/aej.12039>.
- [21] H.S. de Macedo, V. Colucci, D.C.F. Messias, F.J.A. Rached-Junior, F.S. Fernandes, Y.T.C. Silva-Sousa, W. Raucci-Neto, Effect of Nd:YAG (1064-nm) and Diode Laser (980-nm) EDTA Agitation on Root Dentin Ultrastructure Properties., *Photomed. Laser Surg.* 33 (2015) 349–356. <https://doi.org/10.1089/pho.2014.3857>.
- [22] J. Camilleri, Sealers and warm gutta-percha obturation techniques., *J. Endod.* 41 (2015) 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.007>.
- [23] R. Ordinola-Zapata, C.M. Bramante, M.S.Z. Graeff, A. del Carpio Perochena, R.R. Vivan, E.J. Camargo, R.B. Garcia, N. Bernardineli, J.L. Gutmann, I.G. de Moraes, Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction

- technique: A confocal laser scanning microscopy study, *Oral Surgery, Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endodontology*. 108 (2009) 450–457. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.04.024>.
- [24] H.S. De Macedo, D.C.F. Messias, F.J. Rached-Júnior, L.T. De Oliveira, Y.T.C. Silva-Sousa, W. Raucci-Neto, 1064-nm Nd:YAG and 980-nm diode laser EDTA agitation on the retention of an epoxy-based sealer to root dentin, *Braz. Dent. J.* 27 (2016) 424–429. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201601006>.
- [25] Y. Saydjari, T. Kuypers, N. Gutknecht, Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals-A Literature Overview, *Biomed Res. Int.* 2016 (2016) 8421656. <https://doi.org/10.1155/2016/8421656>.

4 DISCUSSÃO

O protocolo de uso do EDTA na limpeza final do canal radicular, influencia em sua penetrabilidade nos túbulos dentinários e posteriormente na penetrabilidade do cimento obturador a ser utilizado¹³, o presente estudo mostrou que, a ativação do EDTA com dois diferentes tipos de laser de diodo, obtiveram melhores resultados de penetrabilidade do EDTA e do cimento AH Plus quando comparado com o método sem agitação do irrigante ou quando agitado com uma lima manual, porém não houve diferença quando comparado com a agitação da solução com o ultrassom.

Por muitos anos, foi levantada a questão de manter ou remover a camada de *smear layer*. Alguns autores afirmam, que sua remoção é o melhor caminho para o sucesso endodôntico⁸²⁻⁸⁴. Em controvérsia, outros autores afirmam que manter a camada de *smear layer* é a melhor opção⁸⁵⁻⁸⁷. Pashley et al. 1995²⁸ sugeriram manter a camada residual, pois se houvesse uma nova infecção bacteriana, a presença dessa camada selaria as embocaduras dos túbulos dentinários e impediria as bactérias de invadi-los. Entretanto, Williams et al. 1985⁸⁸ mostraram que a camada residual não produzia uma barreira efetiva, apenas criava um obstáculo fazendo com que a penetração bacteriana fosse mais lenta. Complementando, Mader et al. 1984⁸³ demonstraram em seu estudo que a camada de *smear layer* sofre uma degradação lenta, promovendo espaços vazios entre parede dentinária e material obturador. Já, Meryon et al. 1990⁸⁹ mostraram que as bactérias remanescentes são capazes de digerir essa camada, devido à rica quantidade de nutrientes nela presente, concluindo assim que a camada de *smear layer* deve ser removida anteriormente à etapa de obturação no tratamento endodôntico.

Para a remoção da *smear layer* vários irrigantes já foram temas de estudos. Kaufman et al. 1986⁹⁰ investigaram a ação da clorexidina na remoção de detritos e, embora possua um efeito antibacteriano, essa solução irrigadora não é capaz de removê-los. Um outro irrigante, é o popular Hipoclorito de Sódio, conhecido por dissolver tecidos orgânicos⁹¹. Entretanto, sua ação na camada residual é falha, não a removendo completamente. A solução irrigadora, atualmente mais recomendada para esse fim, é a solução de EDTA⁹², que é um composto quelante capaz de formar complexos estáveis com os íons metálicos e, em sua ação na camada residual, esses complexos estáveis são formados com os íons de cálcio e de hidroxapatita⁹². Wu et al. 2012⁹³ verificaram a capacidade da remoção de *smear layer* pelo EDTA 17%, sendo essa a concentração recomendada e utilizada nesse presente estudo.

Além da concentração, a ação do EDTA é tempo dependente³⁸. Saito et al. 2008⁵⁴ mostraram que, quanto maior o tempo em contato com a camada residual, maior é sua efetividade. Entretanto, Coelho et al. 2017³⁸ concluiu em seu estudo que o EDTA, em contato por mais de sete minutos, pode causar danos irreversíveis a superfície dentinária³⁸, sendo determinado como tempo ideal e protocolo convencional de uso, a aplicação do EDTA por 3 minutos com agitação dessa solução, uma vez que essa agitação da solução potencializa sua ação e, ainda, permite que a solução penetre em área de anatomia complexa e canais laterais⁹⁴

Com sua introdução na odontologia em 1950, o ultrassom passou a ser empregado, em seguida, no tratamento endodôntico⁹⁵, e somente em 2002, o ultrassom foi avaliado para a agitação da solução de EDTA por Pécora et al. 2002⁹⁶, verificando que a ativação da solução irrigadora com o aparato melhorava ainda mais sua penetrabilidade. Um outro método de agitação que vem ganhando visibilidade, tanto nas pesquisas, como no dia a dia clínico endodôntico, é a agitação do EDTA com laser. A partir de observações quanto às características e efeitos que cada laser produzia, foram desenvolvidos diversos protocolos para ativação de soluções irrigadoras, uma vez que os lasers também são capazes de induzir o fenômeno de cavitação e criar fluxo acústico do irrigante intracanal definido pela expressão em inglês: "*Photon Induced Photoacoustic Streaming*" (PIPS)⁹⁷ que pode ser até dez vezes maior que o produzido com o ultrassom⁹⁸, além disso, o uso do laser promove aquecimento da solução, no caso do EDTA, como já citado anteriormente, promove uma melhora da sua ação sobre a camada de *smear layer*⁹⁹.

Dos lasers utilizados em procedimentos odontológicos, o mais utilizado é o laser de Diodo, devido ao baixo custo, pela facilidade de transporte devido ao seu tamanho reduzido, facilidade de operação, configurações simples e devido a sua versatilidade nos procedimentos odontológicos¹⁰⁰. Seu meio ativo é composto de um semicondutor composto de índio, gálio e arsênio e produzem comprimentos de onda que tem pouca absorção pelo tecido dentinário, promovendo assim menor aquecimento desse tecido e sendo altamente absorvido por compostos líquidos, sendo essa atuação seletiva mais uma vantagem quando aplicado intracanal para a agitação do EDTA¹⁰⁰. Um estudo prospectivo realizado por Morsy et al. 2018¹⁰¹ em 56 pacientes, na qual adicionou a aplicação do laser diodo no tratamento endodôntico convencional, demonstrou que o laser auxilia na limpeza dos canais e no retrocesso

da lesão periapical. Devido aos fatores supracitados, nesse estudo foi realizada a ativação com dois tipos de laser de diodo, o laser TheraLase e o Gemini.

