

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**Centro de Ciências da Saúde**

**Faculdade de Odontologia**

**Emily Feitosa Rêgo**

**TEMPO E RESULTADOS BIOMECÂNICOS DA  
INSTRUMENTAÇÃO ENDODÔNTICA ROTATÓRIA COMPARADA  
A MANUAL EM PROTÓTIPOS DE MOLARES DECIDUOS:  
ESTUDO *IN VITRO***

**Rio de Janeiro**

**2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**Centro de Ciências da Saúde**

**Faculdade de Odontologia**

**Emily Feitosa Rêgo**

**TEMPO E RESULTADOS BIOMECÂNICOS DA INSTRUMENTAÇÃO  
ENDODÔNTICA ROTATÓRIA COMPARADA A MANUAL EM PROTÓTIPOS  
DE MOLARES DECIDUOS: ESTUDO *IN VITRO***

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Odontologia (Área de Concentração: Odontopediatria) da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Odontopediatria).

**Orientadores:**

Prof.<sup>a</sup> Dra. Aline de Almeida Neves

Prof.<sup>a</sup> Adjunta da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da UFRJ

Prof.<sup>a</sup> Dra. Laura Salignac de Souza Guimarães Primo

Prof.<sup>a</sup> Titular da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da UFRJ

**Rio de Janeiro**

**2022**

## Ficha Catalográfica

Rêgo, Emily Feitosa.

Tempo e resultados biomecânicos da instrumentação endodôntica rotatória comparada a manual em protótipos de molares decíduos: estudo in vitro. / Emily Feitosa Rêgo. – Rio de Janeiro: UFRJ / Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, 2022.

132 f.: il.; 31 cm.

Orientadoras: Aline de Almeida Neves; Laura Salignac de Souza Guimarães Primo.

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, Programa de Pós-graduação em Odontologia, 2022.

Referências: f.125-129.

1. Odontólogos. 2. Dente Decíduo. 3. Endodontia- instrumentação. 4. Fenômenos Biomecânicos. 5. Guia. 6. Odontopediatria – tese. I. Neves, Aline de Almeida. II. Primo, Laura Salignac de Souza Guimarães. III. UFRJ, CCS, Faculdade de Odontologia, Programa de Pós-graduação em Odontologia. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada por Andreia de Oliveira Paim CRB - 7 /5183

## FOLHA DE APROVAÇÃO

REGO, EMILY FEITOSA

**“TEMPO E RESULTADOS BIOMECÂNICOS DA INSTRUMENTAÇÃO  
ENDODÔNTICA ROTATÓRIA COMPARADA A MANUAL EM PROTÓTIPOS DE  
MOLARES DECÍDUOS: ESTUDO *IN VITRO*”**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Odontologia (Odontopediatria).

Rio de Janeiro, 04 de outubro de 2022.



---

Prof. Dr. MARCOS FABIO DOS SANTOS

DOUTOR - Prof. Adjunto do Departamento de Prótese Dentária da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – FO/UFRJ



---

Profa. Dra. ANDRÉA VAZ BRAGA PINTOR

DOUTOR - Docente Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia  
da Universidade Federal do Rio de Janeiro – FO/UFRJ



---

Prof. Dra. SABRINA CASTRO BRASIL

DOUTOR - Prof. do Departamento de Clínica Odontológica da  
Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Maria Divanize de Santana Feitosa** e **Paulo de Araújo Rêgo** por todas as abdições para nos proporcionar o melhor possível e por apoiar todas as minhas decisões, mesmo que difíceis. Eu sou muito grata por todo amor, incentivo e confiança a mim cedido.

A minha irmã, **Klivia Feitosa Rêgo**, por ser um dos meus primeiros maiores exemplos de perseverança e garra para alcançar meus sonhos. Você é e sempre será a pessoa que partilhará junto comigo as minhas menores e maiores conquistas.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** e à **Virgem Maria** por me proteger, guiar e permitir que eu trilhasse essa trajetória com o coração tranquilo e com muita saúde para seguir, em meio aos obstáculos.

À minha mãe **Divanize Feitosa**, que é minha maior incentivadora e a que mais me inspira. Mulher forte, batalhadora, que fez sua própria história e hoje, pode me proporcionar o melhor que eu poderia ter. Mulher que não mede e nunca mediu esforços para me ver conquistando meus objetivos e sonhos de vida e eu serei eternamente grata por tudo. Ao meu pai **Paulo Rêgo**, que me ensinou e mostrou, assim como Mainha, os valores básicos da vida. Com você Painho, eu aprendi que amar é cuidar, aprendi a ser gentil e carinhosa com as pessoas que cruzam a minha vida. À minha irmã e confidente **Klivia Rêgo**, que eu agradeço todos os dias por ter você na minha vida. Agradeço por todas as conversas sinceras, apoio e incentivo que você vem me dando até hoje. Eu amo muito vocês!

Aos meus tios **Zé Carlos** e **Monica** e, às minhas primas **Aninha** e **Mari**, por terem me acolhido nos primeiros meses aqui no RJ e por terem me proporcionado o aconchego, amor e carinho durante esse tempo longe dos meus pais e irmã. Vocês também foram essenciais para que chegasse até aqui.

Às minhas amigas **Alice Costa** e **Mariana Pires**, agradeço imensamente por ter tido a oportunidade de conhecê-las e por todos os momentos juntos de companheirismo e fortaleza. Sou extremamente grata por todo carinho e amizade nos períodos mais difíceis, tanto no virtual, como no presencial. Obrigada por me acolherem como família, por me ensinarem tanto na vida pessoal e profissional e por cada memória construída dos momentos que passamos juntas. Sei que vamos nos afastar por um tempo, mas saibam que vocês não se livrarão de mim tão fácil porque eu não largo mais! Eu sempre estarei aqui para vocês!

À minha orientadora, professora **Aline de Almeida Neves** por todo aprendizado durante os seminários, na clínica e no desenvolvimento dessa dissertação. Admiro a sua trajetória e a maneira que a senhora brilhantemente leciona. À minha orientadora, professora **Laura Guimarães Primo** por todos os ensinamentos e por me escolher para fazer parte de um grupo de pesquisa em endodontia impulsionador e incentivador como o GEDOPED. As senhoras são referências de pesquisadoras para mim. Agradeço a oportunidade de trabalhar e conviver com mulheres de tamanha sabedoria e humildade.

À **Dra. Renata Perez**, por toda paciência e disponibilidade para o desenvolvimento desses estudos. A minha admiração a forma com que você me ensinou as etapas do segundo estudo e a sensibilidade que teve ao tirar minhas dúvidas e esclarecer alguns conceitos. Agradeço também por todos os finais de semana que você precisou abdicar para acelerar o processo de conclusão dessa dissertação.

A todos os professores do departamento de Odontopediatria da UFRJ. Em especial à professora **Lucianne Cople Maia**, por me proporcionar aprendizado e formação durante as supervisões de APO, pelos ensinamentos na clínica do CVMT e por todo incentivo à docência. À professora **Andrea Gonçalves**, pela oportunidade de participar da na clínica enriquecedora de bebês. À professora Dr. **Ivete Pomarico** por todo aprendizado durante os seminários e referência brilhante de liderando do programa. À professora **Glória Castro**, pela oportunidade de vivenciar umas das melhores experiências que foi o Projeto Semear sorrisos em Santarém-Pará.

Aos professores da **Banca Avaliadora**, que prontamente aceitaram participar deste momento. Será uma honra e um prazer tê-los conosco e suas contribuições são bem-vindas.

Ao meu M1, **André Losso, Beatriz Miguel, Mayara Motta, Maria Luiza Costabeber, Sarah Martins, Vivian Marques**, por todo crescimento juntos, amizade e descontração nos momentos dentro e fora do Fundão. Apesar de diferentes, cada

um de vocês tem um lugar especial no meu coração e nas minhas lembranças. Em especial a minha **dupla Sarinhah**, por ser essa mulher admirável, guerreira, resiliente e ao mesmo tempo alegre. Você vai longe dupla, e eu estarei torcendo e vibrando por você.

Às manas, **Mariana Sancas, Maria Luiza Costabeber, Maysa Lannes, Michelle Jenné, Natália Bedran e Fernanda Mafei** do grupo da endo, pela amizade, troca, parceria e contribuição dadas no decorrer da evolução dos estudos desenvolvidos. Obrigada por sempre estarem disponíveis a me ajudar e me acolher nos momentos que precisei.

A **todos os meus amigos** em especial a **Renata Lamenha**, por sempre me escutar e dividir as felicidades e frustrações do meio acadêmico e da vida pessoal por meio de áudios terapêuticos de mais de 5 minutos no WhatsApp. Amiga, você é uma inspiração para mim e tenho muito orgulho de tudo que você construiu até agora e estarei aqui para sempre aplaudir suas conquistas. A **Cla, Mari, Clari, Bru, Neri e Lu** por não desistirem de mim em meio a tanta ausência e por validarem as minhas angústias mesmo que bobas diante das questões pessoais de cada um. Vocês foram essenciais nesse processo, amo vocês e meus sobrinhos! Ao **Enzzo** por ser meu amigo e companheiro durante a minha trajetória aqui no Rio de Janeiro.

Aos amigos que o Fundão me deu **Rafael Reis e Lucas Jural**, por todo aprendizado, ajuda e momentos de descontração e leveza que a mim foram proporcionados dentro e fora do Fundão.

As alunas de Doutorado **Camila, Gabi, Lari e Karlinha**, por me acolherem com carinho e se mostrarem solícitas a me ajudar com o que era desconhecido por mim no Fundão, por cada ensinamento passado por vocês quando supervisoras.

Aos **alunos de Iniciação científica**, em especial a **Maíty Avelino e Juliana Correia** pela colaboração para o desenvolvimento destes estudos.



À **Aline Saddock** pela colaboração no desenvolvimento do estudo 2, realizando os escaneamentos necessários com simpatia e se mostrando solícita caso houvesse necessidade de refazê-los.

À **Andrea, Bebel, Kátia, Mere, Rose, João, Robson** e demais funcionários por toda parceria e carinho com os alunos, pacientes e responsáveis.

Aos **pacientes** e seus **responsáveis**, pelo meu crescimento profissional e o motivo pelo qual os estudos foram desenvolvidos. Nunca esquecerei todo o carinho que recebi ao exercer a Odontopediatria UFRJ. Aos **alunos de graduação** que tive o prazer de lecionar e aprender.

À **CAPES** que me concedeu uma bolsa de estudos durante o meu mestrado, tornando possível o desenvolvimento desta dissertação.

