UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO

DANIEL JOSÉ FILIZOLA DE OLIVEIRA

Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, das alterações na geometria e transporte de canais radiculares com curvatura severa após o preparo biomecânico com diferentes sistemas mecanizados

Versão Corrigida

Ribeirão Preto

2018

DANIEL JOSÉ FILIZOLA DE OLIVEIRA

Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, das alterações na geometria e transporte de canais radiculares com curvatura severa após o preparo biomecânico com diferentes sistemas mecanizados

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Mestre em Ciências - Programa: Odontologia Restauradora - Área de Concentração: Odontologia Restauradora (Opção: Endodontia)

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva

Ribeirão Preto

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Assinatura do autor: _____ Data: ____/____/2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Daniel José Filizola de

Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, das alterações na geometria e transporte de canais radiculares com curvatura severa após o preparo biomecânico com diferentes sistemas mecanizados.

Ribeirão Preto, 2018.

93p.: il.;30cm.

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP), área de concentração: Odontologia Restauradora - Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva

“Versão corrigida da Dissertação. A versão original se encontra disponível na Unidade que aloja Programa.”

OLIVEIRA, D.J.F. Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, das alterações na geometria e transporte de canais radiculares com curvatura severa após o preparo biomecânico com diferentes sistemas mecanizados. 2018. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva (Orientador)

Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP

Assinatura: _____

Prof (a). Dr (a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof (a). Dr (a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof (a). Dr (a). _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Este trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e no Laboratório de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto.

DEDICATÓRIA

Dedico, primeiramente, a **Deus** por ter me dado condições, saúde e, por ter me protegido durante este período.

Ao meu pai, **José Filizola de Oliveira**, meu maior exemplo de força e, que apesar da saudade e, mesmo enfrentando momentos difíceis, sempre me incentivou a continuar na carreira acadêmica.

À minha mãe, **Graça Filizola de Oliveira**, um exemplo de mulher, que esteve sempre presente, e que apesar de todas as dificuldades, sempre me apoiou, motivando-me a seguir neste caminho, nunca duvidando da minha capacidade.

Às minhas irmãs, **Natalie Filizola, Polyana Filizola e Marcela Filizola**, por estarem sempre presentes, e serem minha fortaleza. Sem a presença e ensinamentos de vocês, eu não conseguiria concluir este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva**, pelo conhecimento compartilhado e disponibilidade durante a realização da pesquisa.

Ao coordenador do programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto**, pela oportunidade e confiança depositada em mim, permitindo que eu iniciasse a carreira na área endodôntica.

À **Profa. Dra. Yara Terezinha Corrêa Silva Sousa**, coordenadora do programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, pela disponibilidade na recepção em seu laboratório. À **Profa. Dra. Graziela Bianchi Leoni**, por todos os ensinamentos repassados, pela disponibilidade no acompanhamento da pesquisa, pela atenção, por todo o conhecimento no tema da pesquisa, e pela amizade neste período. Palavras não são suficientes para expressar minha gratidão.

Aos amigos da pós-graduação **Igor Petean, Rodrigo Dantas, Isadora Soares, Lívia Bueno, Bruno Crozetta, Júlia Gallas, Caroline Borges, Paulo Yamin, Larissa Ernesto, Thaís Fillus, Rafael Assis, Jardel Mazzi, Fabiane Carneiro, Tatiana Carvalho, Gabriela Solano, Shelyn Yamakami, Milagros Sueiro, Camila Dória, Reinaldo Neto e Lígia Vieira**, que se tornaram minha família em Ribeirão Preto, e me ajudaram a superar a saudade de casa, dos pais e dos amigos de Manaus.

Aos funcionários **Carlos Feitosa dos Santos, Reginaldo Santana, Patrícia Marchi, Rosângela Angelini, Maria Amália Viesti e Maria Isabel**, pelo suporte prestado no decorrer dos últimos dois anos.

À **CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**, pelo apoio financeiro concedido.

RESUMO

OLIVEIRA, D.J.F Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, das alterações na geometria e transporte de canais radiculares com curvatura severa após o preparo biomecânico com diferentes sistemas mecanizados. 2018. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

O objetivo do presente estudo foi analisar, por meio de microtomografia computadorizada, as alterações bidimensionais de área e perímetro, tridimensionais do volume, área de superfície e índice do modelo estrutural (SMI), e o transporte do canal nas raízes mesiais de molares inferiores com curvatura severa, após o preparo biomecânico realizado por quatro sistemas de NiTi variando o tipo de cinemática e conceito de preparo, a geometria e *design* dos instrumentos e o tipo de tratamento térmico da liga. Dessa forma, foram avaliados os sistemas Protaper Next (PTN) e Reciproc (RC) que adotam que tecnologia *M-Wire* no tratamento térmico das ligas, o sistema TRUShape (TRS) que utiliza nova tecnologia de tratamento térmico, e o sistema Reciproc Blue (RCB), obtido a partir da tecnologia “*Blue Treatment*” para obtenção da liga. Foram selecionados 32 molares inferiores com ângulo de curvatura da raiz mesial de 25-50° e raio ≤ 4 mm, por meio de tomografia computadorizada *Cone Beam*, e então escaneados em microtomógrafo 1176 (SkyScan, Kontich, Bélgica), com resolução isotrópica de 18 μm . Após isso, as imagens foram reconstruídas e analisadas para obtenção dos parâmetros iniciais (pré-instrumentação) bidimensionais de área e perímetro, e tridimensionais de volume, área de superfície e SMI, além do transporte do canal por meio dos valores do centroide. Os espécimes foram então distribuídos por meio de estratificação em grupos experimentais de acordo com o sistema de instrumentação utilizado ($n=8$), e após o preparo biomecânico foi realizada nova análise microtomográfica seguindo o protocolo descrito para análise inicial. Os dados pré e pós instrumentação foram tabulados e então realizada a análise estatística por meio de ANOVA e pós teste Tukey, com nível de significância de 5%. Os resultados demonstraram que, independente do sistema de instrumentação, houve alterações dos parâmetros bidimensionais e tridimensionais, como também transporte do canal pós-instrumentação. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes ($p>0,05$) entre os sistemas RC e RCB, bem como entre os sistemas PTN e TRS em nenhum dos parâmetros analisados (bidimensionais, tridimensionais e transporte do canal). No terço cervical, os sistemas TRS e PTN apresentaram diferenças estatisticamente significantes em relação aos sistemas RC e RCB, com as maiores alterações para estes últimos. No terço apical, não houve diferenças estatisticamente significantes ($p>0,05$) entre os sistemas em relação aos parâmetros estudados. Pode-se concluir que os sistemas em estudo, independentemente do número de instrumentos, do tipo de movimento e do tipo de tratamento térmico das ligas, não promoveram diferenças significantes em relação à geometria e ao transporte do canal na zona crítica apical entre os sistemas, e que os instrumentos de maior conicidade promoveram maiores mudanças na morfologia do canal, de acordo com os parâmetros avaliados.

ABSTRACT

OLIVEIRA, D.J.F. **Micro-CT assessment of geometric changes and root canal transportation in molars with severe curvature after the biomechanical preparation performed by different mechanized systems**. 2018. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

The aim of the present study was to analyze, by micro-CT, the two-dimensional of area and perimeter, three-dimensional of volume, surface area and *Structural Model Index* (SMI) changes and root canal transportation in mesial roots of mandibular molars with severe curvature, after the biomechanical procedures performed by four different NiTi, varying the kinematic type and preparation concept, the geometry and design of the instruments and the type of alloy treatment. In this way, were evaluated the Reciproc (RC) and ProTaper Next (PTN) systems, which uses the *M-Wire* technology, the TRUShape (TRS) system, with new heat treatment and the Reciproc Blue (RCB) system, obtained from the *Blue*. Thirty-two lower molars with mesial root curvature angle of 25-50 ° and radius ≤ 4 mm were selected by *Cone Beam* tomography and scanned in a micro-CT 1176 (SkyScan, Kontich, Belgium) with 18 μm isotropic resolution. After that, the images were reconstructed and analyzed to obtain the initial parameters (pre-instrumentation) of the area and perimeter, and three-dimensional volume, surface area, and SMI, besides of the root canal transportation by means of the centroid values. The specimens were distributed with stratified sampling in experimental groups according to the instrumentation system used ($n = 8$), and after instrumentation, a new microtomographic analysis was performed following the protocol described in the initial analysis. The pre and post instrumentation data were tabulated and then the statistical analysis was performed using ANOVA and post Tukey test, with a significance level of 5%. The results showed that, regardless of the instrumentation system, changes in the two-dimensional and three-dimensional parameters, as well as the root canal transportation were noticed. No statistically significant differences ($p > 0.05$) were observed between the RC and RCB systems, as well as between the PTN and TRS systems in none of the analyzed parameters (bidimensional, three-dimensional and root canal transportation). In the cervical third, the TRS and PTN systems presented statistically significant differences in relation to the RC and RCB systems, with the greatest changes for the latter. In the apical third, there were no statistically significant differences ($p > 0.05$) between the systems, in relation to the parameters studied. It can be concluded that the systems analyzed in this study, independently of the number of instruments, the type of movement and the type of heat treatment of the alloys, did not promote changes in the geometry and root canal transportation in the critical apical zone, and that the conicity promoted greater changes in the morphology of the canal, according to the evaluated parameters.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Introdução.....	27
Proposição.....	35
Material e Método.....	39
Resultados.....	53
Discussão.....	61
Conclusões.....	69
Referências.....	73
Anexos.....	89

INTRODUÇÃO

O preparo biomecânico é uma importante etapa do tratamento endodôntico que visa a completa remoção de tecido pulpar remanescente, redução do contingente bacteriano e remoção da dentina infectada, por meio da ação mecânica dos instrumentos endodônticos e da ação química e física de soluções auxiliares, a propiciar a manutenção da forma original do canal, condições adequadas para a obturação e o reparo dos tecidos periapicais (VERTUCCI, 2005; METZGER et al., 2010a; LEONI et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2017; PEREIRA et al., 2017; SOUSA-NETO et al., 2018).

Nas últimas décadas, novos protocolos de preparo foram elaborados a partir do desenvolvimento de instrumentos de níquel-titânio (NiTi), cuja flexibilidade e resistência à torção possibilitaram a instrumentação mecanizada com redução do tempo de trabalho, da fadiga do operador e do risco de acidentes operatórios (BURKLEIN et al., 2012; STERN et al., 2012; ROBINSON et al., 2013; RUDDLE, 2013; HWANG et al., 2014; MUHAXHERI et al., 2015; COELHO et al., 2016; JARDINE et al., 2016; MAROTTA et al., 2016; YANG et al., 2016; BRASIL et al., 2017; ESPIR et al., 2017). Com o advento da liga de NiTi foram criados instrumentos de variadas conformações geométricas (RUDDLE et al., 2013), sendo a conicidade uma das alterações mais significativas, uma vez que passou a diferir do padrão de 2% por milímetro da parte ativa estabelecido pela ANSI/ADA (1976, 1982), com a produção de instrumentos com conicidades variando de 2 a 12% (RUDDLE et al., 2013).