Ambos os lasers utilizados no presente estudo possuem potências que podem ser ajustadas pelo operador,

O protocolo para aplicação dos lasers de diodo e seus parâmetros de uso foram determinados por achados na literatura¹⁰²⁻¹⁰⁴ e por estudos piloto que avaliaram o aumento de temperatura causado em diversas potência com base nos estudos de Beer et al. 2017¹⁰⁵ que avaliou o aumento de temperatura durante a aplicação do laser de diodo de 980nm em três diferentes potências, 1,6W, 2,0 e 2,5W e concluiu que quanto maior a potência utilizada, maior é o aumento de temperatura causado. Kivanc et al. 2017¹⁰⁶ também avaliou o aumento de temperatura causado pelo Laser de Diodo, nas potências de 1,2W, 2W e 3W, e concluiu que o maior aumento de temperatura ocorreu na potência de 3W, a fim de encontrar a potência ideal, visando criar um protocolo fácil, rápido que não cause danos as estruturas dentárias e adjacentes^{69,107}.

O cimento endodôntico utilizado durante a etapa de obturação dos canais, foi o cimento AH Plus, por ser um cimento que possui ótimas propriedades físico-químicas¹⁰⁸, no entanto, algumas de suas propriedades como o escoamento, podem variar dependendo da porção da embalagem utilizada, Baldi et al. 2012¹⁰⁹ avaliaram o escoamento, o tempo de presa, a radiopacidade e o grau de conversão da resina nas três diferentes porções do frasco do cimento, inicial média e final, os resultados mostraram que o tempo de presa e o escoamento aumentaram nas amostras que utilizaram a parte inicial do frasco, uma maior radiopacidade na porção final, e a porção média apresentou os resultados mais homogêneos. Resultados esses devido as alterações relacionadas a segregação dos componentes orgânicos e inorgânicos do cimento¹⁰⁹. Devido a isso, foi realizada a padronização da porção do frasco a ser utilizada durante o estudo, escolhendo a porção média a fim de diminuir as variáveis relacionadas às alterações físico-químicas. A padronização da quantidade, em massa, do cimento levada a cada dente, ajudou a diminuir o viés nos resultados em decorrência da quantidade de cimento inserida em cada amostra.

A técnica de cone único, na qual é inserido um único cone principal de diâmetro e conicidade semelhante ao último instrumento utilizado durante o preparo biomecânico do canal, vem sendo amplamente utilizada juntamente à técnica de instrumentação mecanizada¹¹⁰. Essa técnica de obturação foi escolhida por se tratar

de uma técnica simples, rápida e de fácil padronização¹¹¹. Outro detalhe importante que optou-se por essa técnica, por ela necessitar de baixas forças compressivas¹¹², o que diminui a influência sobre o escoamento do cimento obturador para os túbulos dentinários.

Protocolos de agitação de uma solução irrigadora, como o EDTA, são avaliados em teste de microscopia confocal de varredura¹¹³, a fim de verificar a penetrabilidade da solução irrigadora. No presente estudo, os protocolos de limpeza final agitados com dois lasers de diodo e ultrassom, mostraram valores estatisticamente similares, porém quando comparado com os protocolos sem agitação ou com agitação manual convencional, a ativação com os lasers diodo, obtiveram valores maiores e diferentes estatisticamente.

Esses resultados sugerem, que ambos os lasers foram capazes de agitar a solução irrigante assim como o aparelho de ultrassom é capaz, porém o laser, dependendo da potência empregada, é capaz de aquecer a solução, o que melhoraria ainda mais sua efetividade⁵⁵. Outros resultados positivos na limpeza dos canais radiculares precedendo o uso do cimento AH Plus, foram relatadas por Macedo et al. 2016⁶⁵, após a ativação do EDTA com laser de diodo em relação ao ultrassom. Essa superioridade do laser não foi encontrada nos protocolos utilizados no presente estudo, provavelmente devido a ambos os lasers não promoverem um aquecimento necessário para oferecer uma melhora da efetividade da solução de EDTA.

Um aumento da potência dos lasers promoveria um maior aquecimento da solução¹⁰⁴, porém quando aplicado intracanal, o laser de diodo produz um aquecimento que é capaz de ultrapassar as estruturas dentária e alcançar as estruturas periapicais adjacentes, e um aquecimento dessas estruturas em 10°C acima da temperatura corpórea durante 1 minuto, é capaz de promover necrose do ligamento periapical e do osso alveolar⁶⁹. Portanto é preciso cautela ao escolher a potência que o laser será aplicado.

A promoção de um maior aumento de temperatura pela aplicação do laser, também irá aumentar sua capacidade de causar uma fusão da dentina intracanal^{114,115}. Essa fusão dentinária obliterará a entrada do túbulo dentinário^{116,117} fornecendo assim, uma barreira física na recolonização das bactérias¹¹⁸, porém impedirá o cimento obturador de preencher o interior desse túbulo, que também atuaria como uma barreira física contra as bactérias⁷⁹ e melhoraria a adesão do cimento obturador⁸⁰. Lopes et al. 2017⁵⁹ avaliou a fusão dentinária causadas na

dentina intracanal pelo laser de Nd:YAG de 1064nm na potência de 1,5W e do laser de Diodo de 980nm na mesma potência, e concluiu que o laser de diodo causa o mesmo dano que a aplicação do EDTA 17% em adição a irrigação com hipoclorito de sódio 1%. Os resultados sugerem que, ambos os lasers utilizados no presente estudo, não foram capazes de promover uma fusão dentinária no interior do canal radicular, sugestão essa com base nos resultados estatisticamente iguais de penetrabilidade do EDTA e do AH Plus nos grupos energizados com laser, que teriam potencial de promover o fenômeno de fusão dentinária, e no grupo Ultrassom, que é incapaz de promover tal fusão. Entretanto, é necessária uma análise dos espécimes de cada grupo em microscopia eletrônica de varredura (MEV), para alcançar resposta à tal sugestão.

Apesar do laser TheraLase e Gemini demonstrarem valores similares estatisticamente, o laser Gemini apresentou valores maiores de penetrabilidade do EDTA e do AH Plus nos terços apical e médio, fato esse importante de ser discutido uma vez que esse laser possui uma fibra óptica de 7mm, o que impossibilita sua chegada ao terço apical, ao contrário da fibra óptica do laser TheraLase que é capaz de alcançar o comprimento de trabalho. Porém o laser Gemini possui um comprimento de onda duplo de 810 e 980nm, e o laser TheraLase um comprimento de onda único de 808nm, essa diferença de comprimento de onda permite que o laser Gemini quando aplicado, produza um maior aquecimento⁷⁶ do que o TheraLase, quando aplicados em mesma potência. A fim de diminuir essa diferença, no presente estudo o laser Gemini foi aplicado em uma potência 0,8W menor do que o TheraLase, com base no estudo piloto, uma vez que não existe na literatura estudos como esse comparando dois lasers de diodo com comprimento de onda simples e duplo. Entretanto, os resultados sugerem que, mesmo em menor potência e menor comprimento de fibra óptica o laser Gemini foi capaz de promover uma melhor ativação ou aquecimento, principalmente no terço apical do que o laser TheraLase.