## RESUMO

**RÊGO, Emily Feitosa. Tempo e resultados biomecânicos da instrumentação endodôntica rotatória comparada a manual em protótipos de molares decíduos: estudo *in vitro*.** Rio de Janeiro, 2022. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração: Odontopediatria) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Objetivou-se elaborar um *e-book* aos cirurgiões-dentistas sobre as opções de sistema de instrumentação endodôntica para dentes decíduos e comparar os resultados biomecânicos de diferentes sistemas e seu tempo de preparo em protótipos de dentes decíduos por meio de uma análise em micro-CT. Para isso, foram realizados dois estudos. No primeiro, realizou-se uma busca bibliográfica em seis bases de dados por estudos laboratoriais e clínicos sobre protocolos de pulpectomia utilizando pelo menos uma técnica de instrumentação. Dados a respeito das características, cinemática, benefícios e orientações à cerca da utilização de acordo com as instruções dos fabricantes foram extraídos para elaboração do conteúdo teórico e diagramação do *layout* do *e-book*, confeccionado no programa Canva. Após finalizado, o mesmo foi avaliado por três pós-graduandos da Disciplina de Odontopediatria da FOUFRJ e as sugestões foram incorporadas. Elaborou-se o material intitulado “Guia ilustrado de instrumentação endodôntica para dentes decíduos” contendo 43 páginas, abordando 13 sistemas de instrumentação, com sequências ilustradas de protocolos para utilização. Para o segundo estudo foram utilizados 60 protótipos padronizados de segundos molares decíduos inferiores confeccionados em polímero transparente para avaliar os resultados biomecânicos da instrumentação com diferentes sistemas de limas. Foram utilizados os sistemas manual k-file e mecanizados ProTaper Next<sup>®</sup> (PTN), XP- Endo<sup>®</sup> Shaper (XPS), XP- Endo<sup>®</sup> Finisher (XPF), XP-Clean (XPC) e Sequence Baby file (SBF) (n= 10/cada). A instrumentação foi realizada por um único operador treinado e o tempo de utilização de cada sistema foi cronometrado. Realizou-se a irrigação com um total de 16mL de soro fisiológico à 0,9% para cada canal instrumentado, associada a aspiração simultânea. Os protótipos foram escaneados antes e após da instrumentação através do micro-CT. A reconstrução foi padronizada os conjuntos de imagens iniciais e instrumentados foram registrados entre si. Alterações no volume do canal radicular, área não instrumentada, debris acumulados, volume de dentina removido e transporte do canal foram quantificados. Os dados foram tabulados no programa JAMOVl versão 1.6 e analisados através do teste Shapiro-Wilk para verificar a distribuição dos dados. Para distribuição normal foram realizados testes paramétricos e para aqueles que não seguiram a normalidade, testes não paramétricos foram utilizados, todos com um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). A instrumentação com sistemas mecanizados resultou em menos tempo de instrumentação ( $p < 0,001$ ) do que com a k-file. A porcentagem de áreas não instrumentadas foi semelhante para todos os sistemas. O acúmulo de debris foi maior para K-file e XPS ao longo de todo o canal ( $p < 0,05$ ). Todos os grupos apresentaram aumento do volume do canal radicular após a instrumentação ( $p = 0,003$ ) com valores mais elevados na lima K-file ( $p < 0,05$ ). A análise 3D revelou maior transporte da lima K-file. SBF e K-file apresentaram, respectivamente, o menor ( $0,01 \pm 0,01$  e  $0,03 \pm 0,04$ )

e o maior ( $0,04 \pm 0,05$  e  $0,32 \pm 0,94$ ) valor de transporte do canal nos protótipos. Diante das metodologias utilizadas, conclui-se que um material relevante e prático ficará disponível nas plataformas digitais da Disciplina de Odontopediatria da UFRJ, para livre acesso e ampla divulgação aos cirurgiões-dentistas. Além disso, com relação aos resultados de instrumentação mecânica, o SBF e o XPC resultaram em uma abordagem mais conservadora. A instrumentação mecânica pode levar à algum grau de transporte do canal e deixar partes das paredes do canal infectadas sem preparo mecânico.

**Palavras-Chave:** dente decíduo, pulpectomia, instrumentação endodôntica, microtomografia por Raio-X, guia.

## ABSTRACT

**RÉGO, Emily Feitosa. Tempo e resultados biomecânicos da instrumentação endodôntica rotatória comparada a manual em protótipos de molares decíduos: estudo *in vitro*.** Rio de Janeiro, 2022. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de concentração: Odontopediatria) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The objective was to elaborate an e-book to dentists about the options of endodontic instrumentation system for primary teeth and to compare the biomechanical outcomes of the different systems and their instrumentation time in prototypes of primary teeth through micro-CT analysis. To this end, two studies were carried out. In developing the first, a bibliographic search was carried out in six databases. Laboratory and clinical studies with a pulpectomy protocol using at least one instrumentation technique were included. Data about features, kinematics, benefits, and guidelines on use according to the manufacturer's instructions were extracted to prepare the theoretical content and layout diagramming of the e-book using Canva software. Afterwards, it was evaluated by 3 postgraduate students of the Pediatric Dentistry Discipline-FOUFRJ and the suggestions for changes were incorporated. The product entitled 'Guia ilustrado de instrumentação endodôntica para dentes decíduos' contains 43 pages covering 13 instrumentation systems and illustrated sequence of protocols use for each. The second consists of 60 standardized prototype teeth of mandibular second primary molars made with transparent polymer to evaluate the outcomes of biomechanical instrumentation of different systems. Manual k-file, ProTaper Next<sup>®</sup> (PTN), XP-Endo<sup>®</sup> Shaper (XPS), XP-Endo<sup>®</sup> Finisher (XPF), XP – Clean (XPC) and Sequence Baby file (SBF) (n= 10/each) were used. The specimen instrumentation was performed by a single trained and the time spend was recorded. Irrigation was performed with a total of 16mL of 0.9% saline solution for each instrumented canal and simultaneous aspiration. The prototypes were scanned before and after the instrumentation using micro-CT. In addition, the reconstruction was standardized and initial and instrumented image sets were registered with each other. Next, changes in root canal volume, non-instrumented areas, accumulated debris, removed dentin volume and canal transportation were quantified. Data were tabulated in the JAMOV program version 1.6 and analyzed using the Shapiro-Wilk test to verify the data distribution. For normal distribution, parametric tests were performed and that did not follow normality, non-normal tests were used, all with a significance level of 5% ( $p < 0.05$ ). Instrumentation with rotary files resulted in less time-consuming ( $p < 0.001$ ) than manual k-file. The percentage of non-instrument areas were similar for all systems. Accumulated debris was higher for K-file and XPS along the entire canal. All groups showed an increase in root canal volume after instrumentation ( $p = 0.003$ ) with higher values in K-file ( $p < 0.05$ ). 3D analysis revealed greater transportation in K-file. SBF and K-file showed, respectively, the lowest ( $0.01 \pm 0.01$  and  $0.03 \pm 0.04$ ) and highest ( $0.04 \pm 0.05$  and  $0.32 \pm 0.94$ ) canal transportation value in the prototypes. Given the methodology applied, it was concluded that: the didactic material will be available on the digital platforms of Pediatric Dentistry at UFRJ for free access and widespread. From the overall mechanical instrumentation outcomes, the SBF and XPC resulted in a more

conservative approach. Mechanical instrumentation may lead to some degree of canal transportation and leave portions of infected canal walls without mechanical preparation.

**Keywords:** Tooth, Deciduous. Pulpectomy. Endodontics instrumentation. X-Ray Microtomography. Guideline.

## LISTA DE FIGURAS

### Metodologia

**Figura 1:** A) Vista lingual do protótipo de segundo molar decíduo inferior. B) Vista oclusal do protótipo Figura 1 logo após o acesso e forma de conveniência e determinação do comprimento com lima K-file #10. C) Lima K-file ultrapassando forame apical do protótipo. .... 30

**Figura 2.** A) Limas manuais do tipo Kerr de 1ª série #25-35. B) Sistema Protaper Next® na sequência: X1, X2 e X3 (da esquerda para direita). C) Sistema XP-endo® Shaper. D) Sistema XP-endo® Finisher. E) Sistema XP Clean. F) Sistema Sequence Baby File na sequência: #17.08, #20.04, #25.04 e #30.04 (da esquerda para direita). G) Motor X-Smart™ Plus. .... 32

**Figura 3.** A) acesso e forma de conveniência. B) Determinação do comprimento de patência com lima kerr #15. C) Criação do *glide path* com lima kerr #20. d) Instrumentação com sistema PTN X1. e) Instrumentação com sistema PTN X2. F) Instrumentação com sistema PTN X3. G) Checagem com cone 30/.07. h) Irrigação final e aspiração. .... 33

**Figura 4.** A) Vista lateral e B) frontal do microtomógrafo *SyScan* modelo 1173 conectado ao computador da marca Dell utilizado para realizar os escaneamentos antes e depois da instrumentação do espécime. .... 34

**Figura 5.** Após reconstrução (a), foi feito o registro (b) dos *stacks* do espécime hígido exatamente na mesma posição dos *stacks* do espécime instrumentado garantindo posicionamento nas mesmas coordenadas espaciais através do programa 3D *Slicer*. .... 35

**Figura 6.** Análise das imagens realizada no Programa FIJI com 106 comando implementados para condução de forma padronizada da avaliação do volume de dentina removido, acúmulo de debris e áreas não tocadas. .... 36

<b>Figura 7.</b> A) Dentina radicular inicial após preenchimento automaticamente dos canais radiculares. B) Segmentação original inicial da dentina do canal radicular. C) Resultado da subtração e obtenção do volume inicial do canal radicular. ....	36
<b>Figura 8.</b> A) seleção da região de interesse em vermelho (ROI). B) ROI preenchido digitalmente. C) Obtenção da imagem real do canal após subtração. D) Arquivos salvos em resultados de análises 2D e obtenção dos dados quantitativos em formato Txt iniciados na linha "File name" .....	39
<b>Figura 9.</b> Substituições feitas para abrir o arquivo no programa Excel. ....	40
<b>Figura 10.</b> Caixas de diálogo do Excel.....	40
<b>Figura 11.</b> Representação esquemática do posicionamento dos protótipos do estudo, com relação aos eixos cartesianos do micro-CT .....	41
<b>Figura 12.</b> Dados do arquivo Txt abertos em forma de planilha no programa Excel. Seguido de exclusão de todas as colunas, exceto: <i>Z position</i> , <i>Centroid (x)</i> e <i>Centroid (y)</i> . ....	42
<b>Figura 13.</b> Dados como <i>Z position</i> , <i>Centroid (x)</i> e <i>Centroid (y)</i> de cada canal, raiz e espécimes foram colados na nova planilha. ....	42
<b>Figura 14.</b> Representação das distâncias mais curtas das margens mesial e distal antes e após a instrumentação e o valor mensurado através do programa CTAn. ...	43

## Artigo

<b>Figure 1.</b> A) Stack of Initial root canal volume after digital filling subtracted from the initial segmented root canal volume (B) to obtain the sound canal volume (C).....	117
<b>Figure 2.</b> A) Selection of the region of interest (red); B) Imagen duplication with digital filling of the root canal volume; C) Real image of root canal obtained.....	117
<b>Figure 3.</b> a) Cartesian axes illustrated in the micro-CT image considered for mesial root canal transportation. Illustration of the distance measurement of dentinal canal	

walls, b) Sound root canal volume ( $m^1$  and  $d^1$ ) and c) Instrumented root canal volume ( $m^2$  and  $d^2$ ).....118

**Figure 4.** Bar plot representation of the mean instrumentation time of each system..  
.....118

**Figure 5.** Representative boxplot from Kruskal-Wallis test with quantitative results of the mechanical instrumentation outcomes according to the different instrumentation systems.....119

**Figure 6.** Three-dimensional volumetric renderings of instrumentation outcomes from a representative specimen from each experimental group.....120

**Figure 7.** 3D volumetric rendering of superimposed specimen to express the canal transportation of a representative specimen from k-file group, where green color indicates preoperative specimens and red color postoperative specimens.....121



## LISTA DE TABELAS

### Artigo

<b>Tabela 1.</b> Mean ( $\pm$ sd) instrumentation time among the groups. ....	115
<b>Tabela 2.</b> Mean ( $\pm$ sd) sound and instrumented root canal volume among the groups. .....	115
<b>Tabela 3.</b> Number of MB and ML canals, with canal transportation to mesial or distal, according to the system after root canal instrumentation.....	116
<b>Tabela 4.</b> Number of MB and ML canals, with canal transportation to buccal or lingual according to the system after root canal instrumentation.....	116
<b>Tabela 5.</b> Mean ( $\pm$ sd) canal transportation (mm) of the mesio-buccal and mesio-lingual root canals after mechanical instrumentation.....	117