Apesar das características de flexibilidade e controle da memória de forma dos instrumentos de NiTi, os estudos realizados até a última década demonstram que o preparo realizado em canais radiculares com achatamentos, istmos e curvaturas, ainda deixa um percentual significativo da superfície do canal sem ser tocada, o que favorece a permanência de remanescentes teciduais e bacterianos, além de favorecer

o risco de erros operatórios e falhas durante o procedimento (fratura do instrumento, impactação de raspas de dentina e transporte do canal) em dentes com desafios anatômicos (WU; WESSELINK, 2001; BARBIZAM et al., 2002; FARINIUK et al., 2003; RICUCCI; BERGENHOLTZ, 2003; BARATTO-FILHO et al., 2004; PETERS, 2004; NAIR et al., 2005; PAQUÉ; GANAHL; PETERS, 2009; METZGER et al., 2010).

A partir disso, foram desenvolvidos sistemas de NiTi com variação do tipo de cinemática e do conceito de preparo, da geometria e do *design* dos instrumentos e do tipo de tratamento da liga, o que permitiu a simplificação das sequências operatórias (GRANDE et al., 2017; SOUSA-NETO et al., 2018).

Em relação ao tipo de cinemática e conceito de preparo, foram lançados instrumentos rotatórios únicos e múltiplos, reciprocantes únicos, e adaptativos que consistem na combinação das rotações contínua e reciprocante, em um movimento que se inicia rotatório, alternando para o movimento reciprocante, quando submetidos a tensões no interior do canal durante a instrumentação (VERSIANI et al., 2011; YOU et al., 2011; BURKLEIN et al., 2012; VERSIANI et al., 2013; DE-DEUS et al., 2015; PEDULLA et al., 2016; SAHU et al., 2016; AZIM et al., 2017; ESPIR et al., 2017; PEDULLA et al., 2017; SEREFLU et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Os instrumentos em NiTi de cinemática rotatória são amplamente utilizados na clínica endodôntica, e os estudos científicos demonstram que possuem capacidade de manutenção da centralização do canal, com redução do risco de transporte, da extrusão de debris, bem como da formação de degraus e perfurações (PAQUÉ et al., 2011; VERSIANI et al., 2013; MARCELIANO-ALVES et al., 2015; PETERS et al., 2015; SAHU et al., 2016; AZIM et al., 2017; SOUSA-NETO et al., 2018).

O sistema rotatório de instrumentos múltiplos Protaper Next® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) apresenta secção transversal retangular, lâminas

de corte ativas e *tapers* variados, produzidos a partir da liga *M-Wire* por meio de processo de tratamento térmico da liga de NiTi, que proporciona maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica em relação à liga convencional de NiTi (VERSIANI et al., 2013; DE-DEUS et al., 2015; GERGI et al., 2015; MARCELIANO-ALVES et al., 2015; COELHO et al., 2016; ESPIR et al., 2017; GUIMARÃES et al., 2017). São em número de cinco: X1 (#17.04), X2 (#25.06), X3 (#30.07), X4 (#40.06) e X5 (#50.06) (NEVARES et al., 2016; TOPÇUOĞLU et al., 2016; SILVA et al., 2017). Com relação às suas geometrias e *design*, são concebidos em forma desalinhada (*offset*); cuja característica que produz uma onda mecânica que percorre o longo eixo do comprimento dos instrumentos, capaz de melhorar suas flexibilidades, minimizar seus travamentos na dentina e reduzir a formação de debris (RUDDLE; MACHTOU; WEST, 2013; ZHAO et al., 2014; AHMETOGLU et al., 2015; ELNAGHY et al., 2017; ZUOLO et al., 2017).

Dentre os sistemas de preparo de instrumento único, foram lançados os sistemas reciprocantes (YARED, 2008), como WaveOne® (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suíça) e Reciproc® (VDW GmbH, Munique, Alemanha), que também são produzidos a partir da liga com tecnologia *M-Wire*. O sistema Reciproc é composto por três instrumentos de conicidade regressiva R25 (#25.08), R40 (#40.06) e R50 (#50.04), sendo a escolha do instrumento único dependente do diâmetro anatômico do canal. A cinemática consiste na rotação em 150° em sentido anti-horário e, em seguida, de 30° no sentido horário. Possuem secção transversal em forma de “S”, o que lhes confere grande capacidade de corte da dentina e conseqüentemente, maior redução do contingente bacteriano, em relação aos instrumentos rotatórios (PLOTINO et al., 2014; DHINGRA et al., 2015; JARDINE et al., 2016; SAHU et al., 2016; GUIMARÃES et al., 2017; LOPES et al., 2017). Devido à ausência de escape na

região cervical, são citados como responsáveis por maior extrusão de debris na região apical (BURKLEIN; SCHAFER, 2012; JUNAID et al., 2014).

Com relação aos avanços das ligas com diferentes tratamentos térmicos, o sistema rotatório de instrumentos múltiplos TRUShape® (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK, USA) propõe o *design offset* que resulta em instrumentos em forma de S, na parte ativa. Sua fabricação consiste no aquecimento mínimo de 300 °C dos instrumentos, com duração aproximada de 1 minuto para formação do longo eixo do instrumento, seguido das temperaturas de fase austenita final ($31 \pm 4^{\circ}\text{C}$), o que resulta no formato não linear da parte ativa (BAYRAM et al., 2017; WALID, 2017). São instrumentos de conicidade constante de .06 apenas nos dois primeiros milímetros, seguidos de conicidade regressiva e variável, por essa razão são referidos como /.06v (PETERS; ARIAS; PAQUÉ, 2015; COELHO; CARD; TAWIL, 2016; BONESSIO et al., 2017). Encontram-se disponíveis nos tamanhos: #20.08v #20.06v, #25.06v, #30.06v e #40.06v, todos com a mesma secção transversal triangular simétrica (PETERS; ARIAS; PAQUÉ, 2015; ZUOLO, A. D. S. et al., 2016).

A partir do processo termomecânico controlado (*heating and cooling*), com superfícies cobertas por óxido de titânio (KESKIN et al., 2017), foi desenvolvido o sistema reciprocante único Reciproc Blue® (VDW GmbH, Munique, Alemanha), tido como a evolução do sistema Reciproc. O processo térmico altera a estrutura molecular da liga, proporcionando maior resistência à fadiga cíclica, flexibilidade e redução na memória de forma, permitindo o pré-curvamento dos instrumentos anteriormente ao início da instrumentação (AZIM et al., 2017; BAYRAM et al., 2017; DE-DEUS et al., 2017; TOPÇUOĞLU; TOPÇUOĞLU, 2017). Por terem sido lançados recentemente no mercado, a literatura sobre estes instrumentos é escassa, restringindo-se apenas a estudos em relação à fadiga cíclica.

Para a análise das diferentes etapas do preparo biomecânico, nas duas últimas décadas, a microtomografia computadorizada tem sido o método de escolha, devido à sua acuidade e característica não-destrutiva e não-invasiva, que permite analisar o preparo por meio de alterações de parâmetros quantitativos bi (área, perímetro, circularidade e diâmetro) e tridimensionais (volume, área de superfície e SMI) (LEONI et al., 2013; VERSIANI et al., 2013; SOUZA-FLAMINI et al., 2014; BRITO-JUNIOR et al., 2015; CROZETA et al., 2016; LEONI et al., 2017; PEREIRA et al., 2017).

Considerando as inovações em instrumentos com diferentes cinemáticas, *design* e tratamentos de liga, e a escassez de estudos na literatura sobre estes novos sistemas e tratamentos, assim como os desafios impostos pela anatomia, torna-se oportuno avaliar, por meio de microtomografia computadorizada, o efeito do preparo biomecânico na alteração da geometria e transporte do canal radicular em canais com curvatura severa.

PROPOSIÇÃO

O presente estudo tem por objetivo avaliar, por meio de microtomografia computadorizada, as alterações bidimensionais (área e perímetro), tridimensionais (volume, área de superfície e índice do modelo estrutural) e o transporte do canal radicular em raízes mesiais de molares inferiores com curvatura severa, após o preparo biomecânico realizado por sistemas de instrumentação com diferentes tipos de cinemática (rotatória ou recíprocante), números de instrumentos (múltiplos ou únicos), conicidades (*design*) e tratamentos térmicos da liga de NiTi (*M-Wire*, *Blue Treatment* e *New Heat Treatment*).

MATERIAL E MÉTODO

Delineamento experimental

Com o objetivo de facilitar a compreensão do estudo, as etapas experimentais foram divididas em três partes (Figura 1):

Parte I – Seleção, preparo das amostras e análise microtomográfica inicial,

Parte II – Preparo dos canais radiculares, e

Parte III – Análise microtomográfica final.

Figura 1. Fluxograma da sequência metodológica utilizada neste estudo.

Parte I – Seleção, preparo das amostras e análise microtomográfica inicial

O presente projeto de pesquisa foi submetido à apreciação ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP) e registrado na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Após aprovação do CEP sob o parecer 1.795.212 (Anexo 1), foram selecionados, junto ao banco de dentes da FORP, 80 molares inferiores com rizogênese completa, ausência de trincas e fraturas, que foram armazenados em tubos criogênicos numerados em ordem crescente, com solução de timol 0,1 %. Após serem lavados em água corrente por 24 horas, os dentes tiveram suas superfícies radiculares externas limpas com o auxílio de ultrassom (Profi II Ceramic, Dabi Atlante Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

Para seleção da amostra, os dentes foram submetidos ao exame tomográfico com o uso do tomógrafo *Cone Beam*, Eagle 3D (Dabi Atlante, Oklahoma, USA) da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, utilizando o protocolo de aquisição de 90.0KV, 6.3mA, 32s e voxel de 0.13 mm, Sensor Flat Panel CMOS, FOV 60 x 80 mm. As imagens fornecidas por meio do software OnDemand3DDental (v.1.0) foram analisadas no intuito de excluir os espécimes que apresentavam calcificação e/ou reabsorção interna e tratamento endodôntico prévio.

