



**UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**Análise da influência do alargamento cervical e uso do ultrassom  
no preparo biomecânico com sistema recíprocante em canais  
radiculares curvos por meio de microtomografia computadorizada**

**Paula Guimarães**

Orientador: *Prof. Dr. Fuad J. Abi Rached Junior*

Ribeirão Preto

2017

Paula Guimarães

**Análise da influência do alargamento cervical e uso do ultrassom no preparo biomecânico com sistema recíprocante em canais radiculares curvos por meio de microtomografia computadorizada**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Endodontia.

**Orientador:** *Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Junior*

Ribeirão Preto

2017

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento  
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP  
- Universidade de Ribeirão Preto -

G963a      Guimarães, Paula, 1992-  
Análise da influência do alargamento cervical e do uso do ultrassom no preparo biomecânico com o sistema recíprocante em canais radiculares curvos por meio de microtomografia computadorizada / Paula Guimarães. - Ribeirão Preto, 2016.  
70 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Junior.

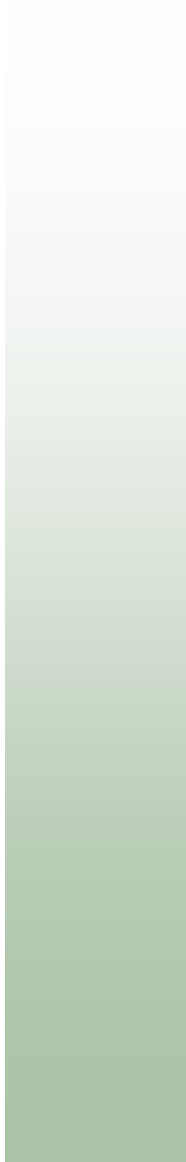
Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Odontologia. Ribeirão Preto, 2016.

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Preparo biomecânico.  
I. Título.

CDD 617.6342



Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – PROSUP e da financiadora de estudos e projetos – Finep.



## ***Dedicat3rias***

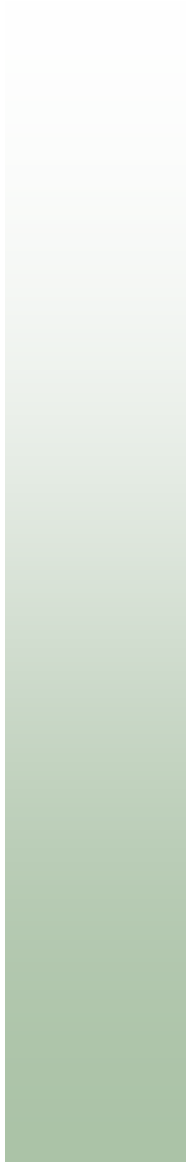
Á **Deus** que sempre guia meus passos, dando-me forças para superar meus obstáculos.

Ao meu pai, **Vanderley Ferreira Guimarães** (*in memoriam*) pela vida!  
Obrigada pelos exemplos de humildade, honestidade e amor à família.

A minha mãe, **Célia Maria Silva Guimarães** pela vida! Obrigada por me ensinar a ter perseverança, generosidade, otimismo e por participar dos meus sonhos e ajudar-me a transformá-los em realidade.

Ao meu irmão, **Vanderlei Ferreira Guimarães Júnior**, pelo apoio incondicional na minha profissão e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

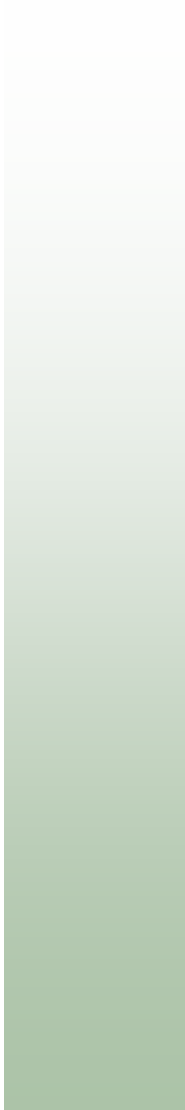
A minha filha, **Maria Clara Guimarães Dias**, por compreender minha ausência.  
Obrigada por me fazer sentir o maior amor do mundo. Eu te amo!



***Agradecimento Especial***

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Junior**, pela confiança, generosidade, pelos conhecimentos e apoio para realização da pesquisa. Obrigada por contribuir para o meu crescimento profissional e pela paciência a mim depositada. A minha grande admiração, gratidão e respeito.





## ***Agradecimentos***

À **Deus** que sempre guia meus passos, dando-me forças para superar meus obstáculos.

À Universidade de Ribeirão Preto, na pessoa da sua Magnífica Reitora **Profa. Elmara Lúcia de Oliveira Bonini**, personalidade constante e pioneira na educação nacional. Obrigada pela oportunidade de realizar mais esse sonho, de tornar-me mestre em Odontologia.

À Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, **Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa**, obrigada pelo carinho, apoio, colaboração e pela oportunidade a mim concedida de ingressar no Mestrado.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, **Profa. Dra. Andrea Marcia Marcaccini, Prof. Dr. Carlos Eduardo Saraiva Miranda, Prof. Celso Bernardo de Souza Filho, Profa. Dra. Danielle Cristine Furtado Messias, Prof. Dr. Edson Alfredo, Profa. Dra. Érica Alves Gomes, Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Junior, Profa. Dra. Graziela Bianchi Leoni, Prof. Dr. João Felipe Bonatto Bruniera, Prof. Dr. Paulo Esteves Pinto Faria, Prof. Dr. Sílvio Rocha Correa da Silva, Profa. Dra. Vivian Colucci, Prof. Dr. Walter Raucci Neto, Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa**, pela dedicação, atenção, pelos conhecimentos repassados e colaboração na minha formação de mestre.

Aos meus colegas de pós-graduação da Universidade de Ribeirão Preto **Ana Flávia S Barbosa, Barbara Masalkas, Geraldo Ribeiro, Luciana Martins Domingues Macedo, Mariana Carvalho de A Amaral, Natália Spadini de Faria, Tarcisio Quaranta, Thaís Fantinato, Silas Monteiro**, obrigada pelo

companheirismo, cumplicidade, trocas de informações, gargalhadas e pela ajuda na realização deste trabalho.

Aos **Profa. Dra. Graziela Bianchi Leoni**, pela atenção, paciência e disponibilidade na análise em microtomografia computadorizada.

Às secretárias da pós-graduação, **Joana Néia Vieira, Patrícia Machado, Marcela Euzébio Berti**, pela atenção que dispensaram durante esses anos.

À **Profa. Dra. Adriana Lima**, pela amizade, atenção e incentivo ao longo de todo o curso de mestrado.

À **Carla Guedes**, pelo incentivo e por me fazer enxergar luz no meu caminho.

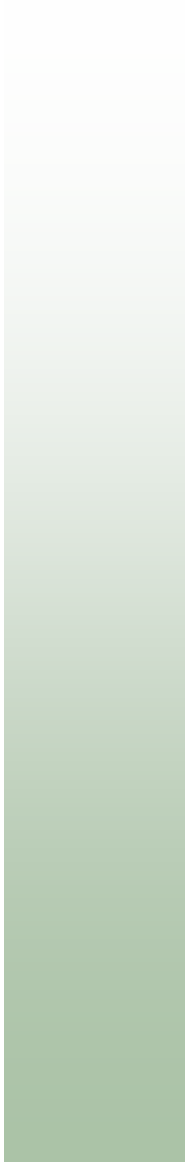
Aos funcionários do Curso de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto e Clínica de Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP, pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

À **CAPES** pelo apoio financeiro concedido durante o Mestrado.

A todos os meus familiares e amigos, que de alguma maneira contribuíram para a concretização do meu crescimento profissional.

*"Se em um dia de tristezas, tiveres de escolher entre o mundo e o amor...  
escolhas o amor, e com ele conquiste o mundo."*

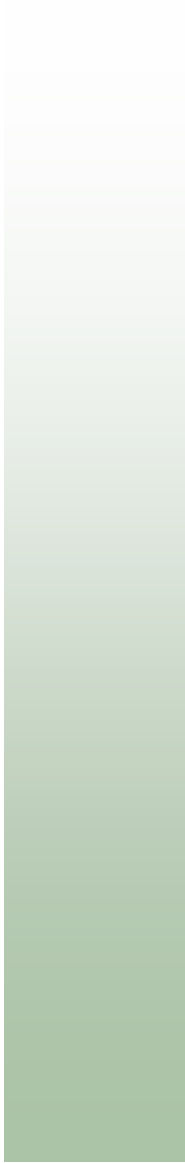
**(Albert Einstein)**



## ***Resumo***

O objetivo neste estudo foi avaliar a influência do alargamento cervical e do uso do ultrassom no preparo biomecânico (PBM) realizado com sistema recíprocante por meio de microtomografia computadorizada. Quarenta molares inferiores tiveram suas coroas removidas 3 mm acima da junção amelocementária. As raízes foram previamente escaneadas por microCT e distribuídas aleatoriamente em dois grupos de acordo com protocolo do PBM (n=40): GS- sem alargamento cervical (R25) e GC- alargamento cervical (SX+R25). As raízes foram divididas novamente em dois subgrupos, de acordo com o protocolo de irrigação (n=20): subgrupo IC- Irrigação convencional e subgrupo IUP- Irrigação ultrassônica passiva. A irrigação durante o PBM foi realizada com 6 mL NaOCl 2,5% e 5 mL de EDTA 17% por 5 min. As raízes foram novamente escaneadas, reconstruídas, sobrepostas e a área, perímetro e transporte do canal radicular foi aferido a 1, 5 e 10 mm do forame. Os dados obtidos foram comparados por ANOVA a 3 fatores e o teste de Tukey com nível de significância de 5%. Para área evidenciou que IUP ( $0,36 \pm 0,06$ ) propiciou maior aumento quando comparada a irrigação convencional ( $0,26 \pm 0,09$ ). Alargamento cervical/ 10 mm ( $0,66 \pm 0,48$ ) obteve maior aumento quando comparado as demais interações. Para o perímetro evidenciou que o alargamento cervical/ 10 mm ( $1,99 \pm 1,06$ ) promoveu os maiores valores médios. Para o transporte, evidenciou que os maiores valores foram obtidos para o alargamento cervical ( $0,13 \pm 0,04$ ) e para IUP ( $0,11 \pm 0,09$ ). Na análise qualitativa, em GSIC e GSIUP observou-se áreas de desvio do canal, diferentemente de GSIUP e GIC. Concluiu-se que o alargamento cervical promoveu aumento da área, perímetro e transporte do canal radicular após o PBM e que o uso da IUP acarretou em aumento da área, transporte em todas as distâncias foraminais.