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
BT	<i>Booster Tip</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro
CR	Canal radicular
CT	Comprimento de Trabalho
E-book	Livro Eletrônico / <i>Electronic book</i>
e-mail	<i>Electronic mail</i>
EUA	Estados Unidos da América
FIJI	<i>Fiji is Just ImageJ</i>
FO	Faculdade de Odontologia
GEDOPED	Grupo de Pesquisa de Endodontia em Odontopediatria, da Universidade Federal do Rio de Janeiro
ISBN	<i>International Standard Book Number</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
kV	Quilovolts / <i>Kilovolts</i>
K-file	Limas do tipo Kerr / <i>Kerr files</i>
LIN	Laboratório de Instrumentação Nuclear
mA	Miliampère / <i>Miliampere</i>
MD	Mésio-distal / <i>Mesiodistal</i>
MD	<i>Maryland</i>
min	Minutos / <i>Minutes</i>
Micro-CT	Microtomografia Computadorizada / <i>Micro-computed Tomography</i>

ML	Mésio-lingual / <i>Mesiolingual</i>
mL	Mililitro / <i>Mililiter</i>
mm	Milímetros / <i>Milimeters</i>
mm <sup>3</sup>	Milímetro cúbico
MV / MB	Mésio-vestibular / <i>Mesiobuccal</i>
NiTi	Níquel Titânio / <i>Nickel Titanium</i>
PTN	ProTaper Next <sup>®</sup>
rpm	Rotações por minuto / <i>Revolutions per minute</i>
ROI	<i>Region of Interest</i>
SBF	<i>Sequence Baby File</i>
SCRs	Sistema de canal radicular / Sistema de canais radiculares
SD	<i>Standard Deviation</i>
SP	São Paulo
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USA	<i>United States of America</i>
VL / BL	Vestíbulo-lingual / <i>Buccal-lingual</i>
XPC	XP Clean
XPF	XP- Endo <sup>®</sup> Finisher
XPS	XP- Endo <sup>®</sup> Shaper
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
µm	Micrômetro / <i>Micrometers</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Por cento
#	Jogo da Velha / <i>Hashtag</i>
o	Grau
$\alpha$	Alfa / <i>Alpha</i>
®	Marca registrada
™	Trade Mark / Marca comercial
±	Mais ou menos
<	Menor que
=	Igual
-	Menos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>26</b>
<b>3 DELINEAMENTO DA PESQUISA</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1 Estudo 1</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1.2 Desenvolvimento</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2 Estudo 2</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.1 Desenho do estudo</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.2 Local do estudo</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.3 Amostra</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.4 Seleção e Preparo da Amostra</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.5 Sistemas de Instrumentação</b> .....	<b>30</b>
• Lima manual do tipo Kerr .....	<b>31</b>
• Sistema ProTaper Next® .....	<b>31</b>
• Sistema XP- endo® Shaper .....	<b>31</b>
• Sistema XP- endo® Finisher .....	<b>32</b>
• Sistema Sequence Baby File .....	<b>32</b>
<b>3.8 Avaliação em Micro-CT</b> .....	<b>34</b>
<b>3.9 Análises Estatísticas</b> .....	<b>44</b>
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1 Produto técnico: Guia ilustrativo para instrumentação endodôntica em dentes     decíduos</b> .....	<b>45</b>
<b>4.2 Artigo: Instrumentation time and effectiveness of hand and rotary files in a     prototyped second mandibular primary molar: A micro-CT study</b> .....	<b>45</b>
<b>Artigo a ser enviado para publicação em periódico científico</b> .....	<b>45</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>122</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>124</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>125</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>130</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A terapia pulpar em dentes decíduos tem como principal objetivo manter a funcionalidade e a integridade dos dentes e seus tecidos de suporte, sem a presença de sinais e sintomas de comprometimento pulpar, até a etapa de esfoliação natural (AAPD, 2021). O preparo biomecânico adequado do sistema de canais radiculares (SCRs) é essencial para obter o sucesso do tratamento endodôntico. Para ser alcançado é necessário manter o canal limpo, livre de microrganismos e tecidos remanescentes. Isso pode ser conseguido com a associação das soluções irrigadoras, instrumentos e as técnicas de instrumentação para obter a desinfecção e modelagem do SCR ideal (KAYA *et.al*, 2017; PANCHAL *et.al*, 2019; BARASUOL *et al*, 2020).

No entanto, a principal limitação da instrumentação é justamente a dificuldade de se obter um sistema que consiga realizar o preparo químico-mecânico ideal (HIDALGO *et al.*, 2017). Isso se deve à complexidade morfológica dos SCRs de dentes decíduos, com as suas curvaturas acentuadas, dentina radicular mais macia, anastomoses e canais acessórios (AHMED *et al.*, 2013) que se não instrumentados adequadamente, podem resultar em reinfecções e insucesso da terapia. Dessa forma, torna-se importante conhecer a morfologia do grupo de dentes a serem tratados a fim de escolher, entre as variadas conformações geométricas do sistema de limas, aquele que melhor se adapte no SCR (HIDALGO *et al.*, 2017).

Na clínica Odontopediátrica, as limas manuais têm sido amplamente utilizadas para o tratamento endodôntico em dentes decíduos. Esse sistema é fabricado com uma liga de aço inoxidável porém, apresenta limitações no preparo de canais atrésicos, ovais e curvos. As limas possuem uma relativa rigidez, o que pode levar a formação de degraus e maior possibilidade de perfurações laterais e transporte apical (HIDALGO *et.al*, 2017), podendo comprometer o prognóstico do tratamento.

Com o intuito de promover maior flexibilidade elástica e resistência à fadiga cíclica, foram fabricados e testados protótipos de limas manuais fabricadas em ligas de Ni-Ti. Algum tempo depois, surgiram os instrumentos rotatórios contínuos de Ni-Ti,

reduzindo o tempo de trabalho, como a fadiga do operador e o risco de acidentes operatórios na denteção permanente (VERSIANI, 2012). No ano 2000, foi realizada a primeira avaliação de sistemas rotatórios fabricados com a liga Ni-Ti em dentes decíduos e concluíram que o sistema ProFile 0.04 ISO (Dentsply Tulsa, Tulsa, OK, EUA) era mais rápido e produzia um canal mais facilmente negociável quando comparado com as limas manuais (BARR *et al.*, 2000).

O advento da liga Ni-Ti, proporcionou o desenvolvimento de instrumentos variados. Dentre eles, o sistema ProTaper Next (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Switzerland), que é fabricado com a tecnologia da liga *M-Wire*. Esse instrumento apresenta secção transversal retangular excêntrica e de conicidade variável. O seu *design* descentralizado fornece um “efeito ondulatório”, que faz com que apenas duas arestas de corte toquem a parede do canal durante o avanço do instrumento para a região apical, proporcionando um movimento rotatório excêntrico (GAVINI *et al.*, 2018), o que melhora a capacidade de centralização (ÖZTÜRK *et al.*, 2020).

Com o intuito de remover a camada mais interna da dentina e facilitar a desorganização mecânica do biofilme, mas preservando a forma original do SCR, o sistema XP-Endo<sup>®</sup> Shaper (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suíça) apareceu no mercado no final de 2016, fabricado com a liga *MaxWire<sup>®</sup>* (Brasseler, Savannah, GA) (AZIM *et al.*, 2017). Ele consiste em um sistema de instrumentação rotatória excêntrica, fabricado para tratar o canal de forma tridimensional e reagindo de maneira diferente às variações de temperatura. Essa é uma lima de uso único e secção triangular com ponta *Booster Tip* (BT). Esta ponta possui seis arestas afiadas e de diâmetro reduzido, o que facilita a progressão do instrumento para a região apical do canal radicular, mantendo sua curvatura original (GAVINI *et al.*, 2018). Segundo o fabricante, essa lima de Ni-Ti (ISO 30) consegue se expandir, de uma conicidade inicial de 01 para pelo menos uma conicidade de 04 no interior dos canais radiculares, possibilitando melhor ajuste na anatomia do (ÖZTÜRK *et al.*, 2020; FKG Dentaire SA<sup>©</sup>, 2018).

Depois de alguns estudos, percebeu-se que após a instrumentação do SCR, ainda era possível observar partes não tocadas no canal e que não apresentavam remoção de dentina uniforme devido à dificuldade de abordar completamente a estrutura tridimensional do SCR. Com o biofilme ainda aderido nas paredes do canal, o risco de insucesso ainda persiste. Como tentativa de solucionar essa problemática, foram fabricadas as limas finalizadoras, para aprimorar a limpeza do SCR após instrumentação (VAZ-GARCIA *et al.*, 2018). O sistema XP-Endo<sup>®</sup> Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) é um deles: uma lima de Ni-Ti fabricada com a liga *MaxWire* (*Martensite-Austenite* Electropolish Flex, FKG Dentaire), que apresenta diferentes formas de acordo com as variações de temperatura. Na fase martensítica, em temperatura ambiente, elas se mantem reta. Na fase austenítica, em temperatura corporal (35° C) no interior do canal, a lima apresenta-se em forma de colher (1,5mm) nos 10 mm finais do seu comprimento total. Esse instrumento apresenta dimensão de núcleo reduzido (ISO 25 de diâmetro) e nenhuma conicidade (25/0.0). Segundo o fabricante, o sistema proporciona limpeza ideal, preservando a dentina e a forma original do canal radicular (DE-DEUS *et.al*, 2019; FKG Dentaire SA©, 2018).

No mercado nacional, é possível encontrar a lima finalizadora XP Clean (MK Life, Porto Alegre, Brasil) que apresenta uma proposta parecida com o instrumento citado anteriormente. Esse é um instrumento transversal triangular com o diâmetro ISO 25 e conicidade 0.02 (VAZ-GARCIA *et al.*, 2018). O fabricante propõe dois mecanismos de ação: pela agitação do líquido irrigante, aumentando o poder de limpeza e pelo contato mecânico nas paredes internas dos canais, que eventualmente aumenta a remoção de microrganismos por conseguir tocar nas partes que não foram atingidas pela instrumentação usual. Seguindo a filosofia de mínima intervenção e a preservação da estrutura do dente decíduo, foi sugerido que limas finalizadoras poderiam ser utilizadas para a desinfecção e modelagem do SCR (MORAES *et al.*, 2021). Com o propósito de remover o tecido necrótico do interior do canal, elas poderiam potencializar a ação da solução irrigadora e melhorar a penetração das pastas nos túbulos dentinários.



Os dentes decíduos geralmente são instrumentados com limas fabricadas originalmente para dentes permanentes, devido à ausência de instrumentos específicos para estes elementos (ESENTURK *et al.*, 2019). Recentemente, no mercado nacional, foram introduzidas limas específicas para a instrumentação de dentes decíduos, conhecidas como o sistema Sequence Baby File (MK Life, Porto Alegre, Brasil). Segundo o fabricante, esse sistema é fabricado com a liga Ni-Ti, com um comprimento modificado, conicidade e tamanho da ponta convenientes para maior eficiência da pulpectomia em dentes decíduos (MK LIFE, 2020).