A partir das imagens obtidas por meio da tomografia *Cone Beam*, o raio e o ângulo de curvatura das raízes, foram determinados por meio da metodologia de ESTRELA et al. (2008), que, a partir da determinação do orifício da entrada dos canais radiculares, traça sobre a imagem tomográfica uma reta paralela ao longo eixo do canal, seguida de segunda reta, traçada a partir do forame apical cruzando com a primeira no ponto onde o canal começa a desviar do longo eixo do dente (Figura 2A).

Para mensuração do raio de curvatura, traçou-se uma linha a partir da embocadura do canal no sentido do longo eixo (X). Em seguida, foi traçada uma segunda linha (Y), a partir da saída do forame, seguindo o longo eixo do canal no terço apical. Em razão da curvatura, há um ponto na linha X(a) e na linha Y(b), onde o canal começa a desviar, em virtude da curvatura e, sobre os quais, tangencia um círculo, cujo raio (r), mensurado em milímetros, é definido como raio de curvatura (Figura 2B).

Figura 2. Esquema da mensuração do ângulo e raio de curvatura. A: linhas (verdes) traçadas para determinação do ângulo de curvatura; B: Circunferência tangenciando às retas para determinação do raio de curvatura.

Ao final desta análise, foram selecionados 32 dentes com curvatura severa das raízes mesiais que apresentaram ângulo de curvatura entre 25 e 50° e raio de curvatura ≤ 4 mm.

Preparo das amostras

Os espécimes tiveram suas porções coronárias removidas por meio de dispositivo de corte de precisão ISOMET® (Buehler, Lake Forest, IL, EUA), no qual um disco diamantado (South Bay Technology, San Clemente, CA, EUA), sob refrigeração constante, carga de 250 g e velocidade de 350 rpm, realizou a remoção da coroa por meio de corte perpendicular ao longo eixo do dente, próximo ao nível da junção

amelocementária, padronizando o tamanho das raízes em, no máximo, 16 mm de comprimento.

Em seguida, os espécimes foram novamente armazenados individualmente em água destilada, permanecendo em estufa a 37 °C durante 72 h, visando à sua reidratação.

Análise Microtomográfica Inicial

A etapa final da seleção da amostra foi realizada por meio de análise microtomográfica da morfologia das raízes mesiais dos molares inferiores para posterior composição dos grupos experimentais. Os espécimes foram escaneados utilizando-se o microtomógrafo SkyScan modelo 1176 (SkyScan, Kontich, Bélgica) do Laboratório de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto (Figura 3A). Previamente ao escaneamento, a raiz mesial dos espécimes foi identificada com caneta permanente para padronizar o posicionamento no microtomógrafo, de modo a facilitar a sobreposição das imagens adquiridas no escaneamento final. Em seguida, grupos de 10 espécimes foram posicionados de maneira padronizada em relação à raiz mesial voltada para a tela *touch screen* em um suporte para amostra, feito de isopor tubular meia lua, para modelo SkyScan 1176 e 1172 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) (Figura 3B). O conjunto foi levado à cama de fibra de carbono no interior do aparelho (Figura 3C).

Figura 3. (A) Microtomógrafo modelo SkyScan 1176 (SkyScan, Kontich, Bélgica). (B) Posicionamento padronizado em relação à raiz mesial dos espécimes em suporte para amostras de isopor tubular meia lua. (C) Posicionamento do conjunto em cama de fibra de carbono no interior do microtomógrafo.

Em seguida, deu-se início ao escaneamento nos parâmetros de 90 kV, 276 mA, resolução isotrópica de 18 μm , 180° de rotação em torno do eixo vertical com passo de rotação de 0,5°, quantidade total de 4 quadros (*frames*), utilizando filtro de cobre de 0,1 mm de espessura. As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato *Tagged Image File* (TIFF).

Após o término do escaneamento, os dentes foram novamente armazenados em estufa (37 °C, 100% umidade relativa).

A reconstrução das secções transversais foi realizada a partir das imagens das projeções angulares, por meio de algoritmo de reconstrução de feixe cônico de FeldKamp modificado no programa NRecon v.1.7.1.0 (Bruker, micro-CT, Kontich, Bélgica), que resultou na representação da microestrutura interna de cada dente. Foi aplicada redução de artefatos em forma de anel (*Ring Artifact*) no valor de 15 (escala de 0-20), de endurecimento de feixe (*Beam Hardening*) no percentual de 30% (escala de 0 a 100%), de suavização (*Smoothing*) no valor de 1 (escala de 0 a 10) e com histograma de contraste variando de 0,002 (valor mínimo) a 0,032 (valor máximo). As secções axiais reconstruídas foram salvas em formato *Bitmap* (BMP).

Após a reconstrução das imagens, no programa CTAn v.1.17.7.2+ (Bruker, micro-CT, Kontich, Bélgica) foi realizada a segmentação da imagem por meio da técnica de binarização ou limiarização interativa (*threshold*), na qual é realizada a segmentação dos valores de tons de cinza da reconstrução tridimensional, obtendo-se uma imagem binária onde os *pixels* pretos representaram o fundo e as regiões de *pixels* brancos, os objetos da análise. Essas operações foram realizadas para a região de interesse do SCR, e consistem na elaboração e execução de uma rotina computacional (macro), por meio da ferramenta de *Custom Processing* (processamento de imagem), utilizando uma sequência de *plug-ins* (*task list*) a partir

da qual foram gerados os dados bidimensionais e tridimensionais do SCR de cada espécime.

Por meio do *plug-in 2D analysis*, foram obtidos os dados referentes aos parâmetros bidimensionais de área (mm^2) e perímetro (mm) de cada uma das secções transversais resultantes do procedimento de reconstrução, e com o *plug-in 3D analysis* foi possível obter os dados morfométricos tridimensionais de volume (mm^3), área de superfície (mm^2), SMI (índice de modelo estrutural) e, ainda, os valores iniciais dos centroides (ponto no interior de uma forma geométrica que define o seu centro geométrico) nos eixos X e Y em cada secção de cada espécime, além da posição no eixo Z relativa a eles (X_1 , Y_1 , Z_1), que permitiram a análise do transporte do canal após a realização do preparo biomecânico.

De forma complementar, ainda no mesmo programa, foram gerados os modelos tridimensionais do SCR de cada espécime, que foram avaliados qualitativamente em relação à configuração da morfologia do SCR no programa CTVol v.2.2.3.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), que juntamente com os parâmetros iniciais tridimensionais (volume, área de superfície e SMI), foram analisados para composição dos grupos experimentais.

Parte II – Preparo dos canais radiculares

A composição de grupos experimentais foi realizada por meio da técnica de amostragem estratificada, no intuito de melhorar a validade interna do experimento. Assim, os 32 espécimes foram divididos em 8 conjuntos, com base nos aspectos morfológicos dos canais radiculares (configuração, volume, área de superfície e SMI). Em seguida, um espécime de cada conjunto foi distribuído aleatoriamente para cada um dos 4 grupos experimentais ($n=8$). A distribuição possibilitou a composição de

grupos experimentais homogêneos e representativos da variabilidade anatômica da raiz mesial dos molares inferiores, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Dados morfométricos (média $\pm$ desvio-padrão) tridimensionais referentes ao volume (mm^3), área de superfície (mm^2) e SMI dos 4 grupos experimentais ($n=8$), antes da instrumentação.

Grupos	Volume (mm^3)	Área de Superfície (mm^2)	SMI
ProTaper Next	$5,47 \pm 2,07$	$49,54 \pm 12,34$	$1,85 \pm 0,38$
Reciproc	$5,09 \pm 1,80$	$52,81 \pm 17,40$	$1,84 \pm 0,45$
TRUShape	$4,42 \pm 1,85$	$46,97 \pm 14,17$	$1,74 \pm 0,18$
Reciproc Blue	$4,19 \pm 2,08$	$46,05 \pm 17,35$	$1,85 \pm 0,55$
p	0,538	0,820	0,937

*Ausência de diferença estatisticamente significante entre os grupos (ANOVA, $p < 0.05$)

Os grupos experimentais foram distribuídos aleatoriamente de acordo com o sistema de instrumentação utilizado: GI - ProTaper Next® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), GII – Reciproc® (VDW, Munich, Germany), GIII - TRUShape® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA), e GIV - Reciproc Blue® (VDW, Munich, Germany).

Os dentes foram removidos dos tubos criogênicos, e cada canal foi irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1 % (ASFER, São Caetano do Sul, SP, Brasil), utilizando seringa plástica (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) e agulha NaviTip 30G - 25mm (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). A exploração do canal foi realizada com uma lima pré-curvada #10, tipo K, de aço inox (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), cuidadosamente introduzida no interior do canal radicular, até que sua ponta coincidisse com o forame apical. Para o estabelecimento do comprimento de trabalho (CT), foi subtraído 1 mm da medida observada.

O acionamento dos instrumentos dos sistemas ProTaper Next, Reciproc, TRUShape e Reciproc Blue, foi realizado com o contra ângulo redutor de 6:1 Sirona (N 25181, VDW GmbH, Munich, Germany), acoplado ao moto elétrico VDW Silver

(VDW GmbH, Munich, Germany) (Figura 4A). A velocidade de rotação e o torque utilizados para cada sistema foram determinados de acordo com a recomendação dos fabricantes, e calibrados automaticamente por meio da função *calibration* (CAL) (Figura 4B).

Figura 4. (A) Motor elétrico VDW Silver (VDW, GmbH, Munich, Germany). (B) Calibração do motor VDW Silver.

Os instrumentos ProTaper Next® (Figura 5B), X1 (#17.04) e X2 (#25.06) foram utilizados em sequência, com torque de 2 N e 300 rpm. As estrias dos instrumentos foram limpas e verificadas durante o procedimento e, em casos de distorção, foram descartados conforme recomendação do fabricante.

Os instrumentos R25 (#25.08) dos sistemas Reciproc® (Figura 5A) e Reciproc Blue® (Figura 5C) foram utilizados em movimento recíprocante, com os ângulos de deslocamento e torque automaticamente ajustados no motor VDW Silver, e foram inseridos com pequenos avanços na direção apical do canal. O instrumento Reciproc Blue foi previamente curvado antes de ser inserido no interior do canal radicular, conforme recomendação do fabricante.

Os instrumentos TRUShape® (Figura 5D), #20.08 (*Orifice Modifier*), #20.06v e #25.06v foram utilizados em sequência, com torque de 3 N e 300 rpm, sendo o primeiro (#20.08) utilizado apenas na porção cervical para alargamento do orifício, seguido do #20.06v e #25.06v.

Figura 5. (A) Instrumentos rotatórios ProTaper Next X1 (#17.04) e X2 (#25.06) de liga *M-Wire*. (B) Instrumento recíprocante Reciproc R25 (#25.08) de liga *M-Wire*. (C) Instrumentos rotatórios TRUShape: Orifice Modifier (#20.08v), instrumento #20.06v, #25.06v, com *New Heat Treatment*. (D) Instrumento recíprocante Reciproc Blue R25 (#25.08) com tecnologia *Blue Treatment* da liga.