**Palavras-chave:** Endodontia, Modelagem, Canais curvos.



## ***Summary***

The aim of this study was to evaluate the influence of cervical enlargement and the use of ultrasound on biomechanical preparation (BMP) performed with reciprocate system by computed microtomography. Forty lower molars had crowns removed 3 mm above amelo-cemental junction. Roots were previously scanned with a microCT and randomly assigned into two groups according with the BMP protocol (n=40): GS- without cervical enlargement (R25) and GC- cervical enlargement (SX+R25). The roots were divided into two subgroups, according to irrigation protocol (n=20): subgroup IC- Conventional irrigation and subgroup IUP- Passive ultrasonic irrigation. Irrigation during BMP was performed with 6 mL of 2.5% NaOCl and 17% EDTA for 5 min. The roots were scanned again, rebuilt, overlap and the area, perimeter and root canal transport was measured at 1, 5 and 10 mm from the foramen. Data were compared with three-way ANOVA and Tukey's test with 5% significance level. Comparing area, IUP ( $0.36\pm 0.06$ ) promoted a higher increase when compared with conventional irrigation ( $0.26\pm 0.09$ ). Cervical enlargement / 10mm ( $0.66\pm 0.48$ ) had a higher increase when compared with the other interactions. Regarding perimeter, it was found that cervical enlargement/ 10mm ( $1.99\pm 1.06$ ) showed higher means. For transport, higher values were found for cervical enlargement ( $0.13\pm 0.04$ ) and IUP ( $0.11\pm 0.09$ ). In the qualitative analysis, in GSIC and GSIUP, deviation of the root canals were observed, as opposed to GSIUP and GIC. It was concluded that cervical enlargement promoted an increase in the area, perimeter and transport of the root canal after the BMP and that the use of IUP caused increased area, transport in all foraminal distance.

**Key words:** Endodontics, Modeling, Curved canals.



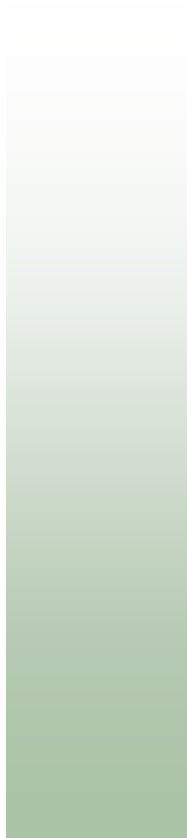


## ***Sumário***

Resumo

*Summary*

Introdução .....	01
Proposição.....	07
Material e Métodos .....	09
Resultados .....	21
Discussão .....	31
Conclusões .....	39
Referências Bibliográficas.....	41



## ***Introdução***

A ação dos instrumentos rotatórios ou reciprocantes no preparo biomecânico, associada às propriedades físico-químicas das soluções irrigantes e protocolos de irrigação, promove limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares e favorece a eliminação de microorganismos, tecidos pulpares e restos necróticos dos canais

radiculares (ESTRELA et al., 2008). A adequada forma de modelagem do canal radicular, bem como sua manutenção na posição original são requisitos fundamentais para a obturação do sistema de canais radiculares (SIQUEIRA-JÚNIOR, 2005; VERSIANI et al., 2008).

A modelagem do canal radicular, por muito tempo, foi realizada empregando-se limas manuais fabricadas em aço inoxidável ou instrumentos rotatórios com liga metálica em Níquel titânio (NiTi) convencional, os quais proporcionaram maior conicidade e menor transporte do canal quando comparados à instrumentação manual (OLIVEIRA et al., 2009; PASTERNAK-JUNIOR et al., 2009). Os sistemas rotatórios, de forma geral, preconizam vários instrumentos no preparo biomecânico dos canais radiculares. Para esses sistemas o alargamento do terço cervical prévio é de fundamental importância para o preparo dos terços médio e apical, reduzindo-se riscos clínicos como torção e fratura do instrumento, como também, transporte do canal radicular principalmente em canais curvos (YE; GAO, 2012).

O sistema rotatório ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) é composto por instrumentos fabricados com liga NiTi convencional e apresentam uma secção transversal triangular convexa, ponta inativas e arestas com múltiplas conicidades (CEYHANLI et al., 2014; HIEAWY et al., 2015). O sistema consiste em três instrumentos de modelagem e três instrumentos de acabamento, ou seja, os instrumentos iniciais (SX, S1 e S2) têm maior aumento de conicidade da ponta em direção à região da haste quando comparados com os instrumentos de acabamento (F1, F2, F3, F4 e F5), e são preconizados para o alargamento do terço cervical, médio e

apical respectivamente (CEYHANLI et al., 2014; HIEAWY et al., 2015). Dessa maneira a literatura (BÜRKLEIN et al., 2012; HWANG et al., 2014) tem relatado longo tempo para realização do preparo biomecânico quando esse sistema é preconizado.

A fim de reduzir o tempo de trabalho dos instrumentos rotatórios, YARED (2008) avaliou o uso de um único instrumento rotatório (F2 do sistema ProTaper Universal) em movimento recíprocante no preparo biomecânico e concluiu que a técnica recíprocante com o instrumento F2 proporcionou preparo semelhante à utilização de todos os instrumentos desse sistema, em relação ao volume de dentina desgastada e manutenção do ângulo de curvatura do canal radicular nos terços médio e apical.

Com a evolução tecnológica ocorrida nos últimos anos dos instrumentos endodônticos, ligas metálicas em NiTi com tratamento térmico, como por exemplo os instrumentos recíprocantes com liga tipo M-Wire, que proporciona maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica dos instrumentos (YE; GAO, 2012), tem sido desenhados especificamente para instrumentação recíprocante utilizando-se um único instrumento para o preparo biomecânico (BÜRKLEIN et al., 2012).

Os sistema recíprocante confeccionado com instrumentos de NiTi M-Wire, denominado Reciproc (VDW, Munique, Alemanha), é preconizado para o preparo biomecânico com a utilização de um único instrumento, o que proporciona segundo BÜRKLEIN et al. (2012) menor tempo de trabalho quando comparado aos sistemas rotatórios convencionais.

O instrumento R25 tem sido preconizado para o preparo de canais radiculares curvos, especialmente o canal méso vestibular de molares inferiores (EHSANI et al.,

2016; KELES et al., 2016; TOPÇUOĞLU et al., 2016; IGLECIAS et al., 2017). Durante o preparo biomecânico, as pesquisas *in vitro* (KIM et al., 2010; BÜRKLEIN et al., 2013; KÜÇÜKYILMAZ et al., 2015; BORGES et al., 2016) têm relatado formação de trincas na dentina (KIM et al., 2010) com sistemas reciprocantes, maior extrusão apical e acúmulo de *debri* em toda parede do canal méso vestibular (BÜRKLEIN et al., 2013; KÜÇÜKYILMAZ et al., 2015; BORGES et al., 2016; EHSANI et al., 2016), independentemente do alargamento cervical (TOPÇUOĞLU et al., 2016).

Diversos protocolos de irrigação/ aspiração tem sido preconizados para remoção de *debri* e camada de *smear*, com destaque para a irrigação ultrassônica. Estudos *in vitro* demonstraram que uma das vantagens da associação das soluções irrigadoras com a irrigação ultrassônica é possibilitar maior remoção de *debri*, bactérias e tecido pulpar do interior do canal radicular quando comparada a irrigação convencional com seringa e agulha (AL-JADAA et al., 2009; COHENCA et al., 2013).

A irrigação energizada com ultrassom possibilita a renovação da solução irrigante por meio de microfluxo durante o preparo biomecânico evitando a saturação, a precipitação de partículas e favorecendo a remoção dos detritos mantidos em suspensão no interior do canal radicular (VAN DER SLUIS et al., 2007; JIANG et al., 2011; LIMA, et al., 2015). Por outro lado, segundo VAN DER SLUIS et al. (2007) durante a irrigação ultrassônica pode ocorrer desgaste da dentina radicular devido ao toque do inserto na parede do canal ou, então, devido as ondas ultrassônicas promovidas pela agitação da solução no interior do canal radicular.

O preparo biomecânico tem como principal objetivo preservar o curso original do canal radicular. A ação dos instrumentos endodônticos nas paredes do canal pode causar transporte em canais radiculares com curvatura acentuada, devido à flexibilidade do instrumento e à técnica de instrumentação utilizada (VAUDT et al., 2009).

Segundo BORGES et al. (2016) o alargamento cervical prévio a utilização de instrumentos rotatórios ou reciprocantes, realizado com as brocas LA AXXES, resultaram em diminuição na extrusão de *debris*. Independentemente da técnica ou sistema de instrumentação, o alargamento cervical, segundo BARROSO et al. (2005) e VANNI et al. (2005), propicia redução da tensão dos instrumentos endodônticos nas paredes e facilita a determinação do diâmetro anatômico e o movimento hidráulico das soluções irrigadoras no interior do canal radicular (VANNI et al., 2005).

A hibridização de técnicas e sistemas de instrumentação, ou seja, a associação de sistemas rotatórios e reciprocantes, tem sido propostas e avaliadas quanto a quantidade de material extruído e dentina excisada (BORGES et al., 2016). Instrumentos rotatórios, como o ProTaper SX, são selecionados com o intuito de realizar o alargamento cervical por possuir conicidade que diminui o desgaste da parede distal do canal radicular nas raízes mesiais dos molares inferiores (MAHRAN; ABOEL-FOTOUH, 2008) e promover menor transporte do canal radicular (CELIK et al., 2013).

A microtomografia computadorizada tem sido a ferramenta de análise mais utilizada para análise do transporte em diversos estudos por possibilitar avaliação morfométrica bidimensional e tridimensional do sistema de canal radicular e por ser um método não destrutivo (PASQUALINI et al., 2012; DE-DEUS et al., 2015). Este método

permite gerar modelos tridimensionais os quais proporcionam avaliar, qualitativa e quantitativamente, a morfologia interna (YANG et al., 2011) e os efeitos gerados na parede do canal radicular pelos instrumentos após o preparo biomecânico (DE-DEUS et al., 2015).

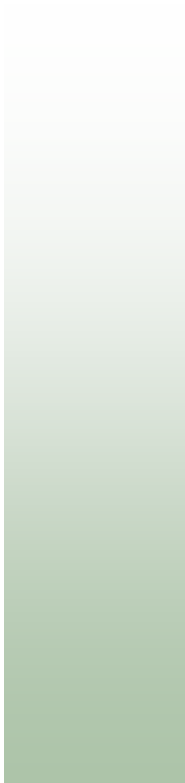
Levando-se em consideração que diversos fatores, tais como, a curvatura do canal radicular, as características do instrumento e a natureza da liga metálica (BÜRKLEIN et al., 2012) podem interferir na modelagem do canal radicular após o preparo biomecânico e, que, a irrigação interfere na remoção de *debri*, torna-se relevante avaliar por meio de microtomografia computadorizada a influência do alargamento cervical e o uso da irrigação ultrassônica na modelagem de canais radiculares curvos.





## ***Proposição***

O objetivo neste estudo foi avaliar, por meio de microtomografia computadorizada ( $\mu$ CT), a influência do alargamento cervical e o uso da irrigação ultrassônica no preparo biomecânico de canais radiculares curvos por meio de microtomografia computadorizada.