Uma outra diferença de valores na penetrabilidade da solução irrigante e do cimento obturador que foi observada, foi a diferença desses valores entre os terços, aumentando de apical para cervical dentro do mesmo grupo. Isso se deve ao fato já demonstrado por Camilleri em 2015⁷⁹, que relatou que o cimento AH Plus penetrava mais nos terços médio e cervical, isso porque ambos os terços possuem uma maior quantidade de túbulos dentinários do que o terço apical, além disso os túbulos desses dois terços, possuem um maior diâmetro do que os túbulos do terço apical.

O teste de Push-Out é realizado para verificar a resistência de adesão da massa obturadora as paredes dentinárias, no caso do presente estudo estatisticamente não houve diferença entre os grupos, porém foi possível observar que no terço apical e médio foi necessária uma maior força para o deslocamento da massa obturadora, sugerindo que nesses dois terços houve uma obturação mais hermética do canal, talvez devido a proximidade anatômica do canal radicular após o preparo e do cone de gutta-percha compatível ao sistema mecânico utilizado¹¹⁹.

Assim como na avaliação em confocal, no teste de Push-Out apesar de não ocorrer diferença estatística, os grupos Ultrassom, TheraLase e Gemini obtiveram valores mais altos de resistência do que os outros dois grupos. Macedo et al. 2016⁶⁵ avaliou a resistência a adesão do cimento AH Plus, após a ativação do EDTA com laser de diodo e ultrassom, concluiu que a ativação com laser melhora a resistência. Apesar de não ocorrer melhora significativa sugere-se assim, que esses tipos de ativação estão no caminho correto para permitir uma melhor resistência de união do cimento a parede dentinária.

Quando observamos o padrão de falha ocorrido em cada um dos grupos, é possível observar a presença de falhas adesivas no grupo Controle e Manual convencional, falhas essas relacionadas com uma baixa resistência de união do cimento a parede dentinária^{63,65}.

Outra similaridade entre os resultados obtidos nos dois testes executados no presente estudo, foi o laser Gemini possuir maior valores de resistência adesiva no terço apical mesmo com sua fibra óptica não alcançando essa região, além de ocorrer uma maior quantidade de falhas do tipo coesiva, tipo de falha associado a uma ótima interação cimento parede dentinária⁶³. Sugerindo novamente que o seu comprimento de onda dupla permitiu uma melhor ativação do EDTA, e que atuou além do campo de ação da sua fibra óptica.

É possível encontrar diversos estudos utilizando o laser de diodo durante o tratamento endodôntico, Saydjari et al. 2016⁸¹ realizou uma revisão de literatura e analisando 15 artigos de laser de diodo de 980nm e 810nm pode concluir que é necessário a padronização das configurações do laser, como potência, modo e tempo de aplicação e descanso, além do diâmetro da fibra e trajeto de irradiação dessa fibra, para um comparação entre os trabalhos e a possibilidade da criação de um protocolo padrão.

Considerando as limitações do estudo, deve-se considerar que antes do uso clínico dos protocolos aqui sugeridos, são necessários mais estudos, uma vez que os lasers são aparelhos muito complexos e ainda com pouca literatura disponível.

5 CONCLUSÃO

Baseado nas condições e metodologia empregada no presente estudo, concluiu-se que a ativação do EDTA na limpeza final dos canais radiculares, por meio dos lasers de diodo de alta potência TheraLase Surgery e Gemini, e ultrassônica foram estatisticamente superiores à agitação manual convencional, porém sem diferenças estatísticas quando comparados entre si. Quanto ao teste de Push-Out, não houve diferença estatística entre os grupos e os padrões de falha mais recorrentes foram os tipos Coesiva e Mista.

REFERÊNCIAS*

1. Chugal NM, Clive JM, Spangberg LSW. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 96(1): 81–90.
2. Zandi H, Kristoffersen AK, Ørstavik D, Rôças IN, Siqueira JF, Enersen M. Microbial analysis of endodontic infections in root-filled teeth with apical periodontitis before and after irrigation using pyrosequencing. *J Endod.* 2018; 44(3): 372–8.
3. Miçooğulları Kurt S, Çalışkan MK. Efficacy of chlorhexidine as a final irrigant in one-visit root canal treatment: a prospective comparative study. *Int Endod J.* 2018; 51(10): 1069–76.
4. Ismail PMS, Ahamed S, Sabiha PB, Chandra Sekhar M, Moosani G, Nagalakshmi Reddy S, et al. Comparison of sealer penetration by using different irrigation techniques – An in-vitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2016; 10(12): ZC50–3.
5. Machado R, Cruz ATG, de Araujo BM de M, Klemz AA, Klug HP, da Silva Neto UX. Tubular dentin sealer penetration after different final irrigation protocols: A confocal laser scanning microscopy study. *Microsc Res Tech.* 2018; 81(6): 649–54.
6. Poletto D, Poletto AC, Cavalaro A, Machado R, Cosme-Silva L, Garbelini CCD, et al. Smear layer removal by different chemical solutions used with or without ultrasonic activation after post preparation. *Restor Dent Endod.* 2017; 42(4): 324.
7. Bighetti Trevisan RL, Scatolin RS, Castro Raucci LMS de, Raucci Neto W, Froner IC. Effects of EDTA gel and chlorhexidine gel on root dentin permeability. *Microsc Res Tech.* 2018; 81(2): 191–7.
8. Todea DCM, Luca RE, Bălăbuc CA, Miron MI, Locovei C, Mocuța DE. Scanning electron microscopy evaluation of the root canal morphology after Er:YAG laser irradiation. *Rom J Morphol Embryol.* 2018; 59(1): 269–75.
9. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94(6): 658–66.
10. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int Endod J.* 2010; 43(1): 2–15.

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

11. Peeters HH, Suardita K, Mooduto L, Gutknecht N. Extrusion of irrigant in open apex teeth with periapical lesions following laser-activated irrigation and passive ultrasonic irrigation. *Iran Endod J.* 2018; 13(2): 169–75.
12. Arslan H, Topcuoglu HS, Karatas E, Barutcigil C, Aladag H, Topcu KM. Effect of the smear layer in the removal of calcium hydroxide from root canal walls. *J Conserv Dent.* 2012; 15(2): 113–7.
13. Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2008; 106(5): 40–3.
14. Ribeiro RG, Marchesan MA, Silva RG, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Dentin permeability of the apical third in different groups of teeth. *Braz Dent J.* 2010; 21(3): 216–9.
15. Ahmetoglu F, Keles A, Yalcin M, Simsek N. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Eur J Dent.* 2014; 8(1): 53–7.
16. Kamel WH, Kataia EM. Comparison of the efficacy of Smear Clear with and without a canal brush in smear layer and debris removal from instrumented root canal using WaveOne versus ProTaper: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2014; 40(3): 446–50.
17. Lopes HP, Siqueira JF Jr EC. Substâncias químicas empregadas no preparo dos canais radiculares. In: *Endodontia: biologia e técnica.* 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2010. p. 531–71.
18. Schilder H. Cleaning and Shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974; 18(2): 269–96.
19. Siqueira JFJ, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J.* 1997; 30(4): 279–82.
20. Shahravan A, Haghdooost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: A systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2007; 33(2): 96–105.
21. Foster KH, Kulild JC, Weller RN. Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. *J Endod.* 1993; 19(3): 136–40.
22. Priyank H, Pandey V, Bagul A, Majety KK, Verma P, Choudhury BK. Evaluation of 4% sodium hypochlorite in eliminating *Enterococcus faecalis* from the root canal when used with three irrigation methods: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2017; 18(3): 214–7.

23. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987; 20(5): 228–32.
24. Tanomaru-Filho M, Miano LM, Chávez-Andrade GM, Torres FFE, Leonardo R de T, Guerreiro-Tanomaru JM. Cleaning of root canal system by different irrigation methods. *J Contemp Dent Pract.* 2015; 16(11): 859–63.
25. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: Mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003; 36(12): 810–30.
26. Cruz Filho A, Miranda C, Sousa Neto M, Viapiana R, Kirchhoff A. Comparison of the apple vinegar with other chelating solutions on smear layer and calcium ions removal from the root canal. *Indian J Dent Res.* 2014; 25(3): 370.
27. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009; 42(4): 335–43.
28. Pashley DH, Livingston MJ, Reeder OW HJ. Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1978; 23(12): 1127–33.
29. Pecora JD, Costa WF, Campos GM, Roselino RB. Presentation of a histochemical method for the study of root dentin permeability. *Rev Odontol da Univ Sao Paulo.* 1987; 1(2): 3–9.
30. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. *J Endod.* 2015; 41(10): 1660–6.
31. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chavez-Andrade GM, Miano LM, Guerreiro-Tanomaru JM. Intermittent or continuous ultrasonically activated irrigation: micro-computed tomographic evaluation of root canal system cleaning. *Clin Oral Investig.* 2016; 20(7): 1541–6.
32. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology.* 2017; 105(2): 178–83.
33. Nagaoka S, Miyazaki Y, Liu HJ, Iwamoto Y, Kitano M, Kawagoe M. Bacterial invasion into dentinal tubules of human vital and nonvital teeth. *J Endod.* 1995; 21(2): 70–3.
34. Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *Int Endod J.* 2017; 50(10): 976–82.

35. Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, Bertoldi C. Effect of different irrigation systems on sealer penetration into dentinal tubules. *J Endod.* 2017; 43(4): 652–6.
36. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-Moliz MT. Influence of smear layer on the antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigating solution in infected dentin. *J Endod.* 2016; 42(11): 1647–50.
37. Çiçek E, Keskin Ö. The effect of the temperature changes of EDTA and MTAD on the removal of the smear layer: A scanning electron microscopy study. *Scanning.* 2015; 37(3): 193–6.
38. Coelho RG, Lacerda MFL, G. Xavier VF, Lacerda GP, Mafra SC, Girelli CFM. A eficácia da solução de EDTA na remoção de smear layer e sua relação com o tempo de uso: uma revisão integrativa. *Rev da Fac Odontol - UPF.* 2017; 22(1): 120–9.
39. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J.* 2019; 52(8): 1210–7.
40. Nair PNR, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2005; 99(2): 231–52.
41. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: Assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J.* 2003; 36(2): 93–9.
42. Ricucci D, Bergenholtz G. Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries - A histobacteriological study of treated cases. *Int Endod J.* 2003; 36(11): 787–802.
43. Simezo AP, da Silveira Bueno CE, Cunha RS, Pelegri RA, Rocha DG, de Martin AS KA. Comparative analysis of dentinal erosion after passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron study. *J Endod.* 2017; 43(1): 141–6.
44. Marques-da-Silva B, Alberton CS, Tomazinho FSF, Gabardo MCL, Duarte MAH, Vivan RR B-FF. Effectiveness of five instruments in removing calcium hydroxide paste from simulated internal root resorption cavities in extracted maxillary central incisors. *Int Endod J.* 2019; 30.
45. Versiani MA, De-Deus G, Vera J, Souza E, Steier L, Pécora JD, et al. 3D mapping of the irrigated areas of the root canal space using micro-computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2015; 19(4): 859–66.
46. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987; 13(10): 490–9.

47. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 2003; 29(10): 674–8.
48. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *Int Endod J.* 2007; 40(6): 415–26.
49. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980; 6(9): 740–3.
50. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, Langedijk J, Wesselink P, van der Sluis LWM. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 2011; 37(5): 688–92.
51. De-Deus G, Marins J, Neves A de A, Reis C, Fidel S, Versiani MA, et al. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod.* 2014; 40(2): 271–6.
52. Ayranci LB, Arslan H, Akcay M, Capar ID, Gok T, Saygili G. Effectiveness of laser-assisted irrigation and passive ultrasonic irrigation techniques on smear layer removal in middle and apical thirds. *Scanning.* 2016; 38(2): 121–7.
53. Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod.* 2014; 40(4): 580–3.
54. Saito K, Webb TD, Imamura GM, Goodell GG. Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *J Endod.* 2008; 34(8): 1011–4.
55. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA. Debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with Laser-activated irrigation. *J Endod.* 2018; 44(11): 1697–701.
56. Poudyal S, Pan W-H, Zhan L. Efficacy of solution form of ethylenediaminetetraacetic acid on removing smear layer of root canal at different exposure time In Vitro. *J Huazhong Univ Sci Technol.* 2014; 34(3): 420–4.
57. Ramazani M, Asnaashari M, Ahmadi R, Zarenejad N, Rafie A, Yazadani Charati J. The effect of final rinse agitation with ultrasonic or 808 nm diode laser on coronal microleakage of root-canal treated teeth. *Iran Endod J.* 2018; 13(1): 108–13.
58. Arslan H, Yeter KY, Karatas E, Yilmaz CB, Ayranci LB, Ozsu D. Effect of agitation of EDTA with 808-nm diode laser on dentin microhardness. *Lasers Med Sci.* 2015; 30(2): 599–604.

59. Borges CC, Estrela C, Lopes FC, Palma-Dibb RG, Pecora JD, De Araujo Estrela CR, et al. Effect of different diode laser wavelengths on root dentin decontamination infected with *Enterococcus faecalis*. *J Photochem Photobiol B*. 2017; 176: 1–8.
60. Marchesan MA, Brugnera-Junior A, Ozorio JE, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Effect of 980-Nanometer Diode Laser on root canal permeability after dentin treatment with different chemical solutions. *J Endod*. 2008; 34(6): 721–4.
61. Keine KC, Kuga MC, Tormin FBC, Vencao AC, Duarte MAH, Chavez-Andrade GM, et al. Effect of peracetic acid used as single irrigant on the smear layer, adhesion, and penetrability of AH Plus. *Braz Oral Res*. 2019; 33: e057.
62. Silva EJNL, Carvalho NK, Prado MC, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. Bovine teeth can reliably substitute human dentine in an intra-tooth push-out bond strength model? *Int Endod J*. 2019; 52(7): 1063–9.
63. Brichko J, Burrow MF, Parashos P. Design variability of the push-out bond test in endodontic Research: A systematic review. *J Endod*. 2018; 44(8): 1237–45.
64. Donnermeyer D, Vahdat-Pajouh N, Schafer E, Dammaschke T. Influence of the final irrigation solution on the push-out bond strength of calcium silicate-based, epoxy resin-based and silicone-based endodontic sealers. *Odontology*. 2019; 107(2): 231–6.
65. De Macedo HS, Messias DCF, Rached-Júnior FJ, De Oliveira LT, Silva-Sousa YTC, Raucci-Neto W. 1064-nm Nd:YAG and 980-nm diode laser EDTA agitation on the retention of an epoxy-based sealer to root dentin. *Braz Dent J*. 2016; 27(4): 424–9.
66. Dagher J, El Feghali R, Parker S, Benedicenti S, Zogheib C. Postoperative quality of life following conventional endodontic intracanal irrigation compared with laser-activated irrigation: A randomized clinical study. *Photobiomodulation, photomedicine, laser Surg*. 2019; 37(4): 248–53.
67. Ozbay Y, Erdemir A. Effect of several laser systems on removal of smear layer with a variety of irrigation solutions. *Microsc Res Tech*. 2018; 81(10): 1214–22.
68. Nammour S, Heyselaer D, Umana M, Zeinoun T, Compere P, Tielemans M. Dentinal tubules sealing by means of diode lasers (810 and 980 nm): A preliminary in vitro study. *Photomed Laser Surg*. 2013; 31(7): 307–14.
69. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: A vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*. 1983; 50(1): 101–7.
70. Da Costa Lima GA, Aguiar CM, Câmara AC, Alves LC, Dos Santos FAB, Do Nascimento AE. Comparison of smear layer removal using the Nd:YAG laser, ultrasound, ProTaper universal system, and CanalBrush methods: An in vitro study. *J Endod*. 2015; 41(3): 400–4.