Toda instrumentação foi executada por um único operador, mediante irrigação e aspiração de solução de hipoclorito de sódio a 1 % (ASFER, São Caetano do Sul, SP, Brasil), com a utilização do volume total de 5mL de solução para cada dente, divididos de acordo com o número de instrumentos do sistema, sendo Reciproc e Reciproc Blue 5 mL, ProTaper Next 2,5 mL, TRUShape 1,7 mL. Foi estabelecido o uso de um instrumento para cada dois dentes, independente do sistema adotado. Os instrumentos foram utilizados sem pressão, em movimentos de penetração e remoção, com avanços de 2 a 3 mm em direção apical (movimentos de bicada), até alcançarem o CT.

Parte III - Análise Microtomográfica Final

Após o preparo biomecânico dos canais, os espécimes foram submetidos a novo escaneamento microtomográfico, seguindo-se os mesmos protocolos de escaneamento e reconstrução já descritos no escaneamento inicial. Antes da análise morfométrica propriamente dita, as imagens obtidas de cada espécime foram alinhadas (sobrepostas) em relação às aquelas obtidas no exame microtomográfico

inicial, por meio da ferramenta *co-registration* no programa DataViewer v.1.5.4.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Este programa tem como objetivo identificar e registrar as superfícies de um mesmo objeto, em momentos diferentes, analisando o conjunto de dados por meio da minimização das distâncias entre as superfícies correspondentes, empregando-se um modelo rígido de transformação matemática. O conjunto de dados previamente ao preparo foi considerado fixo, e o conjunto de dados obtidos após o preparo foi sobreposto e registrado em relação ao fixo. Esse novo registro alinhado de dados, de cada espécime, após o preparo foi salvo em um novo diretório.

Após o alinhamento dos espécimes, foi realizado o processamento e análise das imagens no programa CTAn v.1.17.7.2+ (Bruker, micro-CT, Kontich, Bélgica), a fim de se obterem as imagens binarizadas do SCR após o preparo biomecânico. Vale destacar que, durante o processo de binarização do SCR, as áreas não atingidas durante a instrumentação dos canais com presença de debris dentinários não são identificadas. Assim, para se obter a imagem real do SCR, após o preparo, as imagens binarizadas iniciais e pós-preparo do canal radicular foram somadas utilizando a ferramenta *Custom Processing*, por meio do *plug-in Arithmetical operation*. Deste modo, a partir da imagem binarizada real do canal radicular pós-preparo, foram obtidos assim como descrito na análise microtomográfica inicial, os parâmetros bidimensionais de área (mm^2) e perímetro (mm) de cada uma das secções transversais resultantes do procedimento de reconstrução, tridimensionais de volume (mm^3), área de superfície (mm^2), SMI (índice de modelo estrutural), que permitiu o cálculo da diferença entre os valores iniciais e finais.

Além disso, foram obtidos os valores dos centroides pós-preparo (ponto no interior de uma forma geométrica que define o seu centro geométrico) nos eixos X e

Y em cada secção de cada espécime, além da posição no eixo Z relativa a eles (X_2 , Y_2 , Z_2). A partir das coordenadas dos pontos tridimensionais iniciais (X_1 , Y_1 , Z_1), e pós preparo (X_2 , Y_2 , Z_2), foi calculada a distância gerada entre estes pontos, considerando-se os terços cervical, médio e apical por meio da seguinte fórmula.

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$$

Os modelos tridimensionais antes e após o preparo, gerados por meio do programa CTAn v.1.17.7.2+ (Bruker, micro-CT, Kontich, Bélgica), foram visualizados no programa CTVol 2.3.2.0 (Bruker micro-CT, Kontich, Bélgica), e permitiram a sobreposição entre o modelo inicial e final. Para facilitar a visualização, foram aplicadas cores distintas, onde a cor verde representa superfícies não atingidas pelos instrumentos, e cor vermelha representado as regiões alcançadas pelo s instrumentos (Figura 6).

Figura 6. Sobreposição dos modelos 3D antes e após a instrumentação. Em vermelho áreas atingidas pelo(s) instrumento(s) e, em verde, áreas não atingidas pelo(s) instrumento(s).

Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SigmaStat® versão 3.5 (Systat Software, Inc., GmbH, Germany). Os dados de cada parâmetro avaliado foram submetidos ao teste estatístico Shapiro-Wilk e Levene com o objetivo de verificar a distribuição normal e homogênea.

Como as análises demonstraram distribuição normal e homogênea, aplicou-se a análise de variância a um critério (ANOVA One Way), seguido de teste Tukey para comparações múltiplas, e o teste t pareado para comparação antes e após a instrumentação. O nível de significância estabelecido para todas as análises foi de 5%.

RESULTADOS

Análise morfológica bidimensional

A análise de variância demonstrou por meio do teste t pareado alteração estatisticamente significativa ($p < 0.05$) pós instrumentação, em relação aos parâmetros bidimensionais de área (mm^2) e perímetro (mm), conforme observa-se na Tabela 2.

A análise da variação da área, em relação a todos os terços do canal, apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) entre os grupos Reciproc e ProTaper Next, enquanto os grupos Reciproc Blue e TRUShape apresentaram comportamento intermediário, sem diferenças estatisticamente significantes entre si ($p > 0.05$), e ora semelhantes ao sistema Reciproc, ora similares ao sistema ProTaper Next.

A variação da área no terço cervical demonstrou que o grupo Reciproc apresentou as maiores alterações, com diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$) em relação ao grupo ProTaper Next e TRUShape. O grupo ProTaper Next apresentou numericamente as menores alterações, com diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$) entre os grupos Reciproc e Reciproc Blue. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes ($p > 0.05$) entre os grupos Reciproc e Reciproc Blue, ProTaper Next e TRUShape, bem como entre os grupos Reciproc Blue e TRUShape.

Os terços médio e apical não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p > 0.05$) entre os grupos em relação à área.

Tabela 2: Alterações morfológicas bidimensionais referentes à alteração da área (mm²) e perímetro (mm) do canal radicular (média ± desvio-padrão).

Parâmetro	Terço	Grupos	Média ± DP Antes	Média ± DP Depois	p	Δ
Área (mm ²)	Todos	ProTaper Next	0,64 ± 0,26 ^A	0,87 ± 0,22 ^B	<0,001	0,23 ± 0,07 ^b
		Reciproc	0,54 ± 0,20 ^A	0,92 ± 0,16 ^B	0,001	0,39 ± 0,16 ^a
		TRUShape	0,46 ± 0,18 ^A	0,72 ± 0,20 ^B	<0,001	0,25 ± 0,10 ^{ab}
		Reciproc Blue	0,48 ± 0,22 ^A	0,84 ± 0,20 ^B	<0,001	0,36 ± 0,07 ^{ab}
		p				0,011
	Cervical	ProTaper Next	1,21 ± 0,54 ^A	1,53 ± 0,43 ^B	<0,001	0,33 ± 0,59 ^c
		Reciproc	0,89 ± 0,34 ^A	1,57 ± 0,21 ^B	0,001	0,69 ± 0,26 ^a
		TRUShape	0,84 ± 0,30 ^A	1,26 ± 0,37 ^B	<0,001	0,42 ± 0,19 ^{bc}
		Reciproc Blue	0,77 ± 0,32 ^A	1,35 ± 0,25 ^B	<0,001	0,59 ± 0,10 ^{ab}
		p				0,001
	Médio	ProTaper Next	0,54 ± 0,22 ^A	0,76 ± 0,21 ^B	<0,001	0,23 ± 0,07 ^a
		Reciproc	0,50 ± 0,23 ^A	0,88 ± 0,24 ^B	0,003	0,38 ± 0,18 ^a
		TRUShape	0,37 ± 0,20 ^A	0,62 ± 0,20 ^B	<0,001	0,24 ± 0,08 ^a
		Reciproc Blue	0,43 ± 0,24 ^A	0,81 ± 0,24 ^B	<0,001	0,38 ± 0,09 ^a
		p				0,011
	Apical	ProTaper Next	0,15 ± 0,07 ^A	0,22 ± 0,09 ^B	<0,001	0,08 ± 0,03 ^a
		Reciproc	0,21 ± 0,10 ^A	0,31 ± 0,11 ^B	0,004	0,10 ± 0,05 ^a
		TRUShape	0,17 ± 0,08 ^A	0,26 ± 0,09 ^B	<0,001	0,08 ± 0,04 ^a
		Reciproc Blue	0,24 ± 0,24 ^A	0,35 ± 0,24 ^B	0,004	0,10 ± 0,05 ^a
		p				0,694
Perímetro (mm)	Todos	ProTaper Next	4,68 ± 1,08 ^A	5,16 ± 1,11 ^B	<0,001	0,41 ± 0,21 ^a
		Reciproc	4,43 ± 1,00 ^A	5,38 ± 1,12 ^B	0,006	0,74 ± 0,51 ^a
		TRUShape	4,07 ± 0,95 ^A	4,68 ± 1,11 ^B	0,002	0,49 ± 0,33 ^a
		Reciproc Blue	4,42 ± 1,36 ^A	5,33 ± 1,26 ^B	0,001	0,74 ± 0,45 ^a
		p				0,241
	Cervical	ProTaper Next	6,86 ± 0,69 ^A	7,34 ± 0,89 ^B	0,001	0,41 ± 0,14 ^b
		Reciproc	6,40 ± 1,14 ^A	7,83 ± 1,31 ^B	0,005	1,42 ± 0,66 ^a
		TRUShape	6,06 ± 1,31 ^A	6,81 ± 1,70 ^B	0,004	0,73 ± 0,37 ^{bc}
		Reciproc Blue	5,96 ± 1,71 ^A	7,05 ± 1,59 ^B	0,002	1,05 ± 0,44 ^{ac}
		p				<0,001
	Médio	ProTaper Next	5,20 ± 1,60 ^A	5,71 ± 1,61 ^B	<0,001	0,54 ± 0,14 ^a
		Reciproc	4,66 ± 1,64 ^A	5,68 ± 1,78 ^B	0,011	0,93 ± 0,45 ^{ab}
		TRUShape	4,17 ± 1,53 ^A	4,85 ± 1,45 ^B	0,003	0,57 ± 0,32 ^a
		Reciproc Blue	4,60 ± 1,55 ^A	5,76 ± 1,28 ^B	<0,001	1,17 ± 0,38 ^b
		p				0,002
	Apical	ProTaper Next	1,95 ± 0,76 ^A	2,34 ± 0,87 ^B	<0,001	0,42 ± 0,13 ^a
		Reciproc	2,16 ± 0,61 ^A	2,59 ± 0,64 ^B	0,010	0,39 ± 0,20 ^a
		TRUShape	1,97 ± 0,54 ^A	2,35 ± 0,60 ^B	<0,001	0,36 ± 0,14 ^a
		Reciproc Blue	2,70 ± 1,54 ^A	3,19 ± 1,54 ^B	0,017	0,32 ± 0,19 ^a
		p				0,688

Diferentes letras maiúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística dentro do mesmo grupo, enquanto diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$).