Mesmo que seja possível encontrar na literatura estudos de avaliação comparativa entre sistemas, ainda não existem pesquisas que avaliem a performance de instrumentos finalizadores em molares decíduos, e que os compare com sistemas fabricados originalmente para dentes decíduos e permanentes. Dessa forma, torna-se relevante a realização de uma pesquisa comparando o tempo de instrumentação e o resultado biomecânico dos diferentes sistemas de instrumentação endodôntica em molares decíduos, para avaliar sua efetividade e potencial aplicabilidade clínica.

Um dos métodos que vem sendo utilizado para a análise do sistema de canais radiculares é a micro tomografia computadorizada (micro-CT), que possibilita a reconstrução de imagens tridimensionalmente (3D) e permitindo avaliar de forma precisa e não invasiva, a morfologia do SCR e o impacto da instrumentação mecânica (ESENTURK *et al.*, 2019; HIDALGO *et al.*, 2017). O micro-CT é um método não destrutivo que permite obter imagens padronizadas em alta resolução. Após a reconstrução, ela permite a análise geométrica da morfologia 3D dos canais radiculares e a comparação das imagens antes e depois da instrumentação relacionadas às alterações de diâmetro, capacidade de centralização (transporte do canal radicular) e possíveis iatrogenias dos sistemas em relação ao SCR (HIDALGO *et al.*, 2017; BARASUOL *et al.*, 2020).

Para avaliação da capacidade de centralização dos instrumentos no micro-CT o cálculo do centroide em cada canal radicular é indicado. O centroide é um ponto associado ao centro geométrico de um corpo (BEER *et al.*, 2012). No caso de o corpo

serem raízes dentárias, de natureza tridimensional, o canal radicular é a região geométrica sem material, considerado centroide de volume. A obtenção do resultado de transporte do canal é calculada a partir da comparação dos centros de gravidades das imagens antes e após da instrumentação. Dito isso, a partir do cálculo do centroide é possível averiguar a manutenção da centralidade anatômica dos instrumentos no interior do canal radicular e resultados que comprovem, ou não, o deslocamento do canal após a instrumentação mecânica (MARCELIANO-ALVES *et al.*, 2015, XAVIER *et al.*, 2020).

Além da importância do tratamento pulpar para a qualidade de vida da criança, este estudo visa informar aos cirurgiões-dentistas sobre as opções de sistemas de instrumentação e avaliar alguns sistemas de instrumentação endodôntica em um protótipo individualizado de segundo molar decíduo inferior. Será utilizado um método não destrutivo, que gera resultados precisos, com o intuito de determinar qual dos sistemas é mais efetivo na instrumentação do elemento e qual deles apresenta o menor tempo operatório.

## **2 PROPOSIÇÃO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Elaborar um *e-book* sobre as opções de sistema de instrumentação endodôntica em dentes decíduos aos cirurgiões-dentistas, comparar resultados biomecânicos da instrumentação com diferentes sistemas por meio de micro-CT e o tempo de preparo em protótipos de 2º molares decíduos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

#### **Estudo 1**

- Elaborar um guia para instrumentação endodôntica em dentes decíduos por meio de uma revisão de literatura.

#### **Estudo 2**

- Mensurar e comparar o tempo de instrumentação utilizando cada sistema.
- Avaliar porcentagem de áreas internas dos canais radiculares não instrumentadas após a instrumentação com os diferentes sistemas.
- Avaliar o volume de dentina radicular removido do interior do canal após a instrumentação com os diferentes sistemas.
- Avaliar formação de debris no interior dos canais radiculares após a instrumentação com os diferentes sistemas.
- Avaliar o grau de transporte do canal radicular após a instrumentação com os diferentes sistemas.

### 3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

#### 3.1 Estudo 1

O primeiro estudo elaborou, um guia educativo/informativo sobre as opções de sistemas de limas endodônticas mais utilizados em dentes decíduos, maximizando os benefícios e reduzindo os riscos relacionados ao desconhecimento das técnicas e instrumentos.

##### 3.1.2 Desenvolvimento

O produto intitulado “**Guia ilustrado de instrumentação endodôntica para dentes decíduos**” foi desenvolvido baseado em evidências científicas, após busca na literatura nas bases de dados: PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane e Biblioteca virtual em saúde, sem restrição de idioma/data. Os estudos laboratoriais e clínicos, com protocolo de pulpectomia utilizando pelo menos um tipo de sistemas de instrumentação, foram elegíveis. A determinação e seleção dos sistemas abordados foi um consenso entre as autoras após considerar os sistemas mais utilizados em Odontopediatria presentes na busca.

Os dados extraídos foram: aplicação clínica, cinemática, características, benefícios e orientações sobre a utilização de acordo com as instruções dos fabricantes, além das particularidades de cada sistema. Considerando a importância de divulgar conhecimento aos cirurgiões-dentistas e Odontopediatras, incluiu-se informações introdutórias sobre instrumentação manual e mecanizada e sequências ilustradas dos protocolos de uso dos sistemas mecanizados.

A elaboração do conteúdo teórico foi realizada inicialmente no Programa Word (Microsoft, Albuquerque, NM, EUA) e após as correções foi transferido para o programa Canva<sup>®</sup> (Canva Pty Ltd, Sydney, Australia) no qual o *layout* e ilustrações foram criadas e/ou incluídas. A diagramação do *layout* do *e-book* foi autoral tendo como capítulos abordados:

1º capítulo- Instrumentação

2º capítulo- Sistemas Mecanizados

3º capítulo- Protocolos de Uso e por fim,

4º capítulo- Referências.

Após finalizado, três alunos de Pós-Graduação da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, avaliaram o produto técnico e o *layout* do material. O *e-book* foi enviado via e-mail para os pesquisadores, que fizeram observações e sugestões em relação ao conteúdo, formatação, diagramação e linguagem abordada. Os autores discutiram as sugestões e quando pertinentes, foram incorporadas ao produto técnico final.

## **3.2 Estudo 2**

### **3.2.1 Desenho do estudo**

O segundo estudo consistiu em um trabalho experimental e laboratorial.

### **3.2.2 Local do estudo**

O estudo foi realizado no Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FO/UFRJ) com a participação do Laboratório de Instrumentação Nuclear (LIN) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE, UFRJ).

### **3.2.3 Amostra**

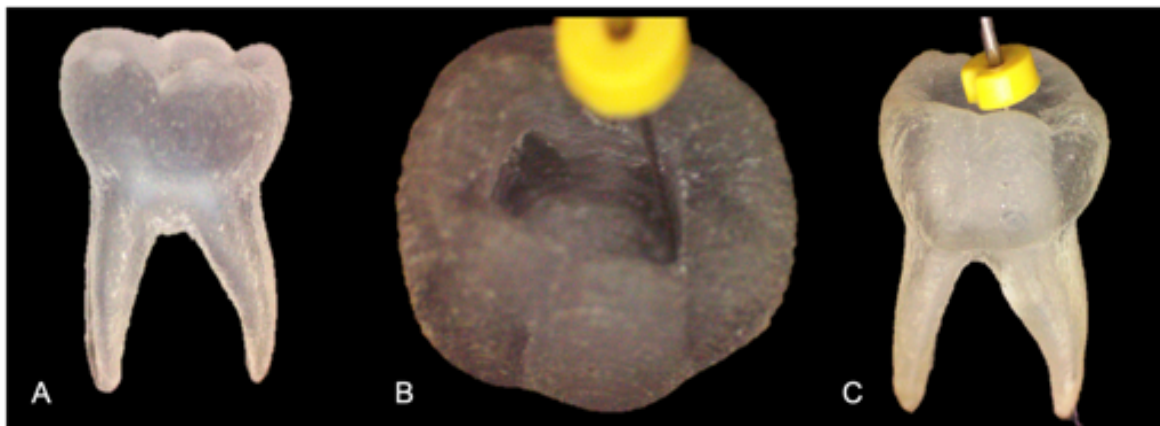
A amostra foi composta por 60 dentes protótipos, que foram produzidos utilizando um polímero transparente (resina VeroClear 810, Stratasys, Rehovot, Israel) através de impressão 3D a partir de um segundo molar decíduo inferior, sem sinais de reabsorção radicular, de acordo com o protocolo descrito por Moraes et al. (2019), e possuindo as propriedades mecânicas do material (Apêndice I) (MORAES *et al.*, 2019).

### 3.2.4 Seleção e Preparo da Amostra

Foram utilizados 10 protótipos para cada um dos seis diferentes sistemas: 1) Limas tipo K, 2) ProTaper Next<sup>®</sup> (PTN), 3) XP-Endo<sup>®</sup> Shaper (XPS), 4) XP-Endo<sup>®</sup> Finisher (XPF), 5) XP-Clean (XPC) e 6) Sequence Baby File (SBF). A abertura coronária foi realizada na superfície oclusal com a ponta diamantada esférica #1012 (KG Sorensen, Cotia, Brasil), seguido pela preparação da forma trapezoidal do acesso, que foi alcançada com a Broca Endo Z (Dentsply Maillefer), ambos acoplados a um motor de alta rotação sob irrigação com água.

Uma exploração inicial foi realizada com a lima do tipo K #15 para remover os resíduos de resina no interior do canal. A lima K #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi utilizada para estabelecer o comprimento de trabalho (CT) sendo introduzida até que esta ultrapassasse o forame apical, e então, recuada levemente até que a mesma não fosse mais vista (Figura 1). O limitador de penetração auxiliou a determinar o comprimento do dente e deste foi subtraído 1mm para a determinação do CT. Foi realizado um pré-alargamento do interior do canal radicular (CR) para criar o “*glide path*” com a lima K #20.

Por fim, foi realizada a limpeza da abertura de acesso coronal com escova profilática para conduto (MK Life, Porto Alegre, Brasil). Todos os procedimentos foram realizados sob irrigação com soro fisiológico à 0.9% (8mL) e aspiração simultânea. Finalmente, o canal radicular foi seco com pontas de papel estéreis (Dentsply Sirona Endodontics) e em seguida, os espécimes foram digitalizados em um micro-CT para obter os dados iniciais do canal radicular.



**Figura 1:** A) Vista lingual do protótipo de segundo molar decíduo inferior. B) Vista oclusal do protótipo logo após o acesso e forma de conveniência, com lima K-file #10 inserida para a determinação do comprimento radicular. C) Lima K-file ultrapassando forame apical do protótipo.

### 3.2.5 Sistemas de Instrumentação

A instrumentação dos espécimes foi realizada por um único operador treinado. Duas especialistas em endodontia e uma aluna de doutorado foram responsáveis pelo treinamento. Inicialmente, para a capacitação em relação a instrumentação com a lima manual Kerr, os encontros foram realizados por vídeo chamada devido as condições de isolamento social referente a pandemia do COVID-19. Depois, para todos os sistemas mecanizados, o treinamento foi realizado na modalidade presencial, no Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da FO-UFRJ. Para qualificar o operador foram utilizados dois protótipos de segundos molares decíduos teste, realizando a instrumentação com cada sistema mecanizado pelo menos cinco vezes. As informações de manuseio do motor em relação ao acionamento e memorização de novas programações de velocidade e torque de sistemas dedicados foram passadas e as dúvidas solucionadas.

Para as amostras do estudo, o ápice dos espécimes foi selado com Top Dam (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e os mesmos foram acoplados a um dispositivo personalizado, que identificava o número do protótipo e, posicionados em um mini torno acadêmico (Tornin, Brasil) deixando-os em uma mesma posição durante toda a instrumentação do CR. Para alcançar a temperatura corporal ( $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) o soro

fisiológico 0.9% foi aquecido e um termômetro foi usado para controlar a temperatura do irrigante. Isto foi necessário para que os sistemas estivessem expostos a temperatura desejada e conseguissem desempenhar suas diferentes cinemáticas de instrumentação.