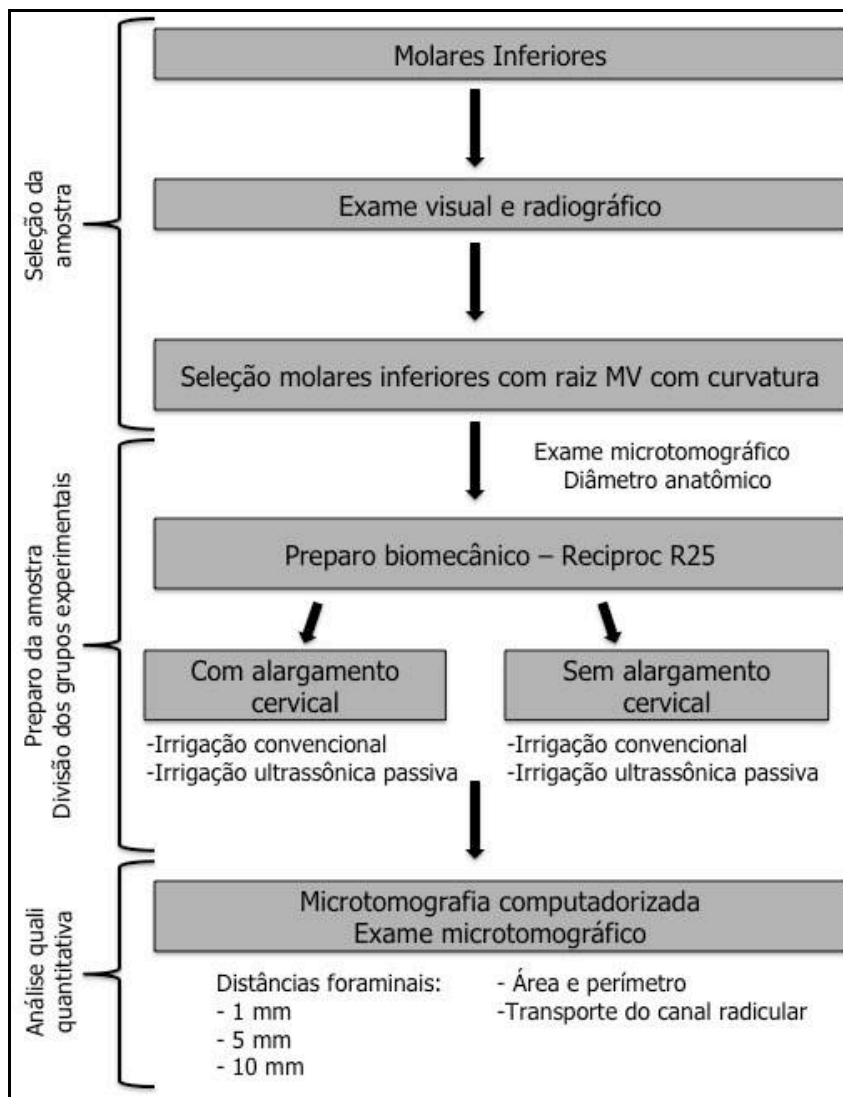


## ***Material e Métodos***

O projeto de pesquisa deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Ribeirão Preto.

Os fatores em estudo foram *preparo biomecânico* em 2 níveis (com e sem alargamento cervical), *protocolo de irrigação* em 2 níveis, sendo irrigação convencional e irrigação ultrassônica passiva (IUP) e distância foraminal em 3 níveis (10, 5 e 1 mm). As variáveis de resposta quantitativas foram análise da área, perímetro e transporte do canal radicular após o preparo biomecânico por meio de microtomografia computadorizada. A análise qualitativa foi realizada empregando modelo 3D em

microtomógrafo gerado pelo *software* CTAn. O fluxograma (Figura 1) a seguir contém a representação esquemática da sequência metodológica utilizada nas três etapas do presente estudo.



**Figura 1.** Fluxograma da sequência metodológica.

Cento e cinquenta molares inferiores humanos pertencentes ao banco de dentes da Universidade de Ribeirão Preto, conservados em solução de timol 0,1% a 9°C, foram

lavados em água corrente por 24 horas e, em seguida, tiveram suas superfícies radiculares externas limpas por meio de raspagem com ultrassom (Profi II Ceramic, Dabi Atlante Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os dentes foram, então, examinados macro e microscopicamente com auxílio de lupa estereoscópica em aumento de 25X e radiografados nos sentidos vestibulo lingual e méso distal. Os critérios de inclusão foram: completa formação da raiz méso distal, curvatura da raiz entre 15-20°, ausência de calcificações, de nódulos pulpare e reabsorção interna. E os critérios de exclusão foram: fratura radicular, tratamento endodôntico prévio e a presença de defeitos dentinários na morfologia externa das raízes.

Com o objetivo de diminuir interferências na seleção e padronização da amostra os dentes foram fixados em placas de acrílico com auxílio de cola quente (Hot Melt, Rhamos e Brito, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 2A) e suas coroas removidas 3 mm acima da junção amelocementária (Figura 2C), na direção coronária, por meio de máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Hong Kong, China) (Figura 2B), com velocidade de 300 rpm sob refrigeração abundante de água (KELES et al., 2016).



**Figura 2.** A) Molar inferior humano fixado em placa de acrílico com auxílio de cola quente. B) Máquina de corte Isomet. C) Conjunto placa de acrílico/ dente posicionado na Isomet para secção da coroa a 3 mm da junção amelocementária.

### Exame microtomográfico preliminar

Previamente ao escaneamento das raízes no microtomógrafo (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) (Figura 3), foram utilizados recursos de correção geométrica e de campo de aquisição (*flat-field correction*) e filtro de 0,1 mm de cobre posicionado em frente a fonte de raios-X para alterar a sensibilidade à radiação policromética. Com o objetivo de reduzir possível distorção da imagem e possibilitar o posicionamento perpendicular das raízes à fonte de radiação, um suporte semicircular de isopor foi posicionado sobre a cama de carbono do equipamento e 10 amostras foram fixadas e centralizadas com fita adesiva frente ao eixo de escaneamento.



**Figura 3.** Microtomógrafo SkyScan 1176 utilizado para o escaneamento da raiz méso vestibular antes e após o preparo biomecânico.

Em seguida, no programa de controle (SkyScan 1176 v. 2, Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), após a confirmação do posicionamento do espécime com auxílio da ferramenta *Video Image*, deu-se início ao escaneamento nos parâmetros de resolução isotrópica de 18  $\mu\text{m}$ , 90 kV, 278  $\mu\text{A}$ , rotação de 360° ao redor do eixo vertical dos

dentes, passo de rotação de  $0,7^\circ$ , quadros (*frames*) 2 e filtro de cobre 0,1 mm. As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato *Tagged Image File* (TIFF).

Em seguida as secções axiais foram reconstruídas a partir das imagens das projeções angulares, por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de *Feldkamp* modificado, usando o programa NRecon v.1.6.6.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Foi aplicada redução de artefatos em forma de anel (*Ring Artifact*) no valor de 5 (escala de 0-20), de endurecimento de feixe (*Beam Hardening*) no percentual de 40% (escala de 0 a 100%), de suavização (*Smoothing*) no valor de 3 (escala de 0 a 10) e com histograma de contraste variando de 0,003 (valor mínimo) a 0,15 (valor máximo). As secções axiais reconstruídas foram salvas em formato *Bitmap* (BMP).

A partir das imagens reconstruídas, no programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica) foi realizada a segmentação da imagem por meio da técnica de binarização ou *threshold* interativo, na qual foi realizada a segmentação dos valores de tons de cinza da reconstrução tridimensional. Dessa forma, foi obtida uma imagem binária, onde os *pixels* pretos representaram o fundo e os *pixels* brancos, o objeto da análise. Esse processo foi realizado para a região de interesse do sistema de canais radiculares (SCR) por meio de operações matemáticas com a ferramenta *Custom Processing*, utilizando uma sequência de *plug-ins* (*task list*) a partir da qual foram gerados modelos tridimensionais de cada espécime.

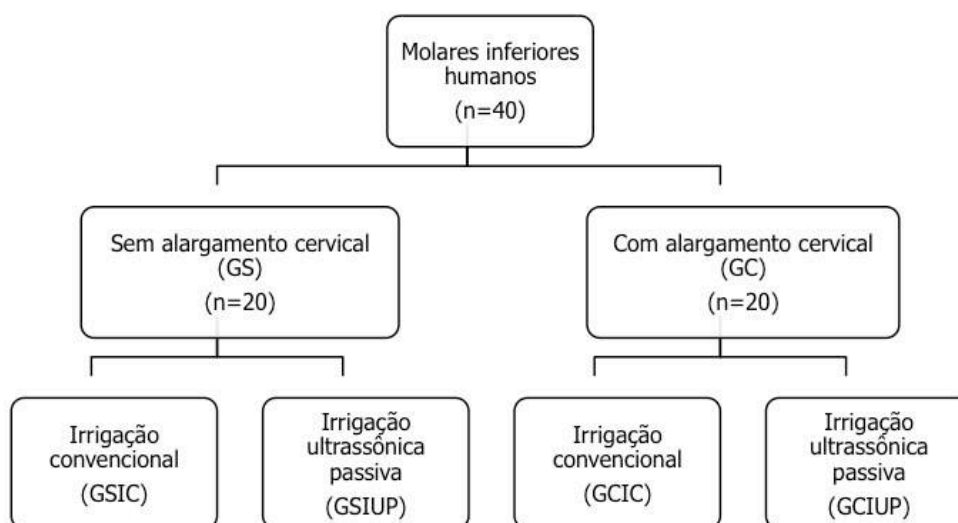
Deste modo, previamente ao preparo biomecânico, foram mensurados a área, volume, perímetro do canal radicular e centróides (ponto no interior de uma forma

geométrica que define o seu centro geométrico) nas regiões de interesse do conduto a 10, 5 e 1 mm do ápice radicular, sendo selecionados quarenta raízes com curvatura entre 15° e 25° e forame independente.

### **Preparo dos canais radiculares**

Os canais radiculares de cada espécime foram acessados com auxílio de broca esférica número 3 e broca Endo Z (Dentsply-Malleifer, Ballagues, Suíça) acionadas por motor em alta rotação (Dabi Atlante Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil) sob refrigeração com água destilada. Cada canal méso vestibular foi irrigado com 1 mL de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% por meio de agulha NaviTip #15 (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) adaptada a seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). O comprimento de trabalho foi estabelecido introduzindo-se uma lima tipo K #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) no interior do canal até que sua ponta fosse visualizada no forame apical e recuada 1 mm. Dentes que apresentaram forames lateralizados, nos quais o comprimento real do canal foi inferior a 15 mm, foram substituídos.

As raízes foram divididas aleatoriamente em dois grupos experimentais de acordo com protocolo do preparo biomecânico (n=40) (Figura 4): Grupo S: sem alargamento cervical e Grupo C: com alargamento cervical e divididas novamente em dois subgrupos, de acordo com o protocolo de irrigação durante o preparo biomecânico (n=20): subgrupo IC- Irrigação convencional e subgrupo IUP- Irrigação ultrassônica passiva.