*(Δ) Variação absoluta após a instrumentação dos canais radiculares

A alteração do perímetro em relação a todos os terços do canal não demonstrou diferenças estatisticamente significantes ($p>0.05$) entre os grupos.

O terço cervical demonstrou as maiores variações do perímetro para o grupo Reciproc, apresentando diferenças estatisticamente significantes ($p<0.05$) em relação aos grupos ProTaper Next e TRUShape. O grupo ProTaper Next apresentou ainda diferença estatisticamente significativa ($p<0.05$) em relação ao grupo Reciproc Blue. Não se observaram diferenças estatisticamente significantes ($p>0.05$) entre os grupos Reciproc e Reciproc Blue, ProTaper Next e TRUShape, bem como entre os grupos Reciproc Blue e TRUShape.

Para o terço médio, o grupo Reciproc Blue apresentou as maiores variações, de modo estatisticamente semelhante ($p>0.05$) em relação ao grupo Reciproc. Os demais grupos não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p>0.05$).

Análise morfológica tridimensional

Os valores absolutos e variação (Δ) referentes ao volume (mm^3), área de superfície (mm^2) e SMI, antes e após o preparo, encontram-se na Tabela 3.

Foram observadas que as diferenças entre os grupos referem-se à área de superfície, com o grupo ProTaper Next apresentando numericamente as menores alterações deste parâmetro, com diferenças estatisticamente significantes ($p<0.05$) em relação aos grupos Reciproc e Reciproc Blue. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre os grupos Reciproc e Reciproc Blue, ProTaper Next e TRUShape, Reciproc e TRUShape, Reciproc Blue e TRUShape. Para os valores referentes ao volume e SMI, não houve diferenças estatisticamente significantes ($p>0.05$) pós instrumentação em relação aos parâmetros ora em análise.

Tabela 3: Dados morfométricos (média $\pm$ desvio-padrão) tridimensionais referentes a alteração do volume (mm³), área de superfície (mm²), SMI, e variação absoluta pós instrumentação (Δ).

Parâmetro	Grupos	Média $\pm$ DP Antes	Média $\pm$ DP Depois	p	Δ
Volume (mm ³)	ProTaper Next	5,47 $\pm$ 2,07 ^A	7,59 $\pm$ 2,76 ^B	0,001	2,12 $\pm$ 1,14 ^a
	Reciproc	5,09 $\pm$ 1,80 ^A	9,05 $\pm$ 2,76 ^B	0,003	3,96 $\pm$ 2,56 ^a
	TRUShape	4,42 $\pm$ 1,85 ^A	6,96 $\pm$ 2,33 ^B	<0,001	2,54 $\pm$ 1,22 ^a
	Reciproc Blue	4,19 $\pm$ 2,08 ^A	7,22 $\pm$ 2,17 ^B	<0,001	3,03 $\pm$ 0,93 ^a
	p				0,140
Área de Superfície (mm ²)	ProTaper Next	49,54 $\pm$ 12,34 ^A	54,24 $\pm$ 13,21 ^B	0,008	4,70 $\pm$ 1,50 ^c
	Reciproc	52,81 $\pm$ 17,40 ^A	62,14 $\pm$ 21,75 ^B	0,007	9,32 $\pm$ 3,50 ^{ab}
	TRUShape	46,97 $\pm$ 14,17 ^A	53,64 $\pm$ 16,33 ^B	0,002	6,67 $\pm$ 2,79 ^{bc}
	Reciproc Blue	46,05 $\pm$ 17,35 ^A	54,97 $\pm$ 16,65 ^B	<0,001	8,94 $\pm$ 2,74 ^b
	p				0,007
SMI	ProTaper Next	1,85 $\pm$ 0,38 ^A	2,20 $\pm$ 0,30 ^B	0,008	0,36 $\pm$ 0,28 ^a
	Reciproc	1,84 $\pm$ 0,45 ^A	2,19 $\pm$ 0,51 ^B	0,004	0,34 $\pm$ 0,23 ^a
	TRUShape	1,74 $\pm$ 0,18 ^A	2,10 $\pm$ 0,29 ^B	0,002	0,36 $\pm$ 0,22 ^a
	Reciproc Blue	1,85 $\pm$ 0,55 ^A	2,29 $\pm$ 0,61 ^B	0,001	0,44 $\pm$ 0,23 ^a
	p				0,858

Diferentes letras maiúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística dentro do mesmo grupo, enquanto diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$).

Análise do transporte do canal

Para a análise do transporte do canal, optou-se pela comparação entre os grupos (ProTaper Next, Reciproc, TRUShape e Reciproc Blue), e pela comparação entre terços (cervical, médio e apical). Os resultados da análise do transporte do canal encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Análise do transporte do canal (mm) em relação aos terços apical, médio e cervical, e entre os grupos.

Terço	Grupos				p
	ProTaper Next	Reciproc	TRUShape	Reciproc Blue	
Cervical	0,08 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,21 $\pm$ 0,05 ^{Aa}	0,07 $\pm$ 0,04 ^{Ba}	0,18 $\pm$ 0,07 ^{Aa}	<0,001
Médio	0,08 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,10 $\pm$ 0,04 ^{ABb}	0,08 $\pm$ 0,04 ^{Ba}	0,14 $\pm$ 0,04 ^{Aa}	0,006
Apical	0,08 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,05 $\pm$ 0,02 ^{Ac}	0,09 $\pm$ 0,03 ^{Aa}	0,06 $\pm$ 0,04 ^{Ab}	0,235
p	0,626	<0,001	0,347	0,002	

Diferentes letras maiúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças entre os grupos, minúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatística entre os terços de um mesmo grupo ($p < 0,05$).

Em relação aos terços de um mesmo grupo, observa-se que o grupo Reciproc apresentou diferenças estatisticamente significantes entre os terços apical, médio e cervical ($p < 0,05$), enquanto o grupo Reciproc Blue apresentou diferença apenas em relação ao terço apical, não havendo diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$) entre terço cervical e médio. Os grupos ProTaper Next e TRUShape não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os terços ($p > 0,05$).

A comparação por terços entre os diferentes grupos demonstra que, para o terço cervical, os grupos Reciproc e Reciproc Blue demonstraram maiores valores para o transporte do canal, com diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) em relação aos grupos ProTaper Next e TRUShape. O terço médio apresentou o grupo Reciproc Blue com os maiores valores numéricos para o transporte do canal, com diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) em relação aos grupos ProTaper Next e TRUShape. O grupo Reciproc não demonstrou diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$) em relação aos demais grupos.

Para o terço apical, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$) entre os grupos.

DISCUSSÃO

Nas últimas três décadas, houve avanço em relação ao desenvolvimento dos sistemas de instrumentação, propiciando instrumentos de diferentes cinemáticas, geometria e *design*, bem como inovações no tratamento térmico das ligas de NiTi, o que pode impactar diretamente no preparo biomecânico, levando-se em consideração os desafios anatômicos, sobretudo nos casos de canais com curvatura severa (PIRES et al., 2009; KOSTI et al., 2011). Estudos evidenciam que o preparo depende mais da anatomia original do canal radicular do que do instrumento ou da técnica utilizada (RHODES et al., 2000; PETERS; SCHÖNENBERGER; LAIB, 2001; PETERS et al., 2001; BÜRKLEIN et al., 2012; DE-DEUS, 2012; GUTMANN; GAO, 2012; VERSIANI et al., 2013; BUSQUIM et al., 2015; GAGLIARDI et al., 2015; MARCELIANO-ALVES et al., 2015; SOUSA-NETO et al., 2018).

Segundo DE-DEUS (2012), VERSIANI et al. (2013) e VERSIANI et al. (2017), o processo de seleção da amostra, por meio da análise de valores bi e tridimensionais, e a formação de grupos experimentais equilibrados do ponto de vista anatômico, torna-se fundamental para a interpretação correta acerca do comportamento dos instrumentos endodônticos durante o preparo de canais radiculares de diferentes morfologias.

No presente estudo, a seleção da amostra foi realizada em duas etapas. Na primeira, por meio da tomografia *Cone Beam*, foi realizada a avaliação do ângulo e do grau da curvatura dos espécimes (ESTRELA et al., 2008). A segunda etapa, realizada por meio da microtomografia computadorizada, permitiu a avaliação dos valores de volume, área de superfície, SMI e morfologia original dos canais, dados essenciais para a estratificação da amostra e composição de grupos experimentais homogêneos (VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2011b; DE-DEUS, 2012). Além disso, esta metodologia possibilitou a análise de medidas bi (área e perímetro) e tridimensionais

(volume, área de superfície e SMI), além do transporte do canal (ELNAGHY; ELSAKA, 2016; SANTA-ROSA et al., 2016; MAMEDE-NETO et al., 2017).

De acordo com os achados neste estudo, a análise morfológica demonstrou alterações bidimensionais relativas à área e ao perímetro, e alterações tridimensionais referentes ao volume e área de superfície dos canais radiculares ao longo de toda extensão avaliada, o que reflete na capacidade de ação dos instrumentos na modelagem dos canais, independente da técnica ou sistema utilizado (VERSIANI et al., 2013; RIBEIRO, 2014; BRASIL et al., 2017).

Na análise morfológica bidimensional (área e perímetro), pode-se notar que os sistemas Reciproc e ProTaper Next resultaram respectivamente nas maiores e menores alterações, enquanto os sistemas Reciproc Blue e TRUShape apresentaram comportamento intermediário, ora demonstrando similaridade com o grupo ProTaper Next, ora com o grupo Reciproc. Isso pode estar relacionado ao fato do instrumento TRUShape, devido ao seu formato de “S”, ter a capacidade de tocar um número maior de paredes (GUIMARÃES et al., 2017; ZUOLO et al., 2017a; ZUOLO et al., 2017b), semelhante ao instrumento Reciproc que apresenta maiores conicidades (ZUOLO et al., 2017b). O instrumento Reciproc Blue, apesar do mesmo volume metálico que Reciproc, por apresentar um tratamento térmico diferente, possui maior flexibilidade e menor dureza do material, produzindo assim menores alterações no canal, de modo semelhante a instrumentos de conicidades menores, (DE-DEUS et al., 2017; KESKIN et al., 2017) tais como ProTaper Next e TRUShape.