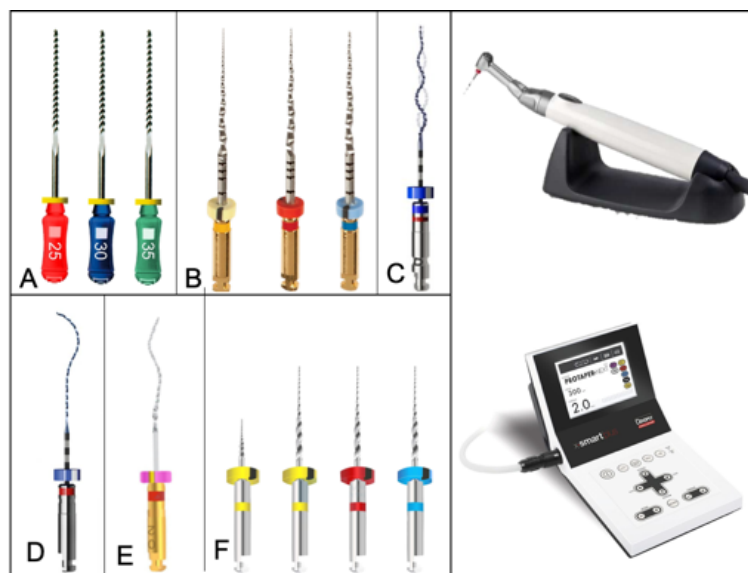
Durante as etapas experimentais, o tempo de instrumentação de cada sistema foi cronometrado por um relógio digital. A mensuração do tempo foi iniciada quando o primeiro instrumento for introduzido no canal e finalizada após a irrigação final do CR com solução salina à 0.9% (4mL). Uma assistente treinada ficou encarregada em realizar a cronometragem e fazer as anotações necessárias do horário exato de início e término de cada instrumentação. Todos os sistemas mecanizados foram acionados com o motor X-Smart™Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os instrumentos foram substituídos após o uso em três protótipos e os grupos de instrumentação (Figura 2) foram categorizados da seguinte forma:

- **Lima manual do tipo Kerr** (#25-35/.02; Denstply, Maillefer, Ballaigues, Suíça): Os canais radiculares foram instrumentados manualmente com as limas de primeira série (21 mm), com a técnica ápice-coroa. A primeira lima foi a #25, seguida de mais três limas da sequência. A cada troca de lima foi realizada a patência e irrigação com 2mL de soro fisiológico à 0,9% e aspiração simultânea.
- **Sistema ProTaper Next®** (PTN; Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Suíça): Os canais radiculares foram instrumentados com instrumento de 21mm de comprimento total. Os instrumentos foram acionados com a velocidade de 300 rpm e torque 2 N/cm, como indica o fabricante. Foram realizados três avanços até que fosse atingido o CT, utilizando a sequência: X1#17.04, X2 #25.06 e X3#30.075 de 21 mm de comprimento.
- **Sistema XP- endo® Shaper** (XPS; FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suíça): Os canais radiculares foram instrumentados com lima de 21mm de comprimento total. O instrumento foi acionado com a velocidade indicada pelo fabricante (1000 rpm e 1 N/cm). O mesmo foi introduzido no interior do canal com o motor parado até apresentar resistência, depois, recuado e então o motor



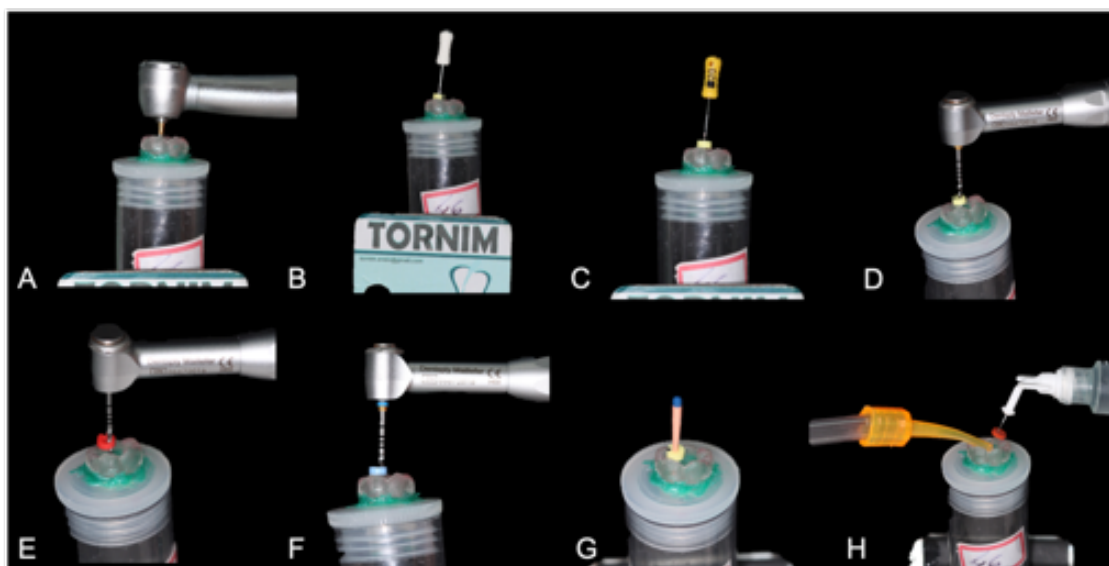
foi acionado. Movimentos longos e suaves de vai-e-vem foram realizados até atingir o CT. Ao alcançar o CT, esse movimento foi repetido 15 vezes.

- **Sistema XP- endo® Finisher** (XPF; FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Suíça) e **XP- Clean** (XPC; MK Life, Porto Alegre, Brasil): A mesma técnica foi utilizada nos dois sistemas. Os canais radiculares foram instrumentados com lima de 21mm de comprimento. O instrumento rotatório foi acionado com a velocidade indicada pelo fabricante (1000 rpm e torque 1N/cm) e introduzido no interior do canal com o motor parado e então foi acionado. Foram realizados movimentos longitudinais suaves de avanço e retrocesso de 7-8mm até alcançar o CT por 1 minuto para tocar em toda a extensão do canal.
- **Sistema Sequence Baby File** (MK Life, Porto Alegre, Brasil): Os instrumentos rotatórios foram acionados com a velocidade de 350rpm e torque de 1,5 N/cm. Os instrumentos com comprimento total modificado (16mm) realizaram movimentos de avanço utilizando a sequência: #17/.08 para abertura do terço cervical, #20/.04 até 2/3 do CT, #25/.04 e #30/.04 até que fosse atingido o comprimento de trabalho.



**Figura 2.** A) Limas manuais do tipo Kerr de 1ª série #25-35. B) Sistema Protaper Next® na sequência: X1, X2 e X3 (da esquerda para direita). C) Sistema XP-endo® Shaper. D) Sistema XP-endo® Finisher. E) Sistema XP Clean. F) Sistema Sequence Baby File na sequência: #17.08, #20.04, #25.04 e #30.04 (da esquerda para direita). G) Motor X-Smart™ Plus.

O protocolo de irrigação dos protótipos foi realizado da mesma maneira para todos os grupos. Entre cada etapa do preparo, os canais radiculares foram irrigados com 2 mL de soro fisiológico à 0,9%, com um total de 16 mL de irrigante por canal radicular instrumentado e aspiração simultânea com uma agulha NaviTip de 30g (Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, SP, Brasil). Na Figura 3 é possível observar a etapa experimental de instrumentação, utilizando o do Sistema Protaper Next®. A patência do canal foi verificada com lima k #15 antes e entre as inserções dos instrumentos do interior do canal, bem como após atingir o CT. Para verificar se o instrumento atingiu o CT, foi utilizada uma ponta de guta-percha de tamanho e conicidade compatível de acordo com o último instrumento utilizado para instrumentar o canal radicular. Caso não tivesse atingido, o instrumento era limpo com gaze embebida em álcool 70 e o procedimento repetido até atingir o CT. Depois, o canal radicular foi seco com pontas de papel estéreis (Dentsply Sirona Endodontics) e em seguida, os espécimes foram digitalizados através do mico-CT para obter os dados após a instrumentação do canal radicular.



**Figura 3.** A) acesso e forma de conveniência. B) Determinação do comprimento de patência com lima Kerr #15. C) Criação do glide path com lima Kerr #20. d) Instrumentação com sistema PTN X1. E) Instrumentação com sistema PTN X2. F) Instrumentação com sistema PTN X3. G) Checagem com cone 30/07. H) Irrigação final e aspiração.

### 3.8 Avaliação em Micro-CT

#### 3.8.1 Escaneamento pré e pós-operatório em Micro-CT

Os espécimes foram fixados em um dispositivo de isopor deixando-os na mesma posição durante toda a digitalização, que ocorreu antes e após a instrumentação, por meio de um microtomógrafo Skyscan 1173 (Bruker micro-CT, Kontich, Bélgica) (Figura 4) com os seguintes parâmetros de aquisição: 40 kV, 150 mA, tamanho de pixel de 7,8  $\mu\text{m}$ , matriz de 2240 x 2240 pixels, filtro de alumínio de 1 mm, exposição de 800 ms, passo de rotação de 1° por 360° em torno do eixo vertical. O tempo de escaneamento para cada protótipo foi de aproximadamente 30 minutos.

Após a instrumentação final, os protótipos foram digitalizados através do micro-CT utilizando os mesmos parâmetros de aquisição das imagens anteriormente utilizados. As imagens foram obtidas em formato TIFF com 16 bits. Para a reconstrução volumétrica, parâmetros padronizados foram utilizados com o software NRecon (Bruker, Kontich, Bélgica), sendo eles: filtro para remoção de ruído (7), correção de artefatos de anel (9), correção de endurecimento do feixe (45%) e contraste limites definidos entre 0,04 e 0,5.

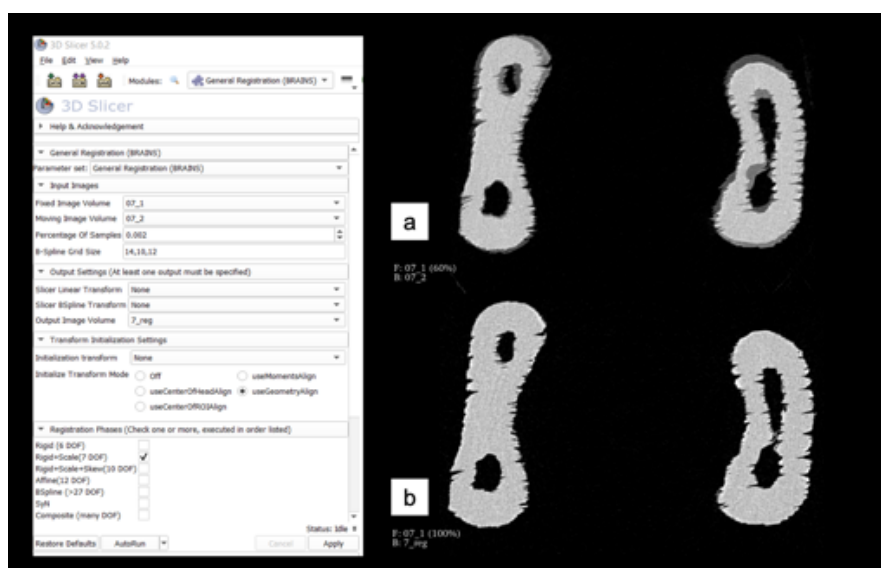


**Figura 4.** A) Vista lateral e B) frontal do microtomógrafo SyScan modelo 1173 conectado ao computador da marca Dell utilizado para realizar os escaneamentos antes e depois da instrumentação do espécime.