**Figura 4.** Distribuição dos grupos experimentais.

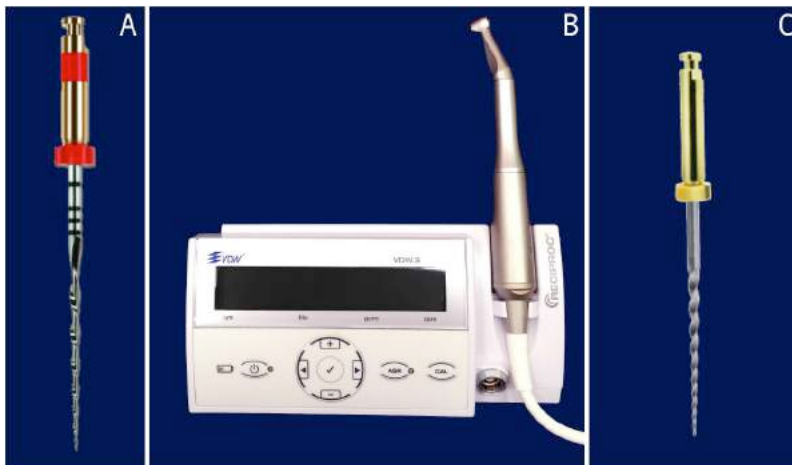
As raízes foram fixadas em morsa e o preparo biomecânico do canal méseo vestibular foi iniciado com limas manuais tipo K #10 e irrigação convencional com 2 mL de NaOCl 2,5% por meio da seringa e agulha NaviTip (Ultradent Products Inc., Indaiatuba, SP, Brasil).

Para o GS, sem alargamento, a instrumentação foi realizada com o sistema recíprocante Reciproc R25 (VDW, Munique, Alemanha) (Figura 5A) acoplado ao motor elétrico VDW (VDW, Munique, Alemanha) (Figura 5B) no modo “*reciprocation*”, responsável pelo movimento recíprocante no sentido anti-horário (corte) e horário (liberação do instrumento). O instrumento foi inserido no canal radicular com movimento de inserção/ remoção com amplitude controlada de aproximadamente 3 mm e leve pressão contra as paredes, conforme preconizado pelo fabricante. Após o terceiro movimento, o instrumento foi removido do canal radicular, limpo com gaze esterilizada



e o canal radicular irrigado de acordo com o protocolo de irrigação. Esse procedimento foi repetido até que o instrumento alcançasse o comprimento de trabalho.

No grupo GC o alargamento cervical foi realizado com o instrumento SX (Figura 5C) do sistema ProTaper Universal (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) acoplado ao motor elétrico VDW, com torque de 300 gcm e 250 rpm. O canal radicular foi irrigado com 2 mL de NaOCl 2,5%, de acordo com o protocolo de irrigação, e o preparo biomecânico procedeu com o instrumento R25, conforme descrito no grupo GS.



**Figura 5.** A) Instrumento R25 do sistema Reciproc utilizado para o preparo biomecânico do canal méso vestibular. B) Motor elétrico VDW. C) Instrumento SX do sistema ProTaper Universal, utilizado para o alargamento cervical do canal méso vestibular.

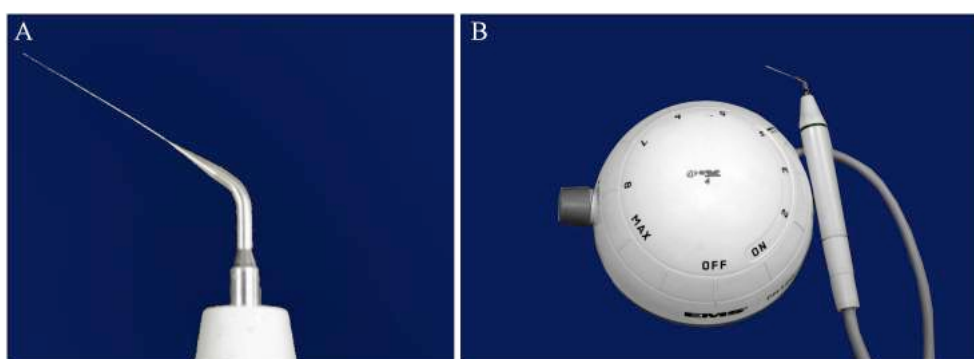
### **Irrigação convencional:**

Durante o preparo biomecânico, a cada troca de instrumento ou o terceiro movimento do R25, a irrigação do canal radicular foi realizada com 4 mL de NaOCl 2,5% e irrigação final com 5 mL de EDTA 17% por 5 min, ambas realizadas com seringa descartável e agulha NaviTip. Ao final, os canais foram irrigados novamente com 2 mL

de NaOCl 2,5 % e 5 mL de água destilada e deionizada e secos com cones de papel absorvente (Dentsply, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil).

### **Irrigação ultrassônica passiva (IUP):**

O canal radicular foi irrigado com 2 mL NaOCl 2,5% por meio de seringa descartável e agulha NaviTip e, em seguida, a solução irrigadora foi agitada com inserto não cortante (#20, taper 0.01) de 18 mm de aço inoxidável (E1-Irrisonic, Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) (Figura 6A), acionado por 20 s por meio de unidade ultrassônica piezoelétrica (P100, EMS – Electro Medical System, Suíça) (Figura 6B) na potência de 10%, a 1 mm do CT, em suaves movimentos de inserção/remoção evitando-se tocar as paredes do canal. Este procedimento foi repetido mais 2 vezes, totalizando 6 mL de NaOCl 2,5% e tempo de agitação de 60s. Em seguida os canais radiculares foram irrigados com 5 mL EDTA 17% por 5min, lavados com 5 mL de água destilada e deionizada e secos com cones de papel absorvente.



**Figura 6.** Irrigação ultrassônica passiva (IUP). A) Ponta ultrassônica *isthmus* utilizada para agitação das soluções irrigadoras. B) Aparelho ultrassônico PM 100.

### **Exame microtomográfico final**

Os espécimes foram submetidos ao exame microtomográfico pós-preparo biomecânico seguindo-se os protocolos de escaneamento e reconstrução descritos previamente no exame microtomográfico preliminar.

Antes da análise morfológica tridimensional quali quantitativa dos canais radiculares preparados, as imagens de cada espécime, obtidas no exame microtomográfico pós-preparo, foram alinhadas (sobrepostas) em relação às obtidas no exame microtomográfico inicial (antes do preparo), por meio da ferramenta *co-registration* no programa DataViewer v.1.5.1.2 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Por convenção, o conjunto de dados obtidos previamente ao preparo foi considerado fixo, fazendo-se o registro do conjunto de dados após o preparo, em relação ao primeiro. Este novo registro alinhado de dados, de cada espécime após o preparo, foi salvo em um novo diretório. Além disso, também foi salvo um novo diretório do conjunto de dados da variação (diferença) entre o conjunto de dados dos espécimes obtidos antes e após o preparo (*Image Difference*).

Após a sobreposição, realizou-se o processamento e análise das imagens pós-preparo, com auxílio do programa CTAn v.1.14.4.1+ (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). O VOI utilizado foi o mesmo estabelecido na análise do exame microtomográfico preliminar. Por meio da ferramenta *Custom Processing*, uma sequência de *plug-ins (task list)* foi aplicada e as imagens do SCR pós-preparo foram binarizadas e salvas em novo diretório. Assim, obtiveram-se os dados morfométricos bidimensionais (área e

perímetro) dos canais após cada preparo, bem como suas diferenças em relação ao canal radicular não preparado (original).

### **Cálculo do transporte**

Para mensuração do transporte, foram obtidos os valores dos centróides dos eixos X e Y em cada secção pré estabelecida (10, 5 e 1 mm) de cada espécime, além da posição no eixo Z relativa a eles, por meio do programa CTAn v.1.11 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Com isto, obteve-se um sistema cartesiano tridimensional, ou seja, um conjunto de ternos ordenados (x e y): onde x indica a quantidade deslocada na direção positiva do eixo que contém os deslocamentos para frente e y indica a quantidade deslocada na direção positiva do eixo que contém os deslocamentos para o lado. Dessa forma, dados dois pontos  $P1 = (x_1, y_1, z_1)$  e  $P2 = (x_2, y_2, z_2)$ , relativos à posição do centro do mesmo canal na mesma secção transversal, em dois momentos distintos, o transporte do canal radicular, após o preparo biomecânico, foi quantificado como mínimo, quando a diferença dos centróides foram próximo ao valor zero. O cálculo da distância entre P1 e P2 foi realizado pela fórmula:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Após realização do cálculo do transporte, os dados obtidos foram tabulados e realizada a análise estatística.

### **Análise qualitativa tridimensional**

Utilizando-se o programa CTVol 2.1 (Brüker, micro-CT, Kontich, Bélgica), os modelos tridimensionais, gerados por este conjunto de dados, foram sobrepostos àquele gerado previamente ao preparo do canal. Os modelos sobrepostos foram, então, avaliados, qualitativamente, em relação à superfície tocada pelos instrumentos após o procedimento experimental.

Com o objetivo de identificar as áreas de atuação do instrumento, antes e após o preparo biomecânico, foram aplicadas cores distintas aos modelos tridimensionais obtidos em cada escaneamento.

### **Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos a testes estatísticos preliminares, com objetivo de verificar a normalidade da distribuição amostral. Após confirmação da homogeneidade (teste de Levene) e normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov), foram empregados os testes estatísticos paramétricos de Análise de Variância para verificar a existência de diferença entre os fatores analisados, e o teste complementar de Tukey, para verificar a diferença entre os grupos, com nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ). A análise estatística foi realizada com auxílio do *software* SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*; SPSS Inc., Ill., EUA).



## ***Resultados***

### **Análise morfométrica bidimensional**

#### **1. Área**

A Análise de Variância (Tabela I), para os dados da área, demonstrou haver diferença estatisticamente significativa para o protocolo de irrigação, a distância do forame apical e na interação preparo biomecânico/ distância do forame apical ( $p < 0,05$ ).

**Tabela I.** Análise de variância da diferença de área antes e após o preparo biomecânico.

<b>Fonte de variação</b>	<b>Soma de Quadr.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Quadr. Médios (F)</b>	<b>P</b>	
Alargamento cervical	0,140	1	0,140	2,904	0,092
Protocolos de irrigação	0,265	1	0,265	5,507	0,021
Distância do forame apical	2,923	2	1,461	30,416	0,000
Alargamento - irrigações	0,019	1	0,019	0,389	0,534
Distância - alargamento cervical	0,401	2	0,200	4,170	0,019
Distância - protocolos de irrigação	0,235	2	0,118	2,448	0,093
Alargamento - irrigação - distância	0,132	2	0,066	1,377	0,258
Resíduos	4,036	84	0,048		
Varição total	17,375	96			

O teste complementar de Tukey (Tabela II) evidenciou que a irrigação ultrassônica propiciou os maiores valores médios de área do canal radicular após o preparo biomecânico, sendo estatisticamente diferente ( $p < 0,05$ ) da irrigação convencional.