71. Yavuz MS, Kesim B, Arslan H, Topçuoğlu HS, Karatas E, Ayrancı LB. Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod.* 2013; 39(12): 1589–92.
72. Ishizaki NT, Kimura Y, Sun Y, Kinoshita J-I, Matsumoto K, Wang X. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg.* 2005; 23(6): 575–81.
73. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular Dentin bond strength of resilon and gutta-percha. *J Endod.* 2006; 32(10): 963–6.
74. Elnaghy AM. Effect of QMix irrigant on bond strength of glass fibre posts to root dentine. *Int Endod J.* 2014; 47(3): 280–9.
75. El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(4): 1871–6.
76. Al-Karadaghi TS, Gutknecht N, Jawad HA, Vanweersch L, Franzen R. Evaluation of temperature elevation during root canal treatment with dual wavelength laser: 2780 nm Er,Cr:YSGG and 940 nm Diode. *Photomed Laser Surg.* 2015; 33(9): 460–6.
77. Lagemann M, George R, Chai L, Walsh LJ. Activation of ethylenediaminetetraacetic acid by a 940 nm diode laser for enhanced removal of smear layer. *Aust Endod J.* 2014; 40(2): 72–5.
78. de Macedo HS, Colucci V, Messias DCF, Rached-Junior FJA, Fernandes FS, Silva-Sousa YTC, et al. Effect of Nd:YAG (1064-nm) and diode laser (980-nm) EDTA agitation on root dentin ultrastructure properties. *Photomed Laser Surg.* 2015; 33(7): 349–56.
79. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 2015; 41(1): 72–8.
80. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, et al. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2009; 108(3): 450–7.
81. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N. Laser application in Dentistry: irradiation effects of Nd:YAG 1064 nm and diode 810 nm and 980 nm in infected root canals- a literature overview. *Biomed Res Int.* 2016/07/04. 2016; 2016: 8421656.
82. Brannstrom M, Nyborg H. Bacterial growth and pulpal changes under inlays cemented with zinc phosphate cement and Epoxylite CBA 9080. *J Prosthet Dent.* 1974; 31(5): 556–65.

83. Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endod.* 1984; 10(11): 525–31.
84. Outhwaite WC, Livingston MJ, Pashley DH. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Arch Oral Biol.* 1976; 21(10): 599–603.
85. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentine permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent.* 1981; 46(5): 531–7.
86. Safavi KE, Spangberg LS, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endod.* 1990; 16(5): 207–10.
87. Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res.* 1980; 59(8): 1398–403.
88. Adams D, Williams DF. A review of dental implants. *Dent Update.* 1985; 12(8): 480, 482, 484 passim.
89. Meryon SD, Brook AM. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J.* 1990; 23(4): 196–202.
90. Kaufman AY, Greenberg I. Comparative study of the configuration and the cleanliness level of root canals prepared with the aid of sodium hypochlorite and bis-dequalinium-acetate solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1986; 62(2): 191–7.
91. Abuhaimed TS, Abou Neel EA. Sodium hypochlorite irrigation and its effect on bond strength to dentin. *Biomed Res Int.* 2017; 2017: 1930360.
92. Wiber E, Wiber N, Holleman A. *Inorganic Chemistry.* Academic Press, editor. San Diego: De Gruyter; 2001.
93. Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 degrees C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *J Endod.* 2012; 38(3): 381–4.
94. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. *J Endod.* 2015; 41(8): 1359–63.
95. Martin H, Cunningham WT, Norris JP. A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980; 50(6): 566–8.
96. Pecora JD, Ribeiro RG, Guerisoli DMZ, Barbizam JVB, Marchesan MA. Influence of the spatulation of two zinc oxide-eugenol-based sealers on the obturation of lateral canals. *Pesqui Odontológica Bras.* 2002; 16(2): 127–30.

97. De Moor RJG, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 2009; 41(7): 520–3.
98. Koch JD, Jaramillo DE, DiVito E, Peters OA. Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). *Clin Oral Investig.* 2016; 20(2): 381–6.
99. de Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu M-K, Wesselink PR, van der Sluis LWM. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J.* 2009; 42(12): 1077–83.
100. Pirnat S. Versatility of an 810 nm Diode Laser in dentistry: an overview. *J Laser Heal Acad.* 2006; 4.
101. Morsy DA, Negm M, Diab A, Ahmed G. Postoperative pain and antibacterial effect of 980 nm diode laser versus conventional endodontic treatment in necrotic teeth with chronic periapical lesions: A randomized control trial. *F1000Research.* 2018; 7: 1795.
102. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997; 28(3): 205–9.
103. Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 2005; 20(2): 99–103.
104. Alfredo E, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YTC. Temperature variation at the external root surface during 980-nm diode laser irradiation in the root canal. *J Dent.* 2008; 36(7): 529–34.
105. Beer F, Farmakis ETR, Kopic J, Kurzmann C, Moritz A. Temperature development on the external root surface during laser-assisted endodontic treatment applying a microchopped mode of a 980 nm diode laser. *Photomed Laser Surg.* 2017/01/12. 2017; 35(4): 206–12.
106. Kivanc BH, Arisu HD, Sağlam BC, Akça G, Gürel MA, Görgül G. Evaluation of antimicrobial and thermal effects of diode laser on root canal dentin. *Niger J Clin Pract.* 2017; 20(12): 1527–30.
107. Gutknecht N, Martins MR, Conrads G, Al Hassan N, Franzen R. Bactericidal effect of 445-nm blue diode laser in the root canal dentin on *Enterococcus faecalis* of human teeth. *Lasers Dent Sci.* 2018; 2(4): 247–54.
108. Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials: A systematic review of in vitro studies. *J Endod.* 2017; 43(4): 527–35.