Os dados da análise tridimensional demonstraram diferenças entre os grupos em relação à área de superfície, de modo semelhante aos achados na análise bidimensional, com as maiores alterações para o sistema Reciproc, e menores para o grupo ProTaper Next. A análise do SMI, índice que mensura a convexidade de

superfície de um sólido, em uma escala que varia de 0 a 4, demonstrou que, no presente estudo, o SMI que partiu previamente à instrumentação de valores de 1,74 a 1,85, após a instrumentação variou de 2,10 a 2,29, ilustrando que os canais tornam-se mais cilíndricos do ponto de vista tridimensional após a instrumentação, semelhante aos achados por VERSIANI et al. (2013) e RIBEIRO (2014), que obtiveram resultados semelhantes com os sistemas Reciproc e ProTaper.

Os instrumentos Reciproc e Reciproc Blue demonstraram, de maneira geral, as maiores alterações bidimensionais (área e perímetro) e tridimensionais (área de superfície e volume), com exceção do SMI, em relação aos sistemas ProTaper Next e TRUShape. A diferença possivelmente ocorre devido à maior conicidade destes instrumentos (.08) em relação aos demais instrumentos (.06), assim como demonstrado por SALEH et al. (2015) que, ao comparar os instrumentos Reciproc e WaveOne em relação aos instrumentos OneShape e F360, salientou que instrumentos de maior conicidade apresentam dificuldade na manutenção da centralização do canal radicular.

Em relação ao transporte do canal radicular, cabe salientar que o instrumento Reciproc Blue apresentou diferenças estatisticamente significantes quanto ao transporte no terço médio em relação aos sistemas ProTaper Next e TRUShape, fato que provavelmente ocorre em função da característica de redução da memória de forma, uma particularidade do instrumento em relação aos demais, capaz de permitir que ele seja introduzido pré-curvado em canais curvos (ALCALDE et al., 2017; TOPÇUOĞLU; TOPÇUOĞLU, 2017). De modo semelhante, estudos demonstram que instrumentos introduzidos pré-curvados no canal podem gerar maior transporte no terço médio, o que pode justificar os resultados encontrados no presente estudo (COLEMAN; SVEC, 1997; CAPELAS, 2001; TAŞDEMİR et al., 2005).

Para o terço apical, não foram observadas entre os sistemas diferenças estatisticamente significantes ($p>0,05$) em relação ao transporte do canal, e nas análises bi e tridimensionais. Provavelmente a ausência de diferença está em função da ação dos instrumentos no terço cervical, ter sido capaz de resultar em acesso mais direto à porção apical do canal, diminuindo o transporte neste terço, conforme os estudos de VERSIANI et al. (2013), ELNAGHY & ELSAKA (2014), e PASQUALINI et al. (2015), que afirmam a importância do preparo cervical para uma maior centralização.

A literatura demonstra que os diferentes tratamentos de superfície aumentam a resistência à fadiga cíclica, quando comparados aos de Ni-Ti convencionais (DE-DEUS et al., 2017; KESKIN et al., 2017; TOPÇUOĞLU; TOPÇUOĞLU, 2017). Entretanto, os sistemas com novos tratamentos térmicos, utilizados neste estudo (Reciproc Blue e TRUShape), não demonstraram diferenças estatisticamente significantes quanto à capacidade de modelagem dos canais radiculares, bem como quanto ao transporte do canal em relação aos instrumentos confeccionados a partir da liga *M-Wire* (Reciproc e ProTaper Next).

Os resultados obtidos com o uso dos sistemas mecanizados utilizados no presente estudo demonstraram que, independentemente do número de instrumentos que integram o conjunto (múltiplos ou únicos), do tipo de movimento (rotatório ou reciprocante), do tipo de tratamento térmico das ligas e das características particulares de cada instrumento (conicidade, *design*), apesar do desafio anatômico imposto pela curvatura severa dos canais, as alterações não comprometeram a zona crítica apical, conforme também foi observado nos estudos de SABER et al. (2014), PETERS et al. (2015), GERGI et al. (2015), NAVÓS et al. (2016), SHIVASHANKAR et al. (2016) e KAUR et al., (2017). Esses dados, juntamente com o desenvolvimento do diagnóstico

por imagem, podem contribuir para o estabelecimento do planejamento clínico a partir do conhecimento das características anatômicas de cada grupo dental e os resultados de preparo de diferentes instrumentos.

CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada e, com base nos resultados obtidos, conclui-se que os sistemas mecanizados utilizados no presente estudo, independentemente do número de instrumentos (múltiplos ou únicos), do tipo de movimento (rotatório ou reciprocante), do tipo de tratamento térmico das ligas e das características particulares de cada instrumento (conicidade, *design*), não promoveram alterações dimensionais e transporte do canal na zona crítica apical. No entanto, nas análises bi (área e perímetro) e tridimensionais (volume, área de superfície e SMI) ao longo de toda a extensão do canal, observou-se que os instrumentos de maior conicidade promoveram maiores alterações na morfologia do canal, de acordo com os parâmetros avaliados.

REFERÊNCIAS

AHMETOGLU, F.; KELES, A.; SIMSEK, N.; OCAK, M. S.; YOLOGLU, S. Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, and revo-s rotary file: A micro-computed tomography study. **Scanning**, v. 37, n. 3, p. 218-225, 2015.

ALCALDE, M. P.; DUARTE, M. A. H.; BRAMANTE, C. M.; DE VASCONSELOS, B. C.; TANOMARU-FILHO, M.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; PINTO, J. C.; SÓ, M. V. R.; VIVAN, R. R. Correction to: Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. **Clin Oral Investig**, v., n., p., 2017.

AZIM, A. A.; PIASECKI, L.; DA SILVA NETO, U. X.; CRUZ, A. T. G.; AZIM, K. A. XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. **J Endod**, v. 43, n. 9, p. 1532-1538, 2017.

BARATTO-FILHO, F.; CARVALHO JR, J. R. D.; FARINIUK, L. F.; SOUSA-NETO, M. D.; PÉCORA, J. D.; CRUZ-FILHO, A. M. D. Morphometric analysis of the effectiveness of different concentrations of sodium hypochlorite associated with rotary instrumentation for root canal cleaning. **Braz Dent J**, v. 15, n. 1, p. 36-40, 2004.

BARBIZAM, J. V. B.; FARINIUK, L. F.; MARCHESAN, M. A.; PECORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. **J Endod**, v. 28, n. 5, p. 365-366, 2002.

BAYRAM, H. M.; BAYRAM, E.; OCAK, M.; UZUNER, M. B.; GENEÇI, F.; ÇELİK, H. H. Micro-computed Tomographic Evaluation of Dentinal Microcrack Formation after Using New Heat-treated Nickel-titanium Systems. **J Endod**, v. 43, n. 10, p. 1736-1739, 2017.

BONESSIO, N.; ARIAS, A.; LOMIENTO, G.; PETERS, O. A. Effect of root canal treatment procedures with a novel rotary nickel titanium instrument (TRUShape) on stress in mandibular molars: a comparative finite element analysis. **Odontology**, v. 105, n. 1, p. 54-61, 2017.

BRASIL, S. C.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; MARQUES, M. L.; GRILLO, J. P.; LACERDA, M. F.; ALVES, F. R.; SIQUEIRA JR, J. F.; PROVENZANO, J. C. Canal Transportation, Unprepared Areas, and Dentin Removal after Preparation with BT-RaCe and ProTaper Next Systems. **J Endod**, v. 43, n. 10, p. 1683-1687, 2017.

BRITO-JÚNIOR, M.; LEONI, G. B.; PEREIRA, R. D.; FARIA-E-SILVA, A. L.; GOMES, E. A.; SILVA-SOUSA, Y. T.; SOUSA-NETO, M. D. A Novel Dentin Push-out Bond Strength Model That Uses Micro-Computed Tomography. **J Endod**, v. 41, n. 12, p. 2058-2063, 2015.

BÜRKLEIN, S.; SCHÄFER, E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. **J Endod**, v. 38, n. 6, p. 850-852, 2012.

BÜRKLEIN, S.; HINSCHITZA, K.; DAMMASCHKE, T.; SCHÄFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 449-461, 2012.

BUSQUIM, S.; CUNHA, R.; FREIRE, L.; GAVINI, G.; MACHADO, M.; SANTOS, M. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. **Int Endod J**, v. 48, n. 10, p. 1001-1006, 2015.

CAPELAS, J. A. M. D. **Instrumentação de canais radiculares: Estudo comparativo entre uma técnica manual e três motorizadas**. 2001. 183 p. Teses (Doutorado) - Faculdade de Medicina Dentária, Univesidade do Porto, Porto, 2001.

COELHO, M. S.; CARD, S. J.; TAWIL, P. Z. Light-emitting Diode Assessment of Dentinal Defects after Root Canal Preparation with Profile, TRUShape, and WaveOne Gold Systems. **J Endod**, v. 42, n. 9, p. 1393-1396, 2016.

COELHO, M. S.; FONTANA, C. E.; KATO, A. S.; DE MARTIN, A. S.; DA SILVEIRA BUENO, C. E. Effects of Glide Path on the Centering Ability and Preparation Time of Two Reciprocating Instruments. **Iran Endod J**, v. 11, n. 1, p. 33, 2016.

COLEMAN, C. L.; SVEC, T. A. Analysis of Ni-Ti versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals. **J Endod**, v. 23, n. 4, p. 232-235, 1997.

CROZETA, B. M.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; LEONI, G. B.; MAZZI-CHAVES, J. F.; FANTINATO, T.; BARATTO-FILHO, F.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems. **J Endod**, v. 42, n. 5, p. 793-797, 2016.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; SOUZA, E. M.; SILVA, E. J. N. L.; DE ALMEIDA NEVES, A.; ALVES, H.; LOPES, R. T.; VERSIANI, M. A. Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems on dentinal cracks. **J Endod**, v. 41, n. 7, p. 1116-1119, 2015.

DE-DEUS, G.; SILVA, E. J.; VIEIRA, V. T.; BELLADONNA, F. G.; ELIAS, C. N.; PLOTINO, G.; GRANDE, N. M. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. **J Endod**, v. 43, n. 3, p. 462-466, 2017.

DE-DEUS, G. Research that matters—root canal filling and leakage studies. **Int Endod J**, v. 45, n. 12, p. 1063-1064, 2012.