**Tabela II.** Teste de Tukey para os protocolos de irrigação estudados.

<b>Protocolo de irrigação</b>	<b>Média ± DP</b>	<b>Valor crítico (<math>\alpha = 0,05</math>)</b>
Irrigação convencional	0,26 ± 0,09 <b>B</b>	<b>0,056</b>
Irrigação ultrassônica	0,36 ± 0,06 <b>A</b>	

\* Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

O teste de Tukey (Tabela III) evidenciou que os valores da área aumentam à medida em que se distanciam do forame apical, sendo que à 10 mm do forame apical obteve-se os maiores valores de área ( $p < 0,05$ ). Na interação dos fatores distância do forame/ alargamento cervical, o teste de Tukey (Tabela IV) evidenciou que o alargamento cervical propiciou os maiores valores médios a 10 mm de distância do forame, sendo estatisticamente diferente das demais interações ( $p < 0,05$ ). As interações com alargamento ou sem alargamento/ 5 mm apresentaram valores médios

intermediários e foram estatisticamente semelhantes entre si ( $p>0,05$ ). No entanto tiveram comportamento ora semelhantes às interações sem alargamento/ 10 mm e ora com ou sem preparo/ 1 mm ( $p>0,05$ ).

**Tabela III.** Teste de Tukey. Valores médios e desvio padrão da interação alargamento cervical e distância do foraminal.

Alargamento cervical	Distância foraminal		
	10 mm	5 mm	1 mm
Sem	0,41±0,16 <b>Ba</b>	0,28±0,13 <b>Ab</b>	0,13±0,13 <b>Ac</b>
Com	0,66±0,48 <b>Aa</b>	0,30±0,10 <b>Ab</b>	0,08±0,03 <b>Ac</b>

\*Letras maiúsculas para coluna entre as distâncias foraminais e letras minúsculas para linha no alargamento cervical, indicam diferença estatisticamente significante ( $p<0,05$ ).

## 2. Perímetro

A Análise de Variância (Tabela IV), para os dados do perímetro, demonstrou haver diferença estatisticamente significante ( $p<0,05$ ) para o alargamento cervical, distância do forame apical e nas interações dos fatores: alargamento/ protocolos de irrigação e distância/ alargamento cervical.

**Tabela IV.** Análise de variância da diferença de perímetro antes e após o preparo biomecânico.

Fonte de variação	Soma de Quadr.	G. L.	Quadr. Médios	(F)	P
Alargamento cervical	5,420	1	5,420	24,472	0,000
Protocolo de irrigação	0,097	1	0,097	0,438	0,510
Distância do forame apical	15,850	2	7,925	35,784	0,000
Alargamento - irrigações	1,323	1	1,323	5,974	0,017
Distância - Alargamento	11,097	2	5,549	25,054	0,000
Distância - irrigações	1,776	2	0,888	4,009	0,052
Distância - Alargamento - irrigações	2,015	2	1,008	4,550	0,053
Resíduos	18,603	84	0,221		
Variação total	106,511	96			



O teste de Tukey evidenciou que a realização do alargamento cervical propiciou perímetro com os maiores valores, diferente estatisticamente ( $p < 0,05$ ) do grupo sem alargamento cervical. Para a distância do forame apical evidenciou-se que os maiores valores médios foram obtidos a 10 mm do forame, sendo diferente estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das distâncias de 5 e 1 mm que obtiveram os menores valores e foram estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na interação desses fatores evidenciou-se (Tabela V) que o alargamento cervical/ 10 mm do forame apical obteve os maiores valores da diferença do perímetro, sendo diferente estatisticamente das demais interações ( $p < 0,05$ ).

**Tabela V.** Teste de Tukey. Interação dos fatores alargamento cervical e distância foraminal. Valores médios e desvio padrão da diferença do perímetro da parede do canal radicular.

Alargamento cervical	Distância foraminal		
	10 mm	5 mm	1 mm
Sem	0,58±0,49 <b>Ba</b>	0,45±0,28 <b>Aa</b>	0,23±0,18 <b>Aa</b>
Com	1,99±1,06 <b>Aa</b>	0,67±0,26 <b>Ab</b>	0,43±0,28 <b>Ab</b>

\*Letras maiúsculas para coluna entre as distâncias foraminais e letras minúsculas para linha no alargamento cervical, indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Na interação dos fatores alargamento cervical e protocolos de irrigação, o teste de Tukey (Tabela VI) demonstrou que tanto o alargamento cervical associado à irrigação convencional quanto à associação ao ultrassom propiciou os maiores valores de perímetro, sendo estatisticamente semelhantes entre si ( $p < 0,005$ ) e diferentes das demais interações ( $p > 0,05$ ).

**Tabela VI.** Teste de Tukey. Interação dos fatores alargamento cervical e protocolos de irrigação. Valores médios e desvio padrão da diferença do perímetro da parede do canal radicular.

Alargamento cervical	Protocolos de irrigação	
	convencional	ultrassom
Sem	0,40±0,15 <b>Ba</b>	0,57±0,21 <b>Ba</b>
Com	0,81±0,30 <b>Aa</b>	1,11±0,64 <b>Aa</b>

\*Letras maiúsculas para coluna entre os protocolos de irrigação e letras minúsculas para linha no alargamento cervical, indicam diferença estatisticamente significante ( $p < 0,05$ ).

### 3. Transporte

Para os dados do transporte, a análise de variância (Tabela VII) demonstrou haver diferença estatisticamente significante ( $p < 0,05$ ) para o alargamento cervical e protocolos de irrigação. Na interação dos fatores estudados a análise de variância não demonstrou haver diferença estatisticamente significante ( $p > 0,05$ ).

**Tabela VII.** Análise de variância da diferença do transporte do canal radicular após o preparo biomecânico.

Fonte de variação	Soma de Quadr.	G. L.	Quad. Médios	(F)	P
Alargamento cervical	0,123	1	0,123	12,421	0,001
Entre as irrigações	0,413	2	0,206	20,916	0,000
Entre as distâncias	0,005	1	0,005	0,503	0,480
Distância - Alargamento	0,039	1	0,039	3,933	0,051
Distância - irrigações	0,034	2	0,017	1,730	0,183
Alargamento - irrigações	0,043	2	0,022	2,200	0,117
Distância-Alargamento-irrigação	0,016	2	0,008	0,818	0,445
Resíduos	0,829	84	0,010		
Variação total	2,460	96			

O teste de Tukey (Tabela VIII) evidenciou que os maiores valores médios de transporte foram obtidos quando o alargamento foi realizado, sendo diferente estatisticamente ( $p < 0,05$ ) dos grupos sem alargamento cervical.

**Tabela VIII.** Teste de Tukey. Valores médios e desvio padrão do centróide após o preparo biomecânico.

<b>Alargamento cervical</b>	<b>Média ± DP</b>	<b>Valor crítico (<math>\alpha = 0,05</math>)</b>
Com preparo	0,13 ± 0,04 <b>A</b>	<b>0,043</b>
Sem preparo	0,06 ± 0,03 <b>B</b>	

\*Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante.

Para o fator protocolos de irrigação o teste de Tukey (Tabela IX) demonstrou que a irrigação ultrassônica obteve os maiores valores médios de transporte, sendo diferente estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da irrigação convencional.

**Tabela IX.** Teste de Tukey. Valores médios e desvio padrão do centróide nos diferentes protocolos de irrigação estudados.

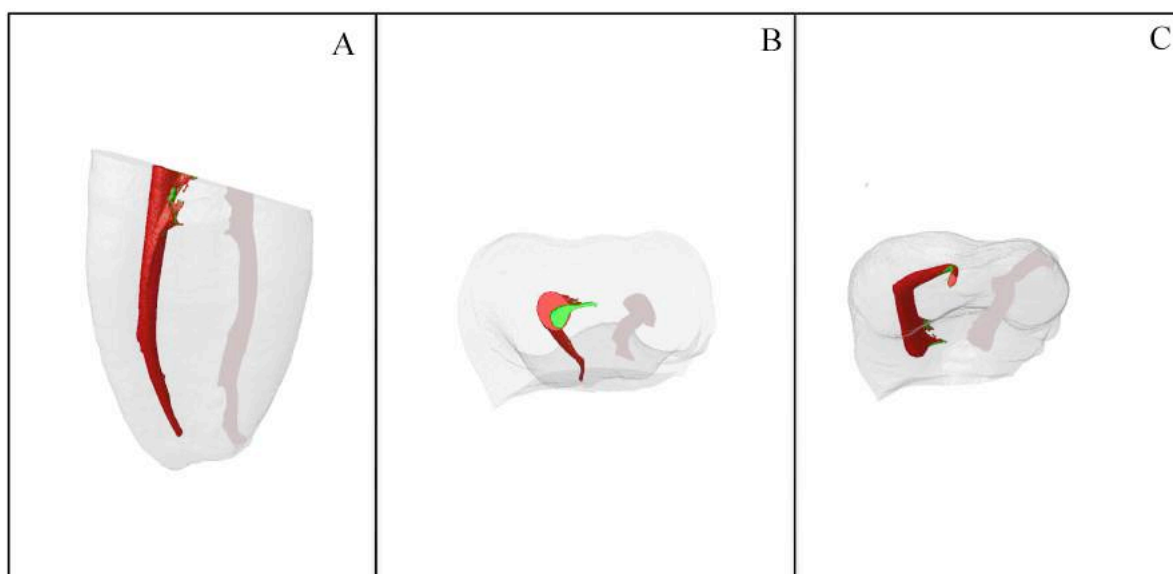
<b>Protocolos de irrigação</b>	<b>Média ± DP</b>	<b>Valor crítico (<math>\alpha = 0,05</math>)</b>
Irrigação Convencional	0,09 ± 0,05 <b>B</b>	<b>0,007</b>
Irrigação ultrassônica	0,11 ± 0,09 <b>A</b>	

\*Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante.