#### 3.8.2 Reconstrução e registro das imagens

Os pares de conjuntos de dados de imagem (mesmo espécime antes e após a

instrumentação) foram registrados para garantir que fossem posicionados nas mesmas coordenadas espaciais (Figura 5). Para isto, os volumes reconstruídos foram exportados no formato “\*.nrrd” para o software 3DSlicer (disponível em <http://www.slicer.org>) (FEDOROV *et.al*, 2012). O volume do canal hígido foi considerado como o volume de referência, ao qual foi registrado o conjunto de imagens após a instrumentação. Um algoritmo “Rigid-Scale” com 7 graus de liberdade foi usado para este procedimento.



**Figura 5.** Após reconstrução (a), foi feito o registro (b) dos *stacks* do espécime hígido exatamente na mesma posição dos *stacks* do espécime instrumentado garantindo posicionamento nas mesmas coordenadas espaciais através do programa 3D Slicer.

Após a reconstrução e registro, todas as etapas subsequentes da análise das imagens foram realizadas no programa de livre acesso FIJI com o auxílio do *plug-in* 3D Object Counter. Os principais parâmetros de análise da qualidade da instrumentação endodôntica foram obtidos, sendo eles: o volume de dentina removido do canal radicular, o acúmulo de debris no interior dos canais radiculares, a porcentagem de áreas não instrumentadas e o transporte do canal. Para a análise desses parâmetros, foi utilizada uma metodologia proposta em micro-CT para dentes permanentes (NEVES *et al.*, 2015). Estas análises foram baseadas na obtenção de volumes dos canais hígidos e instrumentados através de diferentes limiares de

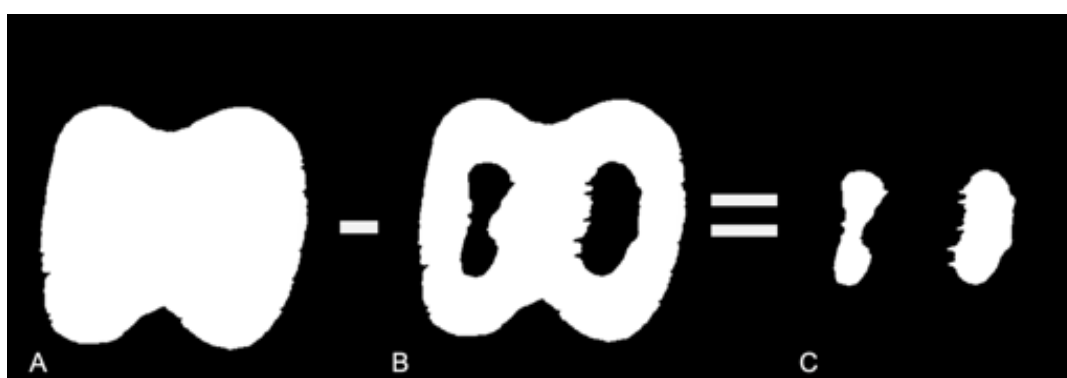
segmentação, de acordo com o parâmetro que desejava ser obtido (Figura 6).



**Figura 6.** Análise das imagens realizada no Programa FIJI com 106 linhas de comando implementados para condução, de forma padronizada, da avaliação do volume de dentina removido, acúmulo de debris e áreas não tocadas nos espécimes.

### 3.8.3 Análise dos dados

A primeira etapa de segmentação foi realizada para se obter o volume inicial do canal hígido por meio do conjunto de imagens iniciais que foi segmentado através de um valor fixo (30) e resultou, no volume de dentina radicular inicial. O volume do canal obtido foi duplicado e o canal radicular foi preenchido digitalmente a partir de uma das imagens duplicadas. Em seguida, do conjunto de imagens do canal radicular inicial (após o preenchimento digital) foi subtraído o volume inicial da dentina do canal radicular para se obter o volume inicial do canal hígido, como ilustrado na Figura 7. O mesmo procedimento, foi realizado para obter o volume da dentina do canal instrumentado, usando os conjuntos de imagens após instrumentação.



**Figura 7.** A) Dentina radicular inicial após preenchimento automaticamente digitalmente dos canais radiculares. B) Segmentação original inicial da dentina do canal radicular. C) Resultado da subtração e obtenção do volume inicial do canal radicular.

Todos os cálculos volumétricos descritos a seguir foram realizados no plug-in 3D Object Counter, do programa ImageJ (versão FIJI).

Para o cálculo do volume de dentina removido do canal, o volume de dentina do canal radicular inicial foi subtraído do volume de dentina do canal instrumentado. Para o cálculo da área de dentina não tocada pelo instrumento, o contrário foi realizado, o conjunto de imagens com o volume de dentina do canal instrumentado foi subtraído do conjunto de imagens inicial. Inicialmente para calcular os debrís acumulados, um valor de segmentação mais elevado foi selecionado (70) no conjunto de imagens instrumentado, para manter as áreas com presença de debrís no resultado da segmentação apresentando-se como um tom de cinza ligeiramente menor do que a resina compactada no canal radicular. Após isso, o conjunto de imagem foi subtraído do volume do canal instrumentado, que resultou no conjunto de imagens de debrís acumulados em todo o canal radicular.

A quantidade de áreas não instrumentadas foi calculada em termos de porcentagem, determinada pelo número de “voxels estáticos” (voxels presentes na mesma posição na parede do canal antes e após a instrumentação como área não tocada) dividido pelo número total de voxels presentes na superfície do canal radicular hígido, calculando como a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{número de voxels estáticos} \times 100}{\text{número total de voxels de superfície}}$$

#### **3.8.4 Transporte do canal radicular**

Para fins desta análise, somente o canal mesial do protótipo foi utilizado, pois este é o canal radicular que apresenta curvatura mais significativa, conforme ilustrado na Figura 1.

Foram utilizados os 60 conjuntos de imagens tomográfica de raízes mesiais de segundos molares decíduos inferiores, com dois canais distintos, méso-vestibular (MV) e méso-lingual (ML), separados em todo o comprimento da raiz. Os arquivos

digitais foram obtidos nas etapas descritas anteriormente neste estudo através dos escaneamentos em micro-CT e posterior reconstrução e registro das imagens. A avaliação quantitativa foi obtida por imagens reconstruídas tridimensionalmente dos volumes das raízes e dos canais radiculares utilizando a ferramenta CTVol v.2.2.3.0 (Bruker microCT, Kontich, Bélgica) através do programa CTAN v1.14.4.1+ (Bruker microCT, Kontich, Bélgica). Os dados obtidos foram tabulados no programa Microsoft Office Excel 15.26 (Microsoft, Albuquerque, NM, EUA) (XAVIER *et al.*

### *Análise das imagens*

No programa CTan foi possível realizar a reconstrução das seções de todos os dentes da amostra. Após as imagens reconstruídas foi feita a conversão para o formato NRRD no IMAGE J 1.50d (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA) a fim de dividir os canais MV e ML. A binarização das imagens foi realizada para separar as regiões de interesse (a imagem de análise), correspondentes aos canais MV e ML por meio da técnica de linearização, reconhecendo-as como imagens independentes umas das outras e do fundo. Assim, uma imagem binária foi obtida. A fim de visualizar somente a região de interesse (Figura 8a), esta foi duplicada e o canal radicular preenchido digitalmente (Figura 8b). Uma subtração das imagens foi realizada para obtenção da imagem real do canal radicular (Figura 8c). Os arquivos de imagens obtidos foram salvos e convertidos em imagens sequenciadas em extensão de bmp.



**Figura 8.** A) seleção da região de interesse (ROI) em vermelho. B) ROI preenchido digitalmente (branco). C) Obtenção da imagem real do canal após subtração. D) Arquivos salvos em resultados de análises 2D e obtenção dos dados quantitativos em formato Txt iniciados na linha “File name”.

#### *Cálculo do centroide dos canais MV e ML*

No programa CTAn um arquivo digital do dente digitalizado a ser avaliado foi importado. Ao selecionar a opção *Binary Selection Preview* e as coordenadas X, Y e Z, foi determinada a melhor imagem do canal. Depois, as opções *Morphometry analysis* e *Save 2d analisys results* foram escolhidas e o arquivo salvo (Figura 8d). A equação do cálculo do centroide de cada raiz foi feita automaticamente, ao final de cada processo de escaneamento, pelo programa CTAn.

Os arquivos salvos foram convertidos para o formato txt. Em seguida, os arquivos txt foram abertos e todas as linhas antes da linha que iniciava com “*File name*” foram deletadas conforme indicado pela seta azul na Figura 8. Em seguida, foram feitas as substituições (Ctrl + H) em todos os arquivos de texto conforme demonstrado na sequência da Figura 9.





Figura 9. Substituições feitas para abrir o arquivo no programa Excel.

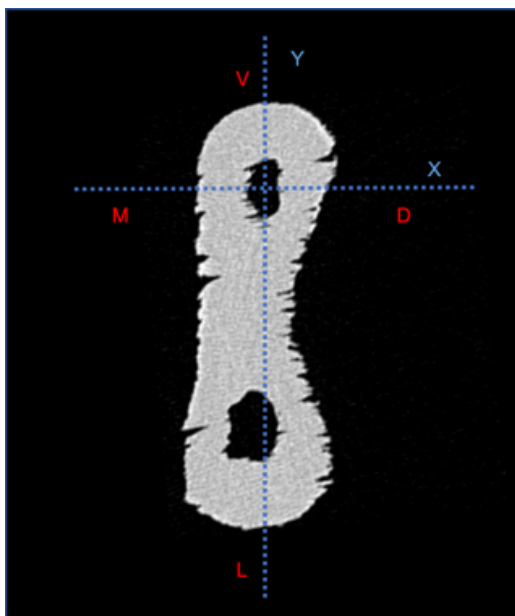
Após isso, os arquivos de texto modificados foram localizados e abertos ao selecionar a opção “Arquivos de texto” na caixa de diálogos no programa Microsoft Office Excel 15.26 (Microsoft, Albuquerque, NM, EUA). Caixas de diálogo foram se abrindo ao marcar os itens conforme a Figura 10, clicando em avançar, totalizando 3 caixas. Na última, foi clicado em concluir e os dados do arquivo apareceram em forma de planilha no programa (Figura 10).



Figura 10. Caixas de diálogo do Excel.

Foram considerados apenas os valores de  $Z$  position, Centroid ( $x$ ) e Centroid ( $y$ ). As demais colunas foram deletadas com o intuito de avaliar o desvio dos canais

MV e ML com relação aos centroides. Para isso, foram considerados os valores de *Z position*, *Centroid (x)*, correspondente aos desvios no sentido méso-distal (M/D) e *Centroid (y)*, correspondente aos desvios no sentido vestibulo-lingual (V/L) (Figura 11). Todos os dados numéricos foram selecionados, sem incluir as 3 primeiras linhas. O número denominado na primeira e última seção foram iguais para os dois arquivos analisados do dente, do canal hígido e do canal instrumentado conforme a figura abaixo (Figura 12).



**Figura 11.** Representação esquemática do posicionamento dos protótipos do estudo, com relação aos eixos cartesianos do micro-CT.

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet contains a large table with many columns. A red box highlights a specific column containing data for 'Z position', 'Centroid (x)', and 'Centroid (y)'. The data appears to be organized by file names in the first column and various parameters in the subsequent columns.