109. Baldi J V, Bernardes RA, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Moraes JCS, et al. Variability of physicochemical properties of an epoxy resin sealer taken from different parts of the same tube. *Int Endod J.* 2012; 45(10): 915–20.
110. Yilmaz A, Karagoz-Kucukay I. In vitro comparison of gutta-percha-filled area percentages in root canals instrumented and obturated with different techniques. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017; 51(2): 37–42.
111. Gound TG, Sather JP, Kong TS, Makkawy HA, Marx DB. Graduating dental students' ability to produce quality root canal fillings using single- or multiple-cone obturation techniques. *J Dent Educ.* 2009; 73(6): 696–705.
112. Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *Int Endod J.* 2011; 44(4): 321–9.
113. Bolles JA, He J, Svoboda KKH, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod.* 2013; 39(5): 708–11.
114. Hmud R, Kahler WA, Walsh LJ. Temperature changes accompanying near infrared Diode Laser endodontic treatment of wet canals. *J Endod.* 2010; 36(5): 908–11.
115. Strakas D, Franzen R, Kallis A, Vanweersch L, Gutknecht N. A comparative study of temperature elevation on human teeth root surfaces during Nd:YAG laser irradiation in root canals. *Lasers Med Sci.* 2013; 28(6): 1441–4.
116. Alfredo E, Souza-Gabriel AE, Silva SRC, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YTC. Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigating solutions and irradiated with 980-nm diode laser. *Microsc Res Tech.* 2009; 72(1): 22–7.
117. Jhingan P, Sandhu M, Jindal G, Goel D, Sachdev V. An in-vitro evaluation of the effect of 980 nm diode laser irradiation on intra-canal dentin surface and dentinal tubule openings after biomechanical preparation: Scanning electron microscopic study. *Indian J Dent.* 2015; 6(2): 85–90.
118. Moura-Netto C, Palo RM, Camargo SEA, Jent C, Leonardo R de T, Marques MM. Influence of prior 810-nm-diode intracanal laser irradiation on hydrophilic resin-based sealer obturation. *Braz Oral Res.* 2012/06/19. 2012; 26(4): 323–9.
119. Ahluwalia Y, Sharma U, Kumar N, Malik A, Singh A, Narayan A. Adaptation of single-cone gutta-percha in curved canals prepared and obturated with protaper and heroshaper systems by using cone beam computed tomography. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2019/02/27. 2019; 9(2): 185–93.
120. Huffman BP, Mai S, Pinna L, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL, et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J.* 2009; 42(1): 34–46.

APÊNDICE A – METODOLOGIA EXPANDIDA

Foram selecionados 50 dentes unirradiculados com canal único e rizogênese completa, sem tratamento endodôntico anterior, reabsorções internas ou externas ou lesões de cárie radicular, com o auxílio de tomadas radiográficas digitais no sentido proximal e análise em microscópio

Após a seleção dos espécimes, esses foram padronizados em 16 milímetros (mm) com a remoção das coroas com disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), a exploração do canal foi feita com uma lima tipo K #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) até que essa lima fosse visualizada no forame, determinando a localização do forame apical e então recuado 1mm, para o obter o comprimento real de trabalho.

Os canais foram instrumentados com sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Stwizerland) instrumentando até a lima F5 padronizando o diâmetro de todos os espécimes.

Durante toda a instrumentação, foi realizada a irrigação, aspiração e inundação com 5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% (Rioquímica, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) por meio de pontas de irrigação NaviTip com diâmetro de 30 ga (Ultradent, South, Jordan, UT, EUA).

Após o preparo biomecânico os 50 espécimes foram divididos aleatoriamente, em 5 grupos (n=10) de acordo com o protocolo de Limpeza final (Tabela 1):

Tabela 1 - Divisão dos grupos de acordo com os protocolos de limpeza final

Grupos	Protocolos de Limpeza final
Controle Negativo	Inundação do canal com EDTA 17% e Irrigação/aspiração com 5mL de água deionizada aplicada com seringa e agulha Navtip (Ultradent, South Jordan, UT, USA)
Convencional	Inundação do canal com EDTA 17% agitado com lima K#50 durante 3 minutos, Irrigação/aspiração com 5mL de água deionizada aplicada com seringa e agulha Navtip (Ultradent, South Jordan, UT, USA)
Ultrassom	Inundação com EDTA 17%, energizado com Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) 30 segundos, Irrigação/aspiração com 5mL de água deionizada aplicada com seringa e agulha Navtip (Ultradent, South Jordan, UT, USA)
Thera Laser	Inundação com EDTA 17% energizado com Laser Diodo Thera Laser Surgery e irrigação/aspiração convencional com 5mL água deionizada
Gemini	Inundação com EDTA 17% energizado com Laser Diodo Gemini e irrigação/aspiração convencional com 5mL água deionizada

Fonte: Elaboração própria.

O protocolo estabelecido para a utilização dos laser de diodo, Thera Laser Surgery (DMC, Brasil) e Gemini (Ultradent, South Jordan, UT, USA), possuem base no estudo piloto realizado anteriormente, visando efeitos térmicos dentro dos limites de segurança.

O Laser Diodo Gemini foi aplicado na potência de 2 W nos comprimentos de onda de 810 e 980 nm simultaneamente, através das pontas de fibra óptica de 400µm com comprimento de 7 mm, realizando 3 ativações com duração de 5 segundos e com intervalo de 10 segundos entre as ativações.

O laser Thera Laser Surgery foi aplicado na potência de 2,8 W no modo pulsado, através de uma fibra óptica de 400 µm no comprimento de trabalho, na mesma quantidade de ativações e tempo de intervalo do laser anterior.

Ambos os lasers foram aplicados realizando movimentos helicoidais da região apical até a região cervical, intercalando o sentido do movimento em horário e anti-horário para cada ativação.

O ultrassom utilizado no Grupo 3 foi o ultrassom Newtron P5 Bled (Acteon, Paris, França), aplicado na potência de 30% com ponta Ultrawave NitiSonic (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) agitando a solução de EDTA 17% por 30 segundos (PUI), ponta ultrassônica, produzida em Níquel-Titânio o que fornece a ela uma superfícies mais suave e uma maior flexibilidade.

No EDTA (Biodinâmica, Ibiporã, Paraná, Brasil) que foi utilizado nos grupos, foi adicionado o Verde de Malaquita como marcador fluorescente na análise de confocal, a fim de verificar a penetrabilidade do EDTA nos túbulos dentinários.

Após os protocolos de limpeza final, os canais radiculares foram secos com pontas de papel absorvente.

Todos espécimes de cada grupo foram obturados pela técnica de obturação com cone único e cimento AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) manipulados de acordo com as instruções do fabricante, sendo esse o padrão ouro em pesquisas. Durante a manipulação do cimento obturador AH Plus, foi realizada a padronização da porção do tubo a ser utilizada, sendo que a porção escolhida foi a porção média, diminuindo então as variáveis relacionadas às essas alterações físico-químicas.¹⁰⁹ Foi realizada a padronização da quantidade (em massa) do cimento endodôntico e nele misturado Rodamina B (RITC; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO), sendo esse um marcador que possibilitará a análise das imagens em microscopia confocal.