#### **4. Análise tridimensional qualitativa**

De maneira geral, a análise tridimensional possibilitou avaliar a morfologia interna do canal radicular após os diferentes preparos biomecânicos e protocolos irrigação utilizados no estudo. No GSIC, observou-se áreas no terço cervical na cor verde, caracterizando que o instrumento não tocou a parede do canal radicular (Figura 7A). Na Figura 7B observa-se que o preparo com o instrumento R25 (vermelho) não

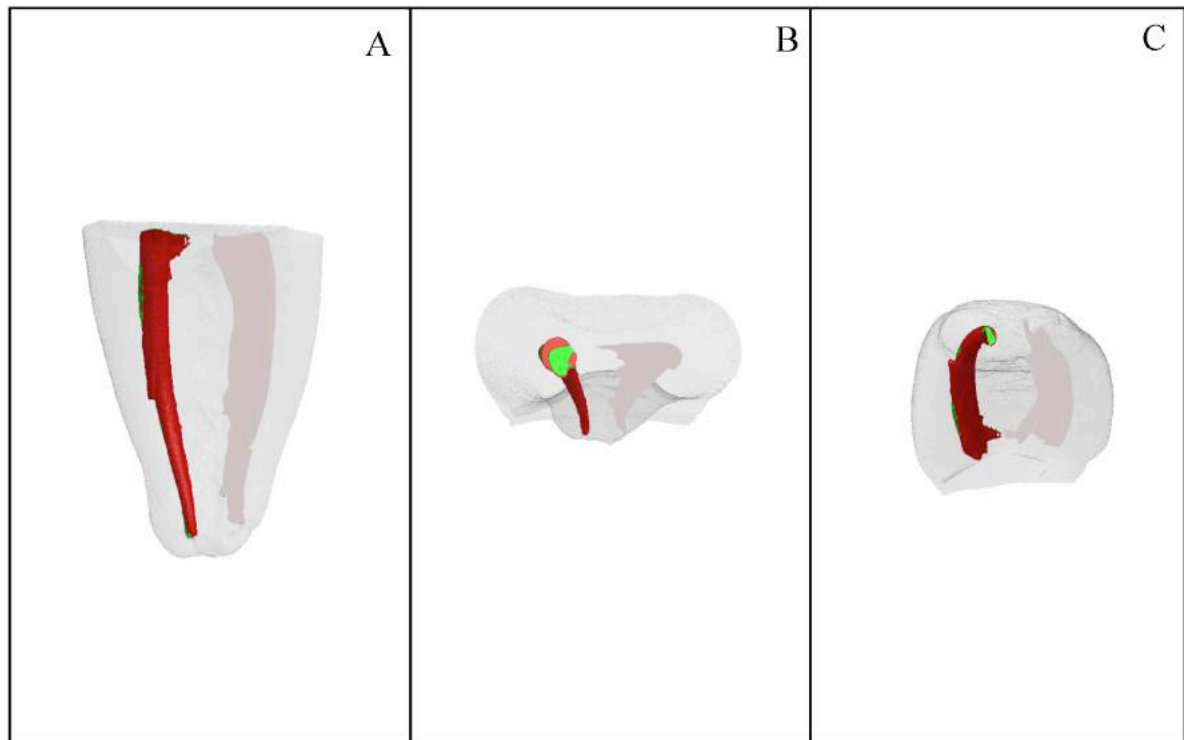
acompanhou a trajetória do canal radicular (verde) e na Figura 7C nota-se ao longo do canal radicular algumas áreas na cor verde.



**Figura 7.** Grupo GSIC – Instrumentação com R25 e irrigação realizada com seringa e agulha NaviTip. A) Vista mesial. B) Vista cervical. C) Vista apical.

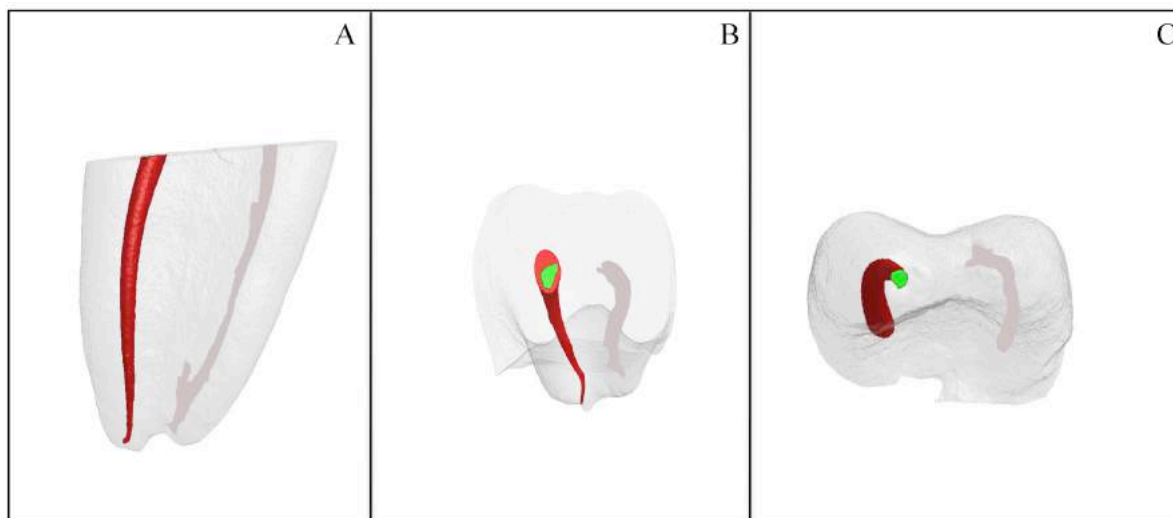
Nos terços cervical e apical do grupo GSIUP observou-se áreas em verde caracterizando que não houve o toque do instrumento ou ocorreu transporte do canal radicular após o preparo biomecânico (Figura 8A). No terço médio (Figura 8A) observou-se área com maior volume quando comparado ao canal radicular original (antes do preparo biomecânico) caracterizando possível toque do inserto ultrassônico e áreas onde não houve o toque do instrumento (cor verde). Na Figura 8B notou-se que o instrumento R25 e o inserto ultrassônico não atingiu todas as paredes do canal radicular. Na Figura 8C foi possível visualizar áreas na cor verde e vermelha ao longo do

canal radicular e, principalmente no batente apical, onde provavelmente não ocorreu toque do instrumento em todas as paredes.



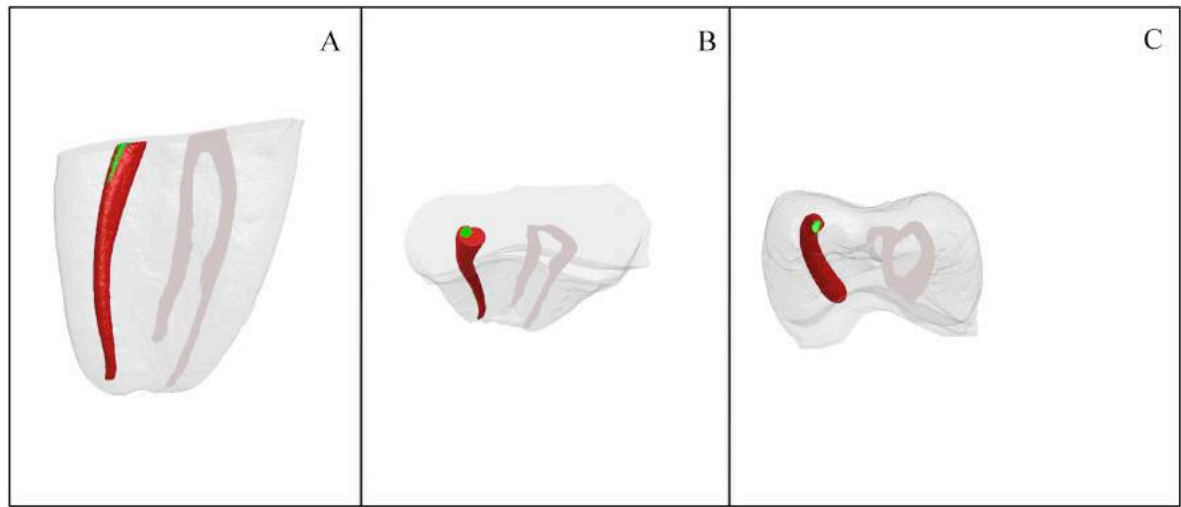
**Figura 8.** Grupo GSIUP – Instrumentação com R25 e irrigação com inserto ultrassônico. A) Vista mesial. B) Vista cervical. C) Vista apical.

No grupo CIC observou-se o canal radicular praticamente na cor vermelha, o que caracteriza toque dos instrumentos nas paredes do canal radicular (Figura 9A). Na Figura 9B é possível notar que o canal radicular foi ampliado em todas as direções (cor vermelha) e na Figura 9C observa-se que não houve (cor verde) o toque do instrumento nas paredes.

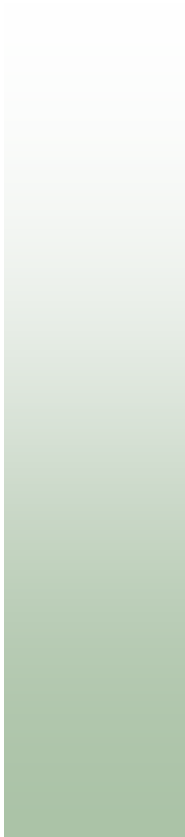


**Figura 9.** Grupo CIC – Alargamento cervical com ProTaper SX e irrigação realizada com seringa e agulha NaviTip. A) Vista mesial. B) Vista cervical. C) Vista apical.

No grupo CIUP notou-se no terço cervical, qualitativamente, aumento de volume do canal radicular com áreas na cor verde caracterizando que tanto o instrumento ProTaper SX quanto o inserto ultrassônico não tocaram em todas as paredes (Figura 10A). Na Figura 10B observou-se que o preparo biomecânico teve tendência em desgastar em maior intensidade o canal radicular para a região distal do canal radicular. Na Figura 10C foi possível verificar que o instrumento R25 não ampliou em sua totalidade o terço radicular, mesmo com o alargamento cervical.



**Figura 10.** Grupo CIUP – Alargamento cervical com ProTaper SX e irrigação com inserto ultrassônico. A) Vista mesial. B) Vista cervical. C) Vista apical.



## ***Discussão***

A ampliação e modelagem de canais radiculares tem por objetivo proporcionar, por meio do preparo biomecânico, formato cônico com menor diâmetro apical e maior cervical (SCHILDER, 1974), bem como reduzir a quantidade de microorganismos do interior dos túbulos dentinários (AVERBACH; KLEIER, 2006). O adequado acesso aos orifícios dos canais radiculares, bem como o alargamento do terço cervical, podem favorecer a eficácia das soluções irrigantes e possibilitar maior controle da ação dos



instrumentos às paredes do canal (MAHRAN; ABOEL-FOTOUC, 2008; KELES et al., 2016).

Alguns aspectos relacionados à metodologia empregada, neste estudo, devem ser ressaltados para melhor entendimento dos resultados obtidos. A cirurgia de acesso, a curvatura do canal radicular, localização do orifício de entrada do canal radicular, o instrumento endodôntico empregado, bem como o desenho da haste de corte do instrumento, sua flexibilidade, conicidade e natureza da liga metálica podem interferir diretamente no preparo biomecânico (BÜRKLEIN et al., 2012). Na tentativa de minimizar possíveis variações na execução da cirurgia de acesso, no presente estudo, esta foi realizada seguindo metodologia preconizada por KELES et al. (2016), o qual seccionaram a coroa dental da raiz 3 mm acima da junção amelocementária. Outro aspecto que deve ser ressaltado diz respeito a metodologia empregada neste estudo, no qual a microtomografia computadorizada possibilitou avaliação morfométrica bidimensional como também análise tridimensional do sistema de canal radicular (PASQUALINI et al., 2012; DE-DEUS et al., 2015) antes e após o preparo biomecânico.