**Figura 12.** Dados do arquivo Txt abertos em forma de planilha no programa Excel. Seguido de exclusão de todas as colunas, exceto: *Z position*, *Centroid (x)* e *Centroid (y)*.

Criou-se uma nova planilha para adicionar os dados selecionados. Nesta, o número do dente foi identificado e os dados de cada canal e raiz correspondente ao número do dente colados da tabela anterior (Figura 13), onde a coluna do canal hígido foi representada por “*sound*” e do canal instrumentado foi representada por “*instrumented*”. As etapas do processo foram repetidas até preencher a planilha com todos os 60 espécimes.

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet contains a table with columns for 'Dente 2' and 'Dente 3'. The table is organized into sections for 'SOUND' and 'INSTRUMENTED' channels. The columns are labeled 'Z position', 'Centroid (x)', and 'Centroid (y)'. The data is organized by specimen number (e.g., 1, 2, 3, etc.).

**Figura 13.** Dados como *Z position*, *Centroid (x)* e *Centroid (y)* de cada canal, raiz e espécimes foram colados na nova planilha.

### Análise quantitativa

O transporte do canal (em mm) foi medido pelos centros de gravidade (centroide) antes e após a instrumentação das imagens do canal medidas automaticamente pelo software CTAn usando a seguinte equação:

$$\text{Transporte do canal} = (m^1 - m^2) - (d^1 - d^2)$$

onde  $m^1$  representa a distância mais curta da margem mesial inicial (canal não instrumentado) do canal radicular (Figura 14a),  $m^2$  representa a distância mais curta da margem mesial final (canal instrumentado) do canal radicular (Figura 14b),  $d^1$  é a distância mais curta da margem distal inicial do canal radicular (Figura 14c) e  $d^2$  é a distância mais curta da margem distal final do canal radicular (Figura 14d). Um transporte de canal de 0 indica que não houve transporte, um número positivo indica que ocorreu transporte mesial e um número negativo indica transporte distal. Em seguida, os dados obtidos foram tabulados no programa Microsoft Office Excel 15.26 (Microsoft, Albuquerque, NM, EUA) (Anexo II).



**Figura 14.** Representação das distâncias mais curtas das margens mesial e distal antes e após a instrumentação e o valor mensurado através do programa CTAn.

### **3.9 Análises Estatísticas**

Todos os dados foram organizados no software Jamovi (versão 1.6 para Mac OS; Sydney, Austrália) para serem analisados. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk verificou que a variável tempo de instrumentação segue uma distribuição normal. Portanto, métodos de dados paramétricos foram aplicados para essas análises. Considerando a variância dos dados, uma análise não paramétrica foi aplicada para comparar as médias de volume do canal hígido e instrumentado, porcentagem de áreas não instrumentadas, volume de dentina removida, média de debris acumulados e transporte do canal. O nível de significância foi estabelecido em 5% ( $p < 0,05$ ) para todas as análises.

## **4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

### **4.1 Produto técnico: Guia ilustrativo para instrumentação endodôntica em dentes decíduos.**

International Standard Book Number (ISBN) a ser solicitado na Câmara Brasileira do Livro.

### **4.2 Artigo: Instrumentation time and effectiveness of hand and rotary files in a prototyped second mandibular primary molar: A micro-CT study.**

Artigo a ser enviado para publicação em periódico científico.

#### **4.1 Produto técnico: Guia ilustrativo para instrumentação endodôntica em dentes decíduos.**

Emily Feitosa Rêgo<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-3319-7132>)

Mariana Coutinho Sancas<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-5771-9038>)

Renata Perez Vianna Silva<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-2192-0124>)

Juliana Almeida Correia<sup>2</sup>

Laura Guimarães Primo<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-3718-693X>)

Aline de Almeida Neves<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-6049-0588>)

<sup>1</sup>Departamento de Odontopediatria e Ortodontia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup>Graduanda em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## Resumo

O preparo biomecânico adequado do sistema de canais radiculares é essencial para o sucesso do tratamento endodôntico. Usualmente, as limas manuais são a primeira escolha em Odontopediatria. Na tentativa de minimizar erros iatrogênicos, redução do tempo de consulta do paciente infantil e menor ocorrência de dor pós-operatória, a instrumentação mecanizada pode ser uma opção. O objetivo do estudo foi a elaboração de um guia para instrumentação endodôntica em dentes decíduos para cirurgiões-dentistas e Odontopediatras, contendo informações e instrução sobre o uso de instrumentos endodônticos acionados mecanicamente. O conteúdo do material consiste em aplicação, cinemática, características e benefícios de cada sistema, além de orientações sobre a utilização de acordo com as instruções dos fabricantes. Este guia foi baseado em uma revisão de literatura que averiguou quais sistemas são mais utilizados em Odontopediatria. A revisão utilizou as bases PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane e BVS, sem restrição de idioma/data. Foram elegíveis estudos laboratoriais e clínicos com protocolo de pulpectomia utilizando pelo menos um grupo de instrumentação mecanizada. O guia aborda os sistemas: manual Kerr, Pro-taper<sup>®</sup> Next, XP-Endo<sup>®</sup> Shaper, Self-Adjusting File, WaveOne<sup>®</sup> Gold, Reciproc, Reciproc Blue, XP-Endo<sup>®</sup> Finisher, XP Clean, M<sub>two</sub><sup>®</sup>, Kedo-S, Hyflex-CM, Revo-S. O material ficará disponível nas plataformas digitais da Disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia - UFRJ e nas redes sociais do Grupo de Pesquisa de Endodontia em Odontopediatria da UFRJ (GEDOPED-UFRJ) para livre acesso e ampla divulgação a fim de instruir cirurgiões-dentistas e Odontopediatras e auxiliar na escolha do sistema a ser utilizado para cada situação clínica.

**Palavras-chave:** dente decíduo; pulpectomia; guia.





**Guia  
ilustrado para  
instrumentação  
endodôntica  
em dentes decíduos**





## *Autoras*

**Emily Feitosa Rêgo**

*Mestranda em Odontopediatria FO-UFRJ*

**Mariana Coutinho Sancas**

*Doutoranda em Odontopediatria FO-UFRJ*

**Renata Perez Vianna Silva Macedo**

*Pós-doutoranda em Odontopediatria FO- UFRJ*

**Juliana Almeida Correia**

*Aluna de Graduação da Faculdade de Odontologia -UFRJ*

**Laura Guimarães Primo**

*Professora Titular de Odontopediatria FO-UFRJ*

**Aline de Almeida Neves**

*Professora Adjunta de Odontopediatria FO-UFRJ*



## Apresentação

A dentição decídua é frequentemente afetada por cárie e traumatismo dentário, que podem ameaçar a integridade do tecido pulpar. Em caso de comprometimento pulpar irreversível, torna-se indispensável a realização do tratamento endodôntico para manter a funcionalidade e integridade dos dentes e seus tecidos de suporte, pelo maior tempo possível.

A instrumentação tem um papel importante no preparo químico-mecânico, etapa do tratamento endodôntico que visa a desinfecção do sistema de canais radiculares através da associação de substâncias irrigadoras e instrumentos endodônticos. Em dentes permanentes, a instrumentação mecanizada já é uma ferramenta amplamente utilizada. Em Odontopediatria, no entanto, foi inserida recentemente e, observando-se as publicações nos últimos anos, é possível notar uma tendência a utilizá-la em dentes decíduos, principalmente devido às vantagens associadas ao seu uso, como redução do tempo de consulta e menor ocorrência de dor pós-operatória.

O Grupo de Pesquisa de Endodontia em Odontopediatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GEDOPED-UFRJ) tem a missão de construir e divulgar conhecimento científico visando a melhoria da qualidade do tratamento endodôntico em dentes decíduos, baseado em evidência científica e respeitando as características inerentes a esse tratamento. Sendo assim, consideramos importante informar aos cirurgiões-dentistas e Odontopediatras sobre as opções de sistemas mais utilizados para a instrumentação, maximizando os benefícios e reduzindo os riscos relacionados ao desconhecimento das técnicas e instrumentos.

As autoras.





## Sumário

1

**Instrumentação**

6

2

**Sistemas Mecanizados**

17

3

**Protocolos de uso**

32

4

**Referências**

40

**UFRJ**



## Ae *Abreviações*

SCR - sistema de canais radiculares  
ISO - International Standardas Organization  
ADA- American Dental Association  
ANSI- American National Standards Institute  
CT - comprimento de trabalho  
Ni-Ti- Niquel-Titânio  
CTZ- cloranfenicol, tetraciclina e óxido de zinco  
MIT - Martensita induzida por tensão  
EMF - Efeito de memória de forma  
CM - controlled memory  
CM Blue - controlled memory blue  
CM Gold - controlled memory gold  
Fase-A - Fase Austenita  
Fase-M - Fase Martensita  
SAF- Self Adjusting File



**UFRJ**





## 1. INSTRUMENTAÇÃO

### Definição:

Ação mecânica dos instrumentos nas paredes do canal radicular principal.

### Objetivo:

Preparar, limpar e modelar o sistema de canais radiculares (SCR), promovendo o melhor transporte dos irrigantes, potencializando a desinfecção e favorecendo a obturação do SCR para manter a integridade do sistema.

▶ A instrumentação do SCR pode ser realizada com instrumentos **manuais** ou **mecanizados**.

A redução da carga bacteriana a níveis compatíveis com o reparo é fundamental para o sucesso de tratamento endodôntico.

### Limas manuais do tipo Kerr

- A mais utilizada em Odontopediatria.

#### Cinemática:

- Rotação ¼ de volta e tração

### Sistemas Mecanizados

#### Cinemática:

- Rotatórios, oscilatórios e recíprocos.

#### Características:

Particularidades de formato, conicidade e ponta de cada Sistema.



## Manobras operatórias

### *Glide path*

Pré-alargamento para remoção das interferências no interior do canal radicular.

### Patência apical

Limpeza passiva do SCR sem o alargamento do terço apical, realizada com instrumento de pequeno calibre, a fim de manter o ápice radicular livre de debris\* dentinários remanescentes proporcionando a manutenção do comprimento de trabalho.

### Batente apical

Realizada 1mm aquém do forame apical a fim de obter melhor selamento do canal com o material obturador.

### Limpeza/desinfecção

Obtida pela ação mecânica dos instrumentos manuais ou mecanizados aliado à ação química das soluções irrigantes e a física, no processo de irrigação-aspiração.

### Modelagem

Obtenção de um canal uniformemente cônico, mais afinado no terço apical, porém mantendo fidelidade à sua anatomia. A confecção de um canal com maior conicidade cervical e média é desejável, evitando um eventual transporte apical.

### IMPORTANTE

#### \*Debris\*

Substrato composto por resquícios de dentina infectada, remanescentes de pulpa dentária e microrganismos, resultantes do processo de instrumentação do SCR, que podem permanecer nos canais radiculares e manter a infecção ativa.



## 1. INSTRUMENTAÇÃO



### Instrumentação Manual

#### Histórico

Em 1930, Sweet descreveu a primeira terapia pulpar em dentes decíduos, no qual a polpa radicular foi removida e o canal foi obturado com pasta de óxido de zinco e eugenol.

Desde o ano de 1992, as limas endodônticas seguem a padronização de acordo com a *International Standards Organization (ISO)* na norma ISO 3630-1 e *American Dental Association (ADA)* com as especificações da *American National Standards Institute (ANSI/ADA)* n.28 de 2002. A maioria é fabricada em aço inoxidável, mas também estão disponíveis em aço carbono e ligas de Níquel-Titânio.