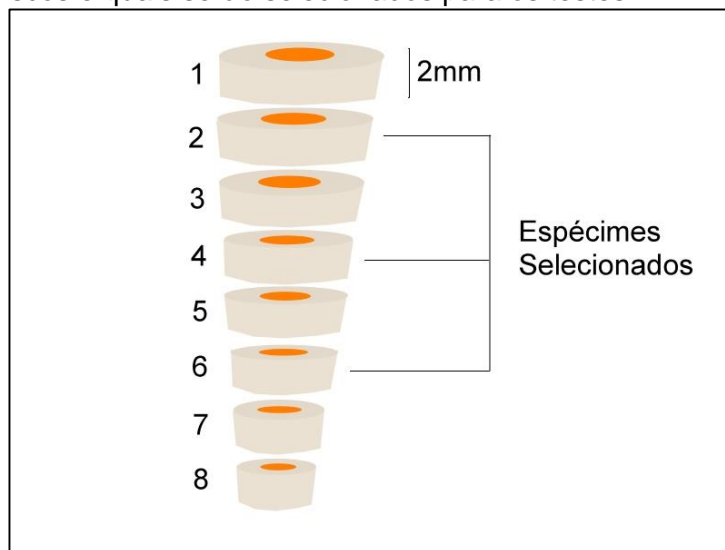
O cone de guta percha empregado foi o cone F5 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), verificando a adaptação desse através de radiografia digital obtida nos sentidos orto e méso-radial. Então, o cimento foi levado ao canal radicular por meio de uma lima tipo k50, o cone de guta percha foi envolvido com o cimento obturador e introduzido no comprimento real de trabalho. Por meio de radiografias digitais orto e méso radial, foi verificado o completo preenchimento dos canais, o excesso de material obturador foi removido com um calcador aquecido e, então com esse mesmo instrumento agora frio, foi realizada a condensação vertical da massa obturadora. Ao final, a entrada dos canais foi limpa com algodão embebido em álcool e novas radiografias foram realizadas para verificar a qualidade da obturação final dos canais radiculares.

Os espécimes foram armazenados em estufa a 37°C e 100% de umidade, por 7 dias, período equivalente a três vezes o tempo de endurecimento do cimento endodôntico.

Em seguida os espécimes obturados foram posicionados verticalmente em uma matriz plástica circular vaselinada, e embebidos em resina poliéster (Maxirubber, São Paulo, São Paulo, Brasil) permanecendo por 24 horas a fim de aguardar a presa da resina.

Os cilindros de resina poliéster com os espécimes embebidos foram removidos das matrizes e então acoplado o conjunto, cilindro com o espécime, a máquina de corte de precisão (Isomet 1000 Precision Saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA). Para o corte foi utilizado um disco diamantado de 0,3 mm de espessura (South Bay Technology, San Clement, CA, EUA) sob refrigeração constante, realizando cortes perpendiculares ao longo eixo dos espécimes. Sendo obtidos 8 discos de 2 mm \pm 0.1 mm para cada espécime, esses foram distribuídos da seguinte maneira: os discos 1,3,5,7 e 8 foram descartados, os discos 2,4 e 6 foram utilizados no teste de *Push-Out* e microscopia confocal de fluorescência à laser. (Figura 1)

Figura 1 - Discos obtidos após o corte dos espécimes, indicando o tamanho dos discos e quais serão selecionados para os testes

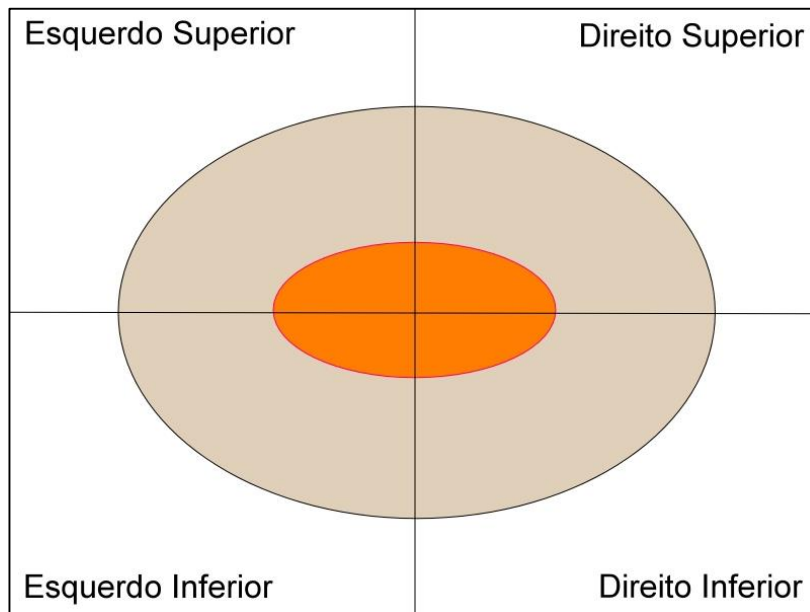


Fonte: Elaboração própria.

Os discos foram lixados com lixa de baixa granulação, a fim de obter uma superfície lisa e facilitar a análise. Então, os espécimes foram levados ao Microscópio de Fluorescência Confocal (Carl Zeiss LMS 800 com Airyscan) para obtenção de imagens da interface dentina/material obturador. Os espécimes foram posicionados ao aparelho de tal forma que a imagem fornecida pela objetiva de 10X de magnificação mostre o centro da obturação. As configurações de imagem usadas foram 70 μ m de

profundidade com 800x800 pixels. Utilizando Zen Blue 2.3 System (Carl Zeiss, Jena, Alemanha). A partir dessa imagem, foram capturadas as imagens dos quadrantes de cada disco com magnificação de 20x, para possibilitar a visualização da profundidade de penetração do EDTA e do cimento endodôntico no interior dos túbulos dentinários. Os quadrantes de cada disco foram nomeados como: Superior Direito, Inferior Direito, Inferior Esquerdo e Superior Esquerdo. (Figura 2)

Figura 2 - Divisão dos quadrantes de cada disco



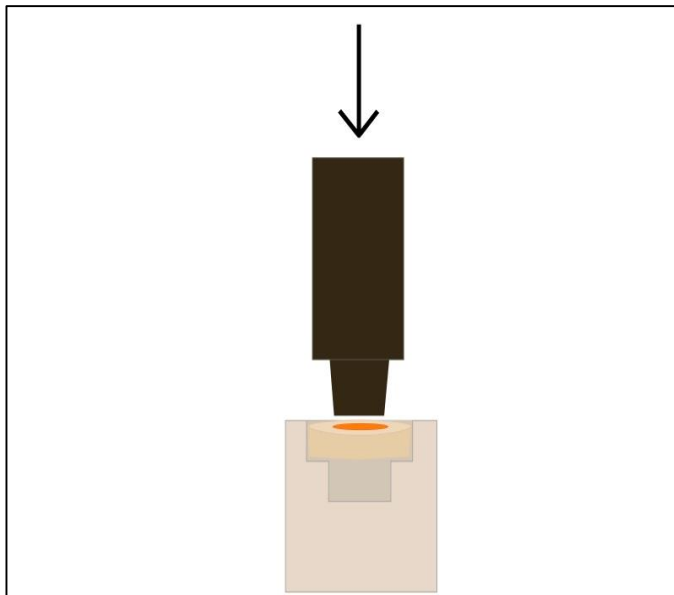
Fonte: Elaboração própria.