Dessa maneira, no presente estudo a hibridização entre técnicas de instrumentação foi avaliada para o sistema Reciproc, com ou sem alargamento cervical realizado com o instrumento SX do sistema rotatório ProTaper Universal.

A associação dos instrumentos ProTaper SX e o sistema Reciproc, no presente estudo, propiciou aumento da área e do perímetro no canal radicular, nas três secções analisadas quando comparado aos grupos que utilizaram somente o sistema único Reciproc. Os resultados obtidos podem ser explicados pelas características dos

instrumentos, ou seja, pelo seu desenho geométrico da secção transversal, característica estrutural, conicidade e cinemática (ELNAGHY et al., 2014).

O SX é um instrumento rotatório-modelador auxiliar, que possui secção reta transversal triangular convexa com três arestas de corte na forma de filetes e perfil convexo (SCHÄFER; VLASSIS, 2004). Sua secção reta longitudinal da parte de trabalho revela núcleo e canais helicoidais com profundidade crescente de D0 para D16 (SCHÄFER; VLASSIS, 2004). Ou seja, na extremidade do instrumento (D0) tem-se 0,19 mm de diâmetro e em sua porção mais cervical (D16) 1,19 mm, possibilitando maior alargamento do canal radicular no terço cervical (SCHÄFER; VLASSIS, 2004; GAGLIARDI et al., 2015). Tais características propiciaram, no presente estudo, aumento gradual da área e perímetro do terço cervical (a 10 mm do ápice radicular) para o terço apical (a 1mm do ápice radicular), quando comparado à instrumentação sem alargamento cervical. Dessa maneira, com o alargamento cervical, supõe-se que o instrumento recíprocante R25 penetrou com menor tensão no interior do canal radicular, favorecendo o preparo biomecânico nas três regiões analisadas, com maior intensidade do terço cervical para o terço apical. A literatura tem relatado que o alargamento cervical reduz a tensão dos instrumentos à parede do canal radicular (JATAHY et al., 2016), aumenta o volume de solução irrigadora (movimento hidráulico), reduz acidentes operatórios, favorece a determinação do diâmetro anatômico (PÉCORA et al., 2005) e preserva a trajetória original durante a instrumentação (BERUTTI et al., 2004; PATIÑO et al., 2005).

Por outro lado devido também às suas características, principalmente de sua aresta helicoidal ser convexa, a utilização do instrumento SX pode dificultar a remoção da dentina excisada proveniente do alargamento (JEON et al., 2003; MAHRAN; ABOEL-FOTOUH, 2008). Levando-se em consideração essa afirmação, no presente estudo, outro fator de variação foi o protocolo de irrigação, onde comparou-se a irrigação convencional por meio da seringa e ponta NaviTip com a irrigação ultrassônica passiva.

A irrigação ultrassônica passiva baseia-se na transmissão de energia acústica de um inserto a uma solução irrigadora no canal radicular por meio de ondas ultrassônicas (WELLER et al., 1980; VAN DER SLUIS et al., 2005; VAN DER SLUIS et al., 2007; JIANG et al., 2011). Essas ondas ultrassônicas promovem o turbilhonamento da solução causando aumento e redução na pressão hidrostática com formação de bolhas de cavitação que implodem e produzem aumento de temperaturas e pressões (ROY et al., 1994). Segundo VAN DER SLUIS et al. (2007) o termo irrigação ultrassônica passiva é considerado inadequado devido a impossibilidade de prevenir que o inserto ativado ultrassonicamente toque as paredes do canal radicular (VAN DER SLUIS et al., 2007). No presente estudo esta afirmativa foi traduzida em maior aumento da área e transporte do canal radicular quando a irrigação foi realizada ultrassonicamente, mesmo que a agitação da solução irrigante tenha sido realizada com inserto #20.08, liso, não cortante e com menor volume que o preparo biomecânico realizado com o instrumento R25. De acordo com AHMAD et al. (1992) para que a irrigação ultrassônica seja eficaz e sua transmissão acústica ocorra sem que haja o toque às paredes do canal, a agitação da

solução irrigante deve ser realizada em um espaço três vezes maior que o diâmetro do inserto utilizado.

Entretanto, devido às características anatômicas das raízes (WOL et al., 2016) selecionadas no presente estudo, o preparo biomecânico foi realizado somente com o instrumento R25 (25.08), evitando alterações morfológicas indesejáveis nas paredes do canal radicular (VAN DER SLUIS et al., 2005; CEYHANLI et al., 2014; HIEAWY et al., 2015). O alargamento apical em canais curvos com instrumentos de maior conicidade não é indicado, por estes instrumentos serem mais rígidos e propiciar transporte nessa região (SCHÄFER et al., 2006), o que pode ter favorecido o toque do inserto nas paredes do canal radicular, principalmente no terço médio, como observado na microtomografia do grupo onde não houve alargamento cervical e a irrigação foi realizada com inserto ultrassônico, promovendo maior desgaste da dentina, quando comparado ao grupo que receberam alargamento cervical (Figuras 9 e 10).

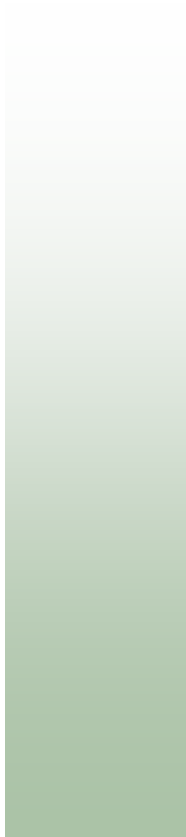
A análise do transporte do canal radicular foi mensurado a partir dos valores dos centróides (pré e pós instrumentação), que é dito como ponto no interior de uma forma geométrica que define o seu centro geométrico, onde quanto mais próximo do valor de zero for a diferença menos transporte ocorreu. Dessa maneira, os valores dos centróides permitiu a criação de um sistema cartesiano, onde foi possível avaliação por meio do programa CTAn.

No presente estudo os maiores valores de transporte foram obtidos quando foi realizado o alargamento cervical, provavelmente devido as características do SX que promoveu a remoção da interferência no terço cervical e, conseqüentemente maior

desgaste da dentina. Os instrumentos ProTaper SX e Reciproc R25 são confeccionados a partir de ligas metálicas de NiTi (GAGLIARDI et al., 2015; HANAN et al., 2015) e diferenciam-se pelo tratamento termomecânico da liga (SHEN et al., 2013; KOWALCZUCK et al., 2017): enquanto o SX possui liga de NiTi convencional, no R25 a liga possui tratamento termomecânico e é dita como M-Wire. Tal diferença entre os dois tipos diz respeito a flexibilidade do instrumento, onde as tipo M-Wire são caracterizadas por apresentarem maior flexibilidade (SHEN et al., 2013; KOWALCZUCK et al., 2017) e resistência à fratura por fadiga (SCELZA et al., 2015), quando comparadas às convencionais (PAQUÉ et al., 2012; SCELZA et al., 2015; IGLECIAS et al., 2017; KOWALCZUCK et al., 2017), o que provavelmente explica os resultados obtidos no presente estudo, conforme observado nas microtomografias das Figuras 9B e 10B.

A flexibilidade é considerada como uma das mais importantes propriedades mecânicas dos instrumentos rotatórios NiTi e a escolha de um instrumento, na maioria das vezes, está relacionada a esta propriedade (PAQUÉ et al., 2012; KOWALCZUCK et al., 2017). Esse fato, associado às características do instrumento, pode ter permitido ao R25 acompanhar a trajetória do canal radicular, com menor transporte mesmo quando não foi realizado o alargamento do terço cervical com o instrumento SX. Tais resultados corroboram com os achados por SANTA-ROSA et al. (2016) que verificaram aumento da área e perímetro, sem que houvesse transporte do canal radicular após o preparo biomecânico com o sistema recíprocante.

Dessa forma, estudos adicionais são necessários para avaliar os efeitos da hibridização de técnicas de instrumentação na resistência à fratura de canais radiculares curvos.



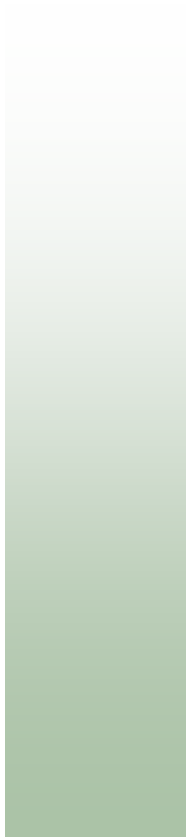
## ***Conclusões***

Diante da metodologia empregada e com base nos resultados obtidos foi possível concluir que:

1. O alargamento cervical propiciou aumento da área, perímetro e transporte do canal radicular.

2. A irrigação ultrassônica passiva promoveu aumento da área, transporte em todas as distâncias foraminais quando comparada a irrigação convencional.





## ***Referências Bibliográficas***

AL-JADAA, A.; PAQUÉ, F.; ATTIN, T.; ZEHNDER, M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. **Int. Endod J.**, v. 42, n. 1, p. 59-65, 2009.

AVERBACH, R. E.; KLEIER, D. J. Clinical update on root canal disinfection. **Compend. Contin. Educ. Dent.**, v. 27, n. 5, p. 286-289, 2006.

AHMAD, M.; PITT FORD, T. J.; CRUM, L. A. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. **J. Endod.**, v. 13, n. 10, p. 490-499, 1987.

BERUTTI, E.; NEGRO, A. R.; LENDINI, M.; PASQUALINI, D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. **J. Endod.**, v. 20, n. 4, p. 228-230, 2004.

BARROSO, J. M.; GUERISOLI, D. M.; CAPELLI, A.; SAQUY, P. C.; PÉCOR, J. D. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary premolars: SEM analysis. **Braz. Dent. J.**, v. 16, n. 1, p. 30-34, 2005.

BORGES, A. H.; PEREIRA, T. M.; PORTO, A. N.; de ARAUJO ESTRELA, C. R.; MIRANDA, F. L.; ARANHA, A. M.; GUEDES, O. A. The influence of cervical preflaring on the amount of apically extruded debris after root canal preparation using different instrumentation systems. **J. Endod.**, v. 42, n. 3, p. 465-9, 2016.

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.

BÜRKLEIN, S.; TSOTSIS, P.; SCHAFFER, E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. **J. Endod.**, v. 39, n. 4, p. 501-504, 2013.

CELIK, D.; TASDEMIR, T.; ER, K. Comparative study of 6 rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation in severely curved root canals of extracted teeth. **J. Endod.**, v. 39, n. 2, p. 278-282, 2013.

CEYHANLI, K. T.; ERDILEK, N.; TATAR, I.; CETINTAV, B. Comparative micro-computed tomography evaluation of apical root canal transportation with the use of ProTaper, RaCe and Safesider systems in human teeth. **Aust. Endod. J.**, v. 40, n. 1, p. 12-16, 2014.