DHINGRA, A.; RUHAL, N.; MIGLANI, A. Evaluation of Single File Systems Reciproc, Oneshape, and WaveOne using Cone Beam Computed Tomography – An In Vitro Study. **J Clin Diagn Res**, v. 9, n. 4, p. 30-34, 2015.

ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. **J Endod**, v. 40, n. 12, p. 2053-2056, 2014.

ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Shaping ability of ProTaper Gold and ProTaper Universal files by using cone-beam computed tomography. **Indian J Dent Res**, v. 27, n. 1, p. 37-41, 2016.

ELNAGHY, A. M.; AL-DHARRAB, A. A.; ABBAS, H. M.; ELSAKA, S. E. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness of TRUShape and ProTaper Next systems in curved root canals using micro-computed tomography.

Quintessence Int, v. 48, n. 1, p. 27-32, 2017.

ESPIR, C.; NASCIMENTO-MENDES, C.; GUERREIRO-TANOMARU, J.; FREIRE, L.; GAVINI, G.; TANOMARU-FILHO, M. Counter-clockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. **Int Endod J**. 2017. *In press*.

ESTRELA, C.; BUENO, M. R.; SOUSA-NETO, M. D.; PÉCORÁ, J. D. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. **Braz Dent J**, v. 19, n. 2, p. 114-118, 2008.

FARINIUK, L. F.; BARATTO-FILHO, F.; DA CRUZ-FILHO, A. M.; DE SOUSA-NETO, M. D. Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by the ENDOflash system. **J Endod**, v. 29, n. 10, p. 651-653, 2003.

GAGLIARDI, J.; VERSIANI, M. A.; DE SOUSA-NETO, M. D.; PLAZAS-GARZON, A.; BASRANI, B. Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in curved canals. **J Endod**, v. 41, n. 10, p. 1718-1724, 2015.

GERGI, R.; ARBAB-CHIRANI, R.; OSTA, N.; NAAMAN, A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. **J Endod**, v. 40, n. 8, p. 1223-1227, 2014.

GRANDE, N. M.; PLOTINO, G.; SILLA, E.; PEDULLÀ, E.; DEDEUS, G.; GAMBARINI, G.; SOMMA, F. Environmental temperature drastically affects flexural fatigue resistance of nickel-titanium rotary files. **J Endod**, v. 43, n. 7, p. 1157-1160, 2017.

GUIMARÃES, L. S.; GOMES, C. C.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; CUNHA, R. S.; PROVENZANO, J. C.; SIQUEIRA, J. F., JR. Preparation of Oval-shaped Canals with

TRUShape and Reciproc Systems: A Micro-Computed Tomography Study Using Contralateral Premolars. **J Endod**, v. 43, n. 6, p. 1018-1022, 2017.

GUTMANN, J.; GAO, Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. **Int Endod J**, v. 45, n. 2, p. 113-128, 2012.

HWANG, Y. H.; BAE, K. S.; BAEK, S. H.; KUM, K. Y.; LEE, W.; SHON, W. J.; CHANG, S. W. Shaping Ability of the Conventional Nickel-Titanium and Reciprocating Nickel-Titanium File Systems: A Comparative Study Using Micro–Computed Tomography. **J Endod**, v. 40, n. 8, p. 1186-1189, 2014.

JARDINE, A. P.; SANTINI, M. F.; ZACCARA, I. M.; SÓ, M. V. R.; KOPPER, P. M. P. Shaping ability of rotatory or reciprocating instruments in curved canals: a micro-computed tomographic study. **Braz Oral Res**, v. 30, n. 1, p., 2016.

JUNAID, A.; FREIRE, L. G.; DA SILVEIRA BUENO, C. E.; MELLO, I.; CUNHA, R. S. Influence of single-file endodontics on apical transportation in curved root canals: an ex vivo micro–computed tomographic study. **J Endod**, v. 40, n. 5, p. 717-720, 2014.

KAUR, S.; MALHOTRA, S.; KHANNA, R.; HANDA, A. Comparison of root canal transportation, canal centring ability, maintenance of canal curvature and alteration in working length using cone beam computed tomography and apex id apex locator in mesiobuccal canals of molars-an in-vitro and in-vivo study. **Indian Journal of Comprehensive Dental Care**, v. 7, n. 2, p. 968-973, 2017.

KESKIN, C.; INAN, U.; DEMIRAL, M.; KELES, A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. **J Endod**, v. 43, n. 8, p. 1360-1363, 2017.

KOSTI, E.; ZINELIS, S.; MOLYVDAS, I.; LAMBRIANIDIS, T. Effect of root canal curvature on the failure incidence of ProFile rotary Ni–Ti endodontic instruments. **Int Endod J**, v. 44, n. 10, p. 917-925, 2011.

LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; DE SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. **J Endod**, v. 40, n. 5, p. 710-716, 2014.

LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; SILVA-SOUSA, Y. T.; BRUNIERA, J. F.; PECORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. **Int Endod J**, v. 50, n. 4, p. 398-406, 2017.

LOPES, R. M. V.; MARINS, F. C.; BELLADONNA, F. G.; SOUZA, E. M.; DE-DEUS, G.; LOPES, R. T.; SILVA, E. J. N. L. Untouched canal areas and debris accumulation after root canal preparation with rotary and adaptive systems. **Aust Endod J**. 2017. *In press*.

MAMEDE-NETO, I.; BORGES, A. H.; GUEDES, O. A.; DE OLIVEIRA, D.; PEDRO, F. L. M.; ESTRELA, C. Root Canal Transportation and Centering Ability of Nickel-Titanium Rotary Instruments in Mandibular Premolars Assessed Using Cone-Beam Computed Tomography. **Open Dent J**, v. 11, n., p. 71, 2017.

MARCELIANO-ALVES, M.; SOUSA-NETO, M.; FIDEL, S.; STEIER, L.; ROBINSON, J.; PÉCORA, J.; VERSIANI, M. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. **Int Endod J**, v. 48, n. 12, p. 1129-1136, 2015.

MAROTTA, P. D. S.; KILL, K. B.; MARQUES, T. V. F.; GONÇALVES, L. S.; PROVENZANO, J. C.; ARMADA, L. Deviation in Simulated Curved Canals Prepared with Reciproc and ProTaper Systems. **Journal of International Oral Health**, v. 8, n. 8, p. 850, 2016.

METZGER, Z.; TEPEROVICH, E.; ZARY, R.; COHEN, R.; HOF, R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy — a new concept of endodontic files and its implementation. **J Endod**, v. 36, n. 4, p. 679-690, 2010.

NAVÓS, B. V.; HOPPE, C. B.; MESTIERI, L. B.; BÖTTCHER, D. E.; SÓ, M. V. R.; GRECCA, F. S. Centering and transportation: In vitro evaluation of continuous and reciprocating systems in curved root canals. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 19, n. 5, p. 478-481, 2016.

NEVARES, G.; DIANA, S.; FREIRE, L. G.; ROMEIRO, K.; FOGEL, H. M.; DOS SANTOS, M.; CUNHA, R. S. Efficacy of ProTaper NEXT compared with Reciproc in removing obturation material from severely curved root canals: a micro-computed tomography study. **J Endod**, v. 42, n. 5, p. 803-808, 2016.

PAQUÉ, F.; GANAHL, D.; PETERS, O. A. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1056-1059, 2009.

PAQUÉ, F.; PETERS, O. A. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file. **J Endod**, v. 37, n. 4, p. 517-521, 2011.

PASQUALINI, D.; ALOVISI, M.; CEMENASCO, A.; MANCINI, L.; PAOLINO, D. S.; BIANCHI, C. C.; ROGGIA, A.; SCOTTI, N.; BERUTTI, E. Micro-computed tomography evaluation of Protaper Next and BioRace shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. **J Endod**, v. 41, n. 10, p. 1706-1710, 2015.

PEDULLÀ, E.; PLOTINO, G.; GRANDE, N.; AVAROTTI, G.; GAMBARINI, G.; RAPISARDA, E.; MANNOCCI, F. Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. **Clin Oral Investig**, v. 20, n. 8, p. 2227-2233, 2016.

PEDULLÀ, E.; CORSENTINO, G.; AMBU, E.; ROVAI, F.; CAMPEDELLI, F.; RAPISARDA, S.; LA ROSA, G.; RAPISARDA, E.; GRANDINI, S. Influence of continuous rotation or reciprocation of Optimum Torque Reverse motion on cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments. **Int Endod J**, v., n., p., 2017.

PEREIRA, R.; BRITO-JÚNIOR, M.; LEONI, G.; ESTRELA, C.; SOUSA-NETO, M. Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. **Int Endod J**, v. 50, n. 2, p. 177-183, 2017.

PETERS, O. A.; SCHÖNENBERGER, K.; LAIB, A. Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. **Int Endod J**, v. 34, n. 3, p. 221-230, 2001.

PETERS, O. A.; LAIB, A.; GÖHRING, T. N.; BARBAKOW, F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. **J Endod**, v. 27, n. 1, p. 1-6, 2001.

PETERS, O. A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. **J Endod**, v. 30, n. 8, p. 559-567, 2004.

PETERS, O. A.; ARIAS, A.; PAQUÉ, F. A micro–computed tomographic assessment of root canal preparation with a novel instrument, TRUShape, in mesial roots of mandibular molars. **J Endod**, v. 41, n. 9, p. 1545-1550, 2015.

PIRES, L. B.; ALBERGARIA, S. J.; TOMAZINHO, F. S. F.; TOMAZINHO, L. F. Avaliação radiográfica do desvio apical de canais radiculares curvos após emprego da instrumentação manual e rotatória. **Revista Sul-Brasileira de Odontologia**, v. 6, n. 3, p. 279-285, 2009.

PLOTINO, G.; RUBINI, A. G.; GRANDE, N. M.; TESTARELLI, L.; GAMBARINI, G. Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. **J Endod**, v. 40, n. 8, p. 1228-1230, 2014.

RHODES, J.; FORD, T.; LYNCH, J.; LIEPINS, P.; CURTIS, R. A comparison of two nickel–titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. **Int Endod J**, v. 33, n. 3, p. 279-285, 2000.

RIBEIRO, R. R. **Avaliação das alterações morfológicas em canais radiculares curvos, promovidas pela instrumentação recíproca, associada à**

instrumentação rotatória. Análise por microtomografia. 2014. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Univesidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

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**, v. 36, n. 11, p. 787-802, 2003.

ROBINSON, J. P.; LUMLEY, P. J.; COOPER, P. R.; GROVER, L. M.; WALMSLEY, A. D. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 1067-1070, 2013.

RUDDLE, C. J.; MACHTOU, P.; WEST, J. D. The shaping movement 5th generation technology. **Dent Today**, v. 32, n. 4, p. 1-8, 2013.