Obtidas todas as imagens, partiremos para a fase de análise, que consiste na mensuração linear da extensão da penetração do cimento endodôntico e da solução irrigadora através dos túbulos dentinários. As mensurações foram realizadas por meio do mesmo programa Zen Lite System utilizando uma régua de medida digital. O ponto inicial da marcação foi a parede do canal radicular, seguindo-se a trajetória do canalículo dentinário até o ponto máximo de penetração do cimento endodôntico e, em seguida, da solução irrigadora. Em cada quadrante foram realizadas dez mensurações. Assim, obtivemos um total de 40 medidas, das quais temos uma média aritmética para cada corpo de prova.

Após o teste de microscopia confocal, os mesmos discos foram submetidos ao teste de *Push-Out*. Durante o ensaio mecânico, cada espécime foi posicionado sobre um dispositivo metálico com abertura central maior que o diâmetro do canal. O teste foi executado em máquina de ensaio universal (EMIC DL; Emic, São José dos

Pinhais, Brasil), todos os espécimes foram posicionados com a face mais coronária do espécime para baixo, ou seja, a carga foi aplicada de apical para cervical. (Figura 3) O equipamento é dotado de pontas de diferentes diâmetros, 0,5 mm, 0,9 mm e 1,3 mm, as quais possuem a função de realizar aplicação de compressão constante em uma velocidade de 0,5 mm/min, pressionando apenas a região do material obturador, até o deslocamento do conjunto guta-percha e ou cimento das paredes do canal radicular.

Figura 3 - Representação esquemática do teste de *Push-Out*



Fonte: Elaboração própria.

Os valores da força necessários para o deslocamento da obturação foram obtidos em Newton (N) e então transformados em Mega Pascal (MPa) utilizando a fórmula de acordo com Skindmore et al. 2006⁷³.

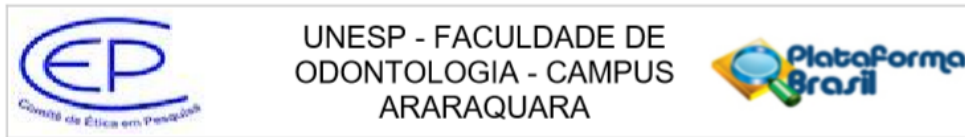
Após a conclusão do teste *Push-Out*, cada secção submetida a esse teste foi examinada com um estereomicroscópio (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) com 40X de aumento para determinar a frequência do padrão de falha ocorrido em cada um dos discos, os quais foram classificados de acordos com Huffman et al. 2009¹²⁰ (Tabela 2)

Tabela 2: Classificação do tipo de falha

Fraturas	Característica
Adesiva 1	Falha entre a interface gutta-percha e cimento obturador
Adesiva 2	Falha entre a interface cimento obturador e dentina
Coesiva	Falha no interior do material obturador
Mista	Combinação entre os dois outros tipos de falha

Fonte: Huffman¹²⁰.

ANEXO A – CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação dos efeitos da ativação fotoacústica do EDTA com laser diodo ou energização com ultrassom na limpeza e obturação dos canais radiculares

Pesquisador: Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 22873419.4.0000.5416

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

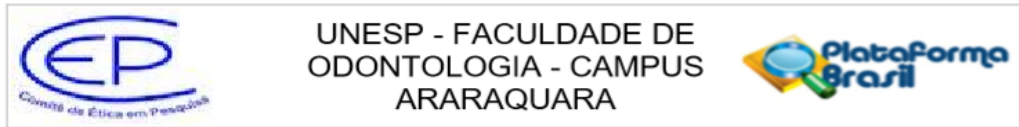
Patrocinador Principal: CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO-CNPQ

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.738.805

Apresentação do Projeto:

O objetivo desse estudo é testar um protocolo de aplicação de dois diferentes Lasers de Diodo energizando a solução de EDTA, comparando-o com os métodos de energização convencional e por ultrassom, avaliando a remoção de smear layer, a penetrabilidade e a adesividade do cimento endodôntico obturador. Esse projeto é uma pesquisa experimental in vitro, a qual utilizará 50 dentes unirradiculados e padronizados, pré-selecionados por meio de radiografia digital. Suas coroas serão removidas com disco diamantado padronizando as raízes em 16 mm, seguido do preparo com sistema ProTaper até lima F5, 1 mm aquém do comprimento real do dente, com irrigação durante o preparo com Hipoclorito de Sódio 2,5%. Os dentes serão distribuídos aleatoriamente em 5 grupos para iniciarmos a fase de irrigação final, teremos os seguintes grupos durante a irrigação final: G1 – grupo controle negativo, inundação com EDTA 17% e irrigação/aspiração com água deionizada. G2 - inundação com EDTA 17% e agitação com lima K#45, irrigação/aspiração com água deionizada G3 – inundação com EDTA 17% energizado com ultrassom (PUI), irrigação/aspiração com água deionizada G4 – inundação com EDTA 17% energizado com Laser Diodo Thera Lase Surgery, irrigação/inundação com água deionizada G5 – inundação com EDTA 17% energizado com Laser Diodo Gemini, irrigação/inundação com deionizada. Na solução de EDTA 17% iremos adicionar o marcador Verde de Malaquita para futura avaliação de sua penetrabilidade. As raízes serão obturadas, pela técnica de condensação lateral



Continuação do Parecer: 3.738.805

ativa e cimento obturador AH PLUS com adição de Rodamina. Após 1 semana da, as raízes serão cortadas em 8 discos de 2mm cada. Os discos 1,3,5,7 e 8 mais cervical serão descartados, os discos 2, 4 e 6 serão analisados em confocal para verificar a penetrabilidade do cimento endodôntico então os mesmos serão analisados em teste de Push Out para verificar a adesividade do cimento endodôntico às paredes dentinárias.

Objetivo da Pesquisa:

Este estudo tem como objetivo avaliar a propriedade adesiva e a penetrabilidade da solução de EDTA e do cimento obturador, após agitação da solução de EDTA com Laser Diodo, durante a etapa de irrigação final no tratamento endodôntico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os pesquisadores serão submetidos à radiação X, uma vez que durante a seleção dos dentes e obturação será necessário realizar exames radiográficos para padronizar os espécimes, dessa maneira, será utilizado um sistema radiográfico digital e os espécimes serão inseridos dentro de uma caixa plumbífera, que não permitirá a produção de radiação secundária. Durante o preparo dos dentes os profissionais utilizarão EPIS indicados quanto ao Mapa de Risco de cada ambiente e durante a aplicação dos Lasers os profissionais utilizarão óculos de proteção adequado. Serão seguidas as normas de Biossegurança determinadas pela Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr).

Benefícios: Os benefícios obtidos desse estudo estão relacionados com a obtenção de um protocolo de aplicação do Laser Diodo durante a irrigação final durante o tratamento endodôntico, que contribua para a maior penetrabilidade tanto do irrigante EDTA como também do cimento obturador, promovendo assim uma maior limpeza dos túbulos dentinários e também maior adesividade do cimento obturador.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está apresentado de maneira satisfatória e justificada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos obrigatórios forma apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não existem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Protocolo APROVADO em 02 de dezembro de 2019.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARARAQUARA, 02 de Dezembro de 2019

Assinado por:
 Andréa Gonçalves
 (Coordenador(a))

**Autorizo a reprodução deste trabalho pelo prazo de 2 anos após a data de
defesa**

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 20 de março de 2020.

Jéssica Arielli Pradelli