COHENCA, N.; SILVA, L. A.; SILVA, R. A.; NELSON-FILHO, P.; HEILBORN, C.; WATANABE, E.; SARAIVA, M. C. Microbiological evaluation of different irrigation protocols on root canal disinfection in teeth with apical periodontitis: an *in vivo* study. **Braz. Dent. J.**, v. 24, n. 5, p. 467-473, 2013.

DE-DEUS G.; BELLADONNA F. G.; SILVA E. J.; MARINS J. R.; SOUZA E. M.; PEREZ R.; LOPES R. T.; VERSIANI M. A.; PACIORNIK S.; NEVES A. de A. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. **Braz. Dent. J.**, v. 26, n. 6, p. 624-9. 2015.

EHSANI, M.; FARHANG, R.; HARANDI, A.; TAVANAFAR, S.; RAOOF, M.; GALLEDAR, S. Comparison of Apical Extrusion of Debris by Using Single-File, Full-Sequence Rotary and Reciprocating Systems. **J. Dent.**, v. 13, n. 6, p. 394-399, 2016.

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.

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. 114-8. 2008.

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. 1718-24. 2015.

HANAN, A. R.; MEIRELES, D. A.; SPONCHIADO JÚNIOR, E. C.; HANAN S.; KUGA, M. C.; BONETTI FILHO I. Surface characteristics of reciprocating instruments before and after use: a SEM analysis. **Braz. Dent. J.**, v. 26, n. 2, p. 121-7. 2015.

HIEAWY, A.; HAAPASALO, M.; ZHOU, H.; WANG, Z. J.; SHEN, Y. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. **J. Endod.**, v. 41, n. 7, P. 1134-1138, 2015.

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. 1186-1190, 2014.

IGLECIAS, E. F.; FREIRE LG,; DE MIRANDA CANDEIRO, G. T.; DOS SANTOS M.; ANTONIAZZI J. H.; GAVINI, G. Presence of Voids after Continuous Wave of Condensation and Single-Cone Obturation in Mandibular Molars: A Micro-Computed Tomography Analysis. **J. Endod.**, *in press*, 2017

INGLE, J. I. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. **Oral Surg., Oral Med., Oral Path.**, v. 14, p. 83-91, 1961.

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

JATAHY, F. R. O.; LEONARDI, D. P.; GABARDO, M. C.; COELHO, B. S.; OLIVEIRA, K. V.; BARATTO FILHO F.; Influence of cervical and apical enlargement associated with the WaveOne system on the transportation and centralization of endodontic preparations. **J. Endod.**, v. 42, n. 4, p. 626-31. 2016.

JEON, I. S.; SPANGBERG, L. S. W.; YOON, T. C.; KAZEMI, R. B.; KUM, K. Y. Smear layer production by 3 rotatory reamers with different cutting blade designs in straight root canals: a scanning electron microscopy study. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 96, n. 5, p. 601-607, 2003.

JIANG, L. M.; VERHAAGEN, B.; VERSLUIS, M.; LANGEDIJK, J.; WESSELINK, P.; VAN DER SLUIS, L. W. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. **J. Endod.**, v. 37, n. 5, p. 688-692, 2011.

KELES, A.; HATICE, A.; SOUSA-NETO, M. D.; VERSIANI, M. A. Supplementary steps for removing hard tissue debris from isthmus-containing canal systems. **J. Endod.**, v. 42, n. 11, p. 1677-1682, 2016.

KLEIER, D. J.; AVERBACH, R. E.; MEHDIPOUR, O. The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics. **J. Endod.**, v. 34, n., p. 1346-1350, 2008.

KIM, H. C.; LEE, M. H., YUM, J.; VERSLUIS, A.; LEE, C. J.; KIM, B. M. Potential relationship between design of nickel- titanium rotary instruments and vertical root fracture. **J. Endod.**, v. 36, n. 5, p. 1195-1199, 2010.

KOWALCZUCK, A.; SYDNEY, G. B.; MARTINEZ, E. F.; CARDOSO, R. J. Evaluation of cutting ability and plastic deformation of reciprocating files. **Braz. Oral Res.**, v. 30, 2016, *in press*.

KUÇUKYILMAZ E.; SAVAS S.; SAYGILI G.; UYSAL B. Assessment of apically extruded debris and irrigant produced by different nickel-titanium instrument systems. **Braz. Oral Res.** v. 29, n. 1, p. 1-6. 2015.

LIMA, G. A. C.; AGUIAR, C. M.; CÂMARA, A. C.; ALVES, L. C.; SANTOS, F. A. B.; NASCIMENTO, A. E. Comparison of smear layer removal using the Nd: YAG Laser, Ultrasound, ProTaper Universal System, and CanalBrush methods: an in vitro study. **J. Endod.**, v. 41, n. 3, p. 400-404, 2015.

LIU, W.; WU, B.; Root canal surface strain and canal center transportation induced by 3 different nickel-titanium rotary instrument systems. **J. Endod.**, v. 42, n. 2, p. 299-303. 2016.

MAHRAN, A. H.; ABOEL-FOTOUH, M. M. Comparison of effects of Protaper, HeroShaper and Gates Glidden Burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography. **J. Endod.**, v. 34, n. 10, p. 1219-1222, 2008.

MARTIN, H.; CUNNINGHAM, W. T. The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, v. 53, n. 6, p. 611-613, 1982.

OLIVEIRA, C. A. P.; MEURER, M. I.; PASCOALATO, C.; SILVA, S. R. C. Cone-beam computed tomography analysis of the apical third of curved roots after mechanical

preparation with different automated systems. **Braz. Dent. J.**, v. 20, n. 5, p. 376-381, 2009.

PASQUALINI, D.; BIANCHI, C. C.; PAOLINO, D. S.; MANCINI, L.; CEMENASCO, A.; CANTATORE, G.; CASTELLUCCI, A.; BERUTTI, E. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary Path File in maxillary first molars curved canals. **J. Endod.**, v. 38, n. 3, p. 389-393, 2012.

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. 1706-10. 2015.

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.; AL-JADAA, A.; KFIR, A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. **Int. Endod. J.**, v. 45, n. 5, p. 413-418, 2012.

PASTERNAK-JÚNIOR B.; SOUSA-NETO M. D.; SILVA R. G. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. **Int. Endod. J.**, v. 42, n. 6, p. 499-506, 2009.

PATIÑO, P. V.; BIEDMA, B. M.; LIÉBANA, C. R.; CANTATORE, G.; BAHILLO, J. G. The influence of a manual glidepath on the separation rate of NiTi rotary instruments. **J. Endod.**, v. 31, n. 2, p. 114-116, 2005.

PÉCORA, J. D.; CAPELLI, A.; GUERISOLI, D. M.; SPANÓ, J. C.; ESTRELA, C. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. **Int. Endod. J.**, v. 38, n. 7, p. 430-435, 2005.

PEDULLÀ, E.; PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; 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. 2227-33, 2016.

PLOTINO, G.; AHMED, H. M.; GRANDE, N. M.; COHEN, S.; BUKIET, F. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review-Part II: Properties and Effectiveness. **J. Endod.**, v. 41, n. 12, p. 1939-1950, 2015.

RODRIGUES, E.; DE-DEUS, G.; SOUZA, E.; SILVA, E. J. Safe Mechanical Preparation with Reciprocation Movement without Glide Path Creation: Result from a Pool of 673 Root Canals. **Braz. Dent. J.**, v. 27, n. 1, 22-7. 2016.

ROY, R. A.; AHMAD, M.; CRUM, L. A. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. **Int. Endod. J.**, v. 27, n. 4, p. 197-207, 1994.

SCELZA, P.; HARRY, D.; SILVA, L. E.; BARBOSA, I. B.; SCELZA, M. Z. A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. **Braz. Oral Res.** v. 29, n. 1, p. 1-7. 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.



SCHÄFER, E.; ERLER, M.; DAMMASCHKE, T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary MTwo instruments. Part. 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod. J.**, v. 39, n. 3, p. 203-212, 2006.

SCHÄFER, E.; VLASSIS, M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod. J.**, v. 37, n. 4, p. 239-248, 2004.

SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. **Dent. Clin.**, v. 18, n. 2, p. 269-296, 1974.

SHEN, Y.; ZHOU, H. M.; ZHENG, Y. F.; PENG, B.; HAAPASALO, M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **J. Endod.**, v. 39, n. 2, p. 163-172, 2013.

TOPÇUOĞLU, H. S.; DÜZGÜN, S.; AKPEK, F.; TOPÇUOĞLU, G.; AKTI, A. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during canal preparation using single-file systems in curved canals. **Int. Endod. J.**, v. 49, n. 6, p. 599-603, 2016.

VAN DER SLUIS, L. W.; VERSLUIS, M.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. **Int. Endod. J.**, v. 40, n. 6, p. 415-426, 2007.

VAN DER SLUIS, L. W.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. **Int. Endod. J.**, v. 38, n. 9, p. 593-596, 2005.

VANNI, J. R.; SANTOS, R.; LIMONGI, O.; GUERISOLI, D. M.; CAPELLI, A.; PÉCOR, J. D. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary molars: SEM analysis. **Braz. Dent. J.**, v. 16, n. 3, p.181-186, 2005.

VAUDT, J.; BITTER, K.; NEUMANN, K.; KIELBASSA, A. M. Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel-titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. **Int. Endod. J.**, v. 42, n. 1, p. 22-33, 2009.

VERSIANI, M. A.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; KELES, A.; ALCIN, H.; BRAMANTE, C. M.; PÉCOR, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Middle mesial canals in mandibular first molars: A micro-CT study in different populations. **Arch. Oral Biol.**, v. 61, n. 1, p. 130-7. 2016.

VERSIANI, M. A.; PASCON, E. A.; DE SOUZA, C. J.; BORGES M. A.; SOUSA-NETO, M. D. Influence of shaft desing on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, v. 105, n. 6, p. 807-813, 2008.

VERSIANI, M. A.; PÉCOR, J. D.; 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.

WELLER, R. N.; BRADY, J. M.; BERNIER, W. E. Efficacy of ultrasonic cleaning. **J Endod.**, v. 6, n. 9, p. 740-743, 1980.

WOL, T. G.; PAQUÉ, F.; ZELLER, M.; WILLERSHAUSEN, B.; BRISENO MARROQUIN, B. Root Canal Morphology and Configuration of 118 Mandibular First Molars by Means of Micro-Computed Tomography: An Ex Vivo Study. **J. Endod.**, v. 42, n. 4, p. 610-4. 2016.

ZEHNDER, M. Root canal irrigants. **J. Endod.**, v. 32, n., p. 389-398, 2006.

YANG, G.; YUAN, G.; YUN, X.; ZHOU, X.; LIU, B.; WU, H. Effects of two nickel- titanium instrument systems, Mtwo versus ProTaper universal, on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. **J. Endod.**, v. 37, n. 10, p. 1412- 1416, 2011.

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

YE, J.; GAO, Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. **J. Endod.**, v. 38, n. 1, p. 105-107, 2012.

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.