SABER, S.; NAGY, M.; SCHÄFER, E. Comparative evaluation of the shaping ability of ProTaper Next, iRaCe and Hyflex CM rotary NiTi files in severely curved root canals. **Int Endod J**, v. 48, n. 2, p. 131-136, 2015.

SALEH, A. M.; GILANI, P. V.; TAVANAFAR, S.; SCHÄFER, E. Shaping ability of 4 different single-file systems in simulated S-shaped canals. **J Endod**, v. 41, n. 4, p. 548-552, 2015.

SANTA-ROSA, J.; DE SOUSA-NETO, M. D.; VERSIANI, M. A.; NEVARES, G.; XAVIER, F.; ROMEIRO, K.; CASSIMIRO, M.; LEONI, G. B.; DE MENEZES, R. F.; ALBUQUERQUE, D. Shaping ability of single-file systems with different movements: a micro-computed tomographic study. **Iran Endod J**, v. 11, n. 3, p. 228-233, 2016.

SEREOFGLU, B.; PISKIN, B. Micro computed tomography evaluation of the Self-adjusting file and ProTaper Universal system on curved mandibular molars. **Dental Mater J**, v. 36, n. 5, p. 606-613, 2017.

SHEN, Y.; HIEAWY, A.; HUANG, X.; WANG, Z. J.; MAEZONO, H.; HAAPASALO, M. Fatigue Resistance of a 3-dimensional Conforming Nickel-Titanium Rotary Instrument in Double Curvatures. **J Endod**, v. 42, n. 6, p. 961-964, 2016.

SHEN, Y.; COIL, J. M.; MO, A. J.; WANG, Z.; HIEAWY, A.; YANG, Y.; HAAPASALO, M. WaveOne rotary instruments after clinical use. **J Endod**, v. 42, n. 2, p. 186-189, 2016.

SHIVASHANKAR, M. B.; NIRANJAN, N. T.; JAYASHEEL, A.; KENCHANAGOUDRA, M. G. Computed Tomography Evaluation of Canal Transportation and Volumetric Changes in Root Canal Dentin of Curved Canals Using Mtwo, ProTaper and ProTaper Next Rotary System-An In-vitro Study. **J Clin Diagn Res**, v. 10, n. 11, p. 10-14, 2016.

SILVA, E.; PACHECO, P.; PIRES, F.; BELLADONNA, F.; DE-DEUS, G. Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems. **Int Endod J**, v. 50, n. 7, p. 694-699, 2017.

SOUZA-FLAMINI, L. E.; LEONI, G. B.; CHAVES, J. F. M.; VERSIANI, M. A.; CRUZ-FILHO, A. M.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. The Radix Entomolaris and Paramolaris: A Micro-Computed Tomographic Study of 3-rooted Mandibular First Molars. **J Endod**, v. 40, n. 10, p. 1616-1621, 2014.

SOUSA-NETO, M. D.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; MAZZI-CHAVES, J. F.; BARBOSA, A. F. S.; VERSIANI, M. A.; JACOBS, R.; LEONI, G. B. Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. **Braz Oral Res**. 2018. *In press*.

STAVILECI, M.; HOXHA, V.; GÖRDUYSUS, Ö.; TATAR, I.; LAPERRÉ, K.; HOSTENS, J.; KÜÇÜKKAYA, S.; MUHAXHERI, E. Evaluation of root canal preparation using rotary system and hand instruments assessed by micro-computed tomography. **Med Sci Monit Basic Res**, v. 21, p. 123-130, 2015.

STERN, S.; PATEL, S.; FOSCHI, F.; SHERRIFF, M.; MANNOCCI, F. Changes in centring and shaping ability using three nickel–titanium instrumentation techniques

analysed by micro-computed tomography (μ CT). **Int Endod J**, v. 45, n. 6, p. 514-523, 2012.

TAŞDEMİR, T.; AYDEMİR, H.; INAN, U.; ÜNAL, O. Canal preparation with Hero 642 rotary Ni–Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. **Int Endod J**, v. 38, n. 6, p. 402-408, 2005.

TOPÇUOĞLU, H. S.; TOPÇUOĞLU, G.; AKTI, A.; DÜZGÜN, S. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of ProTaper Next, HyFlex CM, OneShape, and ProTaper Universal instruments in a canal with a double curvature. **J Endod**, v. 42, n. 6, p. 969-971, 2016.

TOPÇUOĞLU, H. S.; TOPÇUOĞLU, G. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue and Reciproc Files in an S-shaped Canal. **J Endod**, v. 43, n. 10, p. 1679-1682, 2017.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; DE SOUSA-NETO, M. D. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro–computed tomography study. **J Endod**, v. 37, n. 7, p. 1002-1007, 2011 a.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. The anatomy of two-rooted mandibular canines determined using micro-computed tomography. **Int Endod J**, v. 44, n. 7, p. 682-687, 2011 b.

VERSIANI, M. A.; LEONI, G. B.; STEIER, L.; DE-DEUS, G.; TASSANI, S.; PÉCORA, J. D.; DE SOUSA-NETO, M. D. Micro–computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and Protaper Universal systems. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 1060-1066, 2013.

VERSIANI, M. A.; CARVALHO, K. K.; MAZZI-CHAVES, J. F.; SOUSA-NETO, M. D. Micro–computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. **J Endod**, v., n., p., 2017.

VERTUCCI, F. J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. **Endodontic topics**, v. 10, n. 1, p. 3-29, 2005.

WALID, N. Review and Classification of Heat Treatment Procedures of Niti Instruments and Its Implication on Files Fatigue. **OAJDS**, v. 2, n. 2, p. 1-9, 2017.

WU, M. K.; WESSELINK, P. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. **Int Endod J**, v. 34, n. 2, p. 137-141, 2001.

YANG, Y.; SHEN, Y.; MA, J.; CAO, Y.; HAAPASALO, M. A Micro-Computed Tomographic Assessment of the Influence of Operator's Experience on the Quality of WaveOne Instrumentation. **J Endod**, v. 42, n. 8, p. 1258-1262, 2016.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. **Int Endod J**, v. 41, n. 4, p. 339-344, 2008.

YOU, S.Y.; KIM, H.C.; BAE, K. S.; BAEK, S. H.; KUM, K. Y.; LEE, W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. **J Endod**, v. 37, n. 9, p. 1296-1300, 2011.

ZHAO, D.; SHEN, Y.; PENG, B.; HAAPASALO, M. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments. **J Endod**, v. 39, n. 3, p. 385-388, 2013.

ZUOLO, A. D. S.; ZUOLO, M. L.; BUENO, C. E. D. S.; CHU, R.; CUNHA, R. S. Evaluation of the efficacy of TRUShape and Reciproc file systems in the removal of root filling material: an ex vivo micro-computed tomographic study. **J Endod**, v. 42, n. 2, p. 315-319, 2016.

ZUOLO, M. L.; DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; SILVA, E. J.; LOPES, R. T.; SOUZA, E. M.; VERSIANI, M. A.; ZAIA, A. A. Micro-computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-adjusting File Systems. **J Endod**, v. 43, n. 4, p. 619-622, 2017a.

ZUOLO, M. L.; ZAIA, A. A.; BELLADONNA, F. G.; SILVA, E.; SOUZA, E. M.; VERSIANI, M. A.; LOPES, R. T.; DE-DEUS, G. Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. **Int Endod J**, v., n., p., 2017b.

Anexo 1. Documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da influência de diferentes protocolos de instrumentação dos canais radiculares sobre o transporte apical radicular

Pesquisador: Daniel José Filizola de Oliveira

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 60839816.9.0000.5419

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.795.212

Apresentação do Projeto:

A limpeza e modelagem do canal radicular constituem-se como etapas de fundamental importância, no intuito da remoção de debris e microrganismos patogênicos. Os instrumentos endodônticos rotatórios de 5ª geração presentes no mercado, buscam realizar estas etapas de maneira satisfatória e segura, bem como a intenção dos sistemas reciprocantes. Em dentes que possuem a curvatura das raízes acentuada, a probabilidade da ocorrência de transporte radicular apical é maior. Tendo em vista esta preocupação, este trabalho tem por objetivo verificar e comparar a ocorrência de transporte do canal com três diferentes instrumentos rotatórios de 5ª geração, e um instrumento de movimento reciprocante. Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, serão selecionados e analisados em microtomógrafo, 80 molares inferiores cedidos pelo Biobanco de Dentes da FORP-USP, com curvatura de 4-9 mm e raio de 25-40°. Estes serão distribuídos em 4 grupos: GI: Protaper next, GII: TRUShape, GIII: One Shape, GIV: Wave One (n=20).

O protocolo de instrumentação será realizado de acordo com as instruções preconizadas por cada fabricante. A partir das imagens geradas por meio de microtomografia pré e pós instrumentação, será possível analisar e calcular o transporte de canal gerado por cada grupo de instrumentos. Os dados serão então tabulados e se realizará a análise estatística, onde para todos os testes será

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0493

Fax: (16)3315-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 1.795.212

considerado estatisticamente significativo o valor $p < 0,05$.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar e comparar o transporte radicular apical, gerado por diferentes protocolos de instrumentação endodôntica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Não se aplica.

Benefícios:

A possibilidade de se atingir o sucesso no tratamento endodôntico, de forma segura e eficaz, para que os riscos de insucesso no tratamento endodôntico sejam minimizados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem apresentado e fundamentado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados de forma correta; estão anexados:

Folha de rosto; Autorização da infraestrutura para a realização da pesquisa; Termo de compromisso de citação (Biobanco); Declaração ao CEP (Biobanco), Dispensa do TCLE; Projeto completo, cronograma e orçamento.

Recomendações:

Aprovado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme deliberado na 197ª Reunião CEP/FORP/USP, realizada em 26/10/2016.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_637597.pdf	05/10/2016 19:47:30		Aceito

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0493

Fax: (16)3315-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 1.795.212

Cronograma	cronograma_cep.docx	05/10/2016 19:47:01	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CEP.docx	05/10/2016 19:46:43	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	citacao.pdf	05/10/2016 19:45:39	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	27/09/2016 15:51:55	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	biobanco.pdf	27/09/2016 15:51:41	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	infra.pdf	27/09/2016 15:48:53	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	ausencia.pdf	27/09/2016 15:48:11	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito
Orçamento	orcamento_cep.docx	27/09/2016 15:26:55	Daniel José Filizola de Oliveira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIBEIRÃO PRETO, 27 de Outubro de 2016

Assinado por:
Simone Cecilio Hallak Regalo
(Coordenador)

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0493

Fax: (16)3315-4102

E-mail: cep@forp.usp.br