#### Limas disponíveis no mercado

- Do tipo Kerr, do tipo Flex, Hedström e NiTi-Flex

#### Limas do tipo Kerr

- Limas torcidas = menor potencial cortante
- Movimentos de rotação e tração
- Alargamento progressivo

### ► Anatomia do instrumento manual (Figura 1)

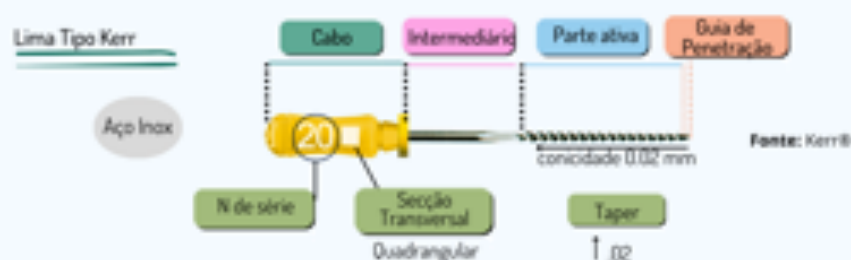


Figura 1. Anatomia do instrumento manual.

#### Cabo

Porção que serve de empunhadura para o operador. O número impresso, obedece uma correlação entre o diâmetro da ponta e sua cor.

#### Intermediário

Situa-se entre o cabo e a parte ativa da haste. É a porção do instrumento que varia de acordo com seu comprimento total.

#### Parte ativa

Realiza o preparo radicular e é a porção que define suas características. As lâminas de corte promovem o alargamento ou limpeza das paredes do canal durante a cinemática dos instrumentos. As distâncias entre as lâminas recolhem debris.

#### Guia de penetração

É a extremidade da parte ativa e serve para facilitar/guiar a penetração do instrumento no canal principal. Pode apresentar-se angulada ou convexa, dependendo da seção transversal do instrumento.

#### Conicidade/Taper

É o aumento progressivo do diâmetro por unidade (mm) de comprimento da parte ativa.





## Instrumentação Manual

### Comprimento dos instrumentos

- Parte ativa: 16 milímetros (mm);
- Disponíveis os comprimentos totais de 21, 25 e 31 mm;
- Comprimento de 21 mm é a 1ª escolha em dentes decíduos.

### Diâmetro da parte ativa

O menor diâmetro situa-se na ponta, denominado D0, enquanto o maior diâmetro da parte ativa, situa-se junto a porção do intermediário, denominado D16 (Figura 2).

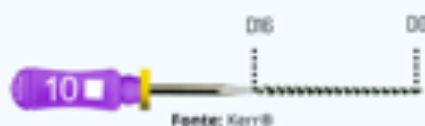


Figura 2. Diâmetro da parte ativa do instrumento manual.

### Padronização normas de fabricação

A numeração obedece uma correlação entre o diâmetro da ponta e sua cor. São divididos em 4 séries: especial, 1a, 2a e 3a séries, com a numeração de #6 a #140 (Quadro 1).

\*\*\* Uso de limas Kerr:

1 série: dentes decíduos posteriores.

2 Série: dentes decíduos anteriores.

Quadro 1. Numeração dos instrumentos relacionado a série e as cores do cabo.

COR DO CABO	SÉRIE ESPECIAL	PRIMEIRA SÉRIE	SEGUNDA SÉRIE	TERCEIRA SÉRIE
Rosa	#6			
Cinza	#8			
Roxa	#10			
Branca		#15	#45	#90
Amarela		#20	#50	#100
Vermelha		#25	#55	#110
Azul		#30	#60	#120
Verde		#35	#70	#130
Preta		#40	#80	#140

## 1. INSTRUMENTAÇÃO



### Instrumentação Mecanizada

#### Histórico

No ano de 1988, foram introduzidas as primeiras limas fabricadas em liga de níquel-titânio (Ni-Ti), com a proposta de maior flexibilidade elástica e resistência à fadiga cíclica (Walia et al). Em 1992, foi descrito o primeiro instrumento rotatório de Ni-Ti por Dr. John McSpadden. Dois anos depois, os sistemas rotatórios ProFile .04 e ProFile .06 estavam disponíveis no mercado.

Anos depois, Barr et al. (2000), descreveram a primeira pulpectomia com um sistema rotatório de Ni-Ti, ProFile .04, em dentes decíduos. Como resultado, obteve uma instrumentação mais rápida e um canal mais facilmente negociável e uniforme. Desde então, a instrumentação mecanizada tem sido estudada e aprimorada para utilização em dentes decíduos.

#### Benefícios

- Promove instrumentação mais rápida e eficiente;
- Aumenta a conicidade do canal da região cervical e média.

#### Desvantagens

Requer capacitação prévia e apresenta custo elevado quando comparada com a técnica manual e o tratamento endodôntico não instrumental como por exemplo, a pasta à base de cloranfenicol, tetraciclina e óxido de zinco (CTZ).

#### Sistemas Mecanizados

- Liga de Ni-Ti;
- Cada fabricante desenvolve seu instrumento com movimento, formato e conicidade diferentes.

### ► Anatomia do Instrumento mecanizado (Figura 3)



Fonte: VDWB

Figura 3. Anatomia do instrumento mecanizado

#### Haste de fixação:

Porção que serve para acoplar o instrumento ao sistema de acionamento. Possui anéis/ranhuras correlacionadas ao diâmetro e conicidade do instrumento.

#### Intermediário:

Situa-se entre o cabo e a parte ativa da haste.

#### Parte ativa :

Projetada para realizar alargamento ou limpeza das paredes do canal com suas lâminas de corte durante a cinemática do instrumento.

#### Guia de penetração:

É a extremidade da parte ativa e serve para facilitar/guiar a penetração do instrumento no canal radicular.



## Instrumentação Mecanizada



### Movimentos utilizados na instrumentação mecanizada

Os movimentos são realizados por motores elétricos e contra ângulos de redução acionando os instrumentos de Ni-Ti nas diferentes cinemáticas. Os principais movimentos são :



#### Cinemática rotatória

Rotação contínua (360°) no interior do canal. A rotação é realizada em um único sentido e a lâmina gira em sentido horário.



#### Cinemática recíprocante

Movimento em sentido anti-horário (sentido de corte) com recuo mais curto no sentido horário para liberar o instrumento, reduzindo o risco de fratura cíclica.

#### Movimento cêntrico

Possui rotação centralizada atuando mecanicamente no centro do interior do canal principal, o que pode resultar em maior porcentagem de áreas não instrumentadas após o preparo.

#### Movimento excêntrico/assimétrico

Promove uma rotação irregular, que pode resultar em maior superfície de contato do instrumento com as paredes do canal, o que reduziria a porcentagem de áreas não instrumentadas da parede radicular.

Para mais informações em relação à **fratura cíclica**, acessar pág. 17

Estudos mostram que o movimento assimétrico induz menor tensão de tração e compressão na região flexionada do instrumento, resultando em maior resistência à fadiga quando comparado ao movimento rotatório cêntrico.



### Propriedades mecânicas do níquel-titânio (Ni-Ti)

As ligas de Ni-Ti possuem habilidade em mudar o seu tipo de estrutura atômica, resultando em mudanças significativas nas suas propriedades mecânicas. Essas mudanças podem ocorrer em função de aplicação de tensão ou da temperatura.

#### Fase Austenita

Átomos organizados de forma simétrica em uma estrutura cúbica de corpo centrado que, quando resfriado ou submetido a uma tensão, se deslocam um sobre os outros, em um mecanismo de cisalhamento, transformando a liga na fase martensita

#### Fase Martensita

É bem estável e dentre suas características, possui módulo de elasticidade mais baixo. Nesta fase o Ni-Ti se encontra ainda mais flexível, podendo sofrer uma transformação reversa/recuperável (deformação elástica).



## Instrumentação Mecanizada

### ► Propriedades mecânicas do níquel-titânio

Como resultado dessas fases, um instrumento de Ni-Ti possui superelasticidade e efeito memória de forma

#### Superelasticidade:

Um instrumento submetido a carga mecânica é deformado reversivelmente (até 8%) pela criação de uma fase induzida por tensão, denominada de **fase martensita induzida por tensão (MIT)**. Após a remoção da carga/tensão, o MIT fica instável e o Ni-Ti recupera sua forma original.

#### Efeito de memória de forma (EMF):

Permite a "memorização" de uma determinada forma e sua recuperação original quando aquecido, mesmo após deformações que aparentemente são permanentes. A transição entre as duas fases sólidas é possível devido a fase martensítica, que é estável abaixo de uma temperatura crítica e austenítica, que é estável acima da temperatura crítica.

As duas propriedades determinam o comportamento mecânico dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti.

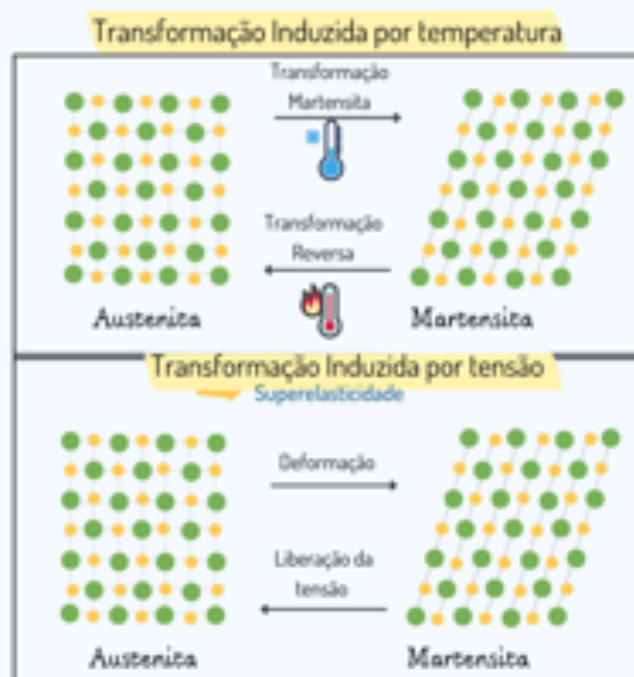


Figura 4. Mudança da estrutura cristalina de Ni-Ti em função da aplicação da temperatura ou de tensão



## Instrumentação Mecanizada

### ► Propriedades mecânicas do níquel-titânio

#### Tratamento de superfície

São realizadas com o intuito de aumentar a resistência mecânica dos instrumentos e a sua capacidade de corte.

#### Tratamento térmico

É utilizado para fabricar instrumentos que em temperatura ambiente estejam em fase martensita (mais flexível) e onde é possível orientar a direção dos átomos de Ni-Ti deformando o fio de forma aparentemente permanente. Mas, este se recupera ao ser aquecido, manifestando o EMF

#### Vantagens

- Aumenta resistência a fadiga cíclica
- Aumenta a flexibilidade dos instrumentos
- Possibilita o pré-curvamento do instrumento



Qualquer deformação decorrente do processo de reorientação da martensita irá desaparecer após ser aquecido no processo de esterilização. Se persistido, o instrumental sofreu deformação plástica e precisa ser descartado.

### ► Diferentes ligas de níquel-titânio

As diferentes ligas de NiTi passam por transformações de fase no estado sólido, sem mudanças químicas, mas com propriedades e comportamentos diferentes. Ao longo dos anos, foram sendo desenvolvidas novas ligas com o intuito de aprimorar suas propriedades (Figura 5).

As novas ligas são desenvolvidas pelos próprios fabricantes e em sua maioria as informações são restritas devido aos direitos de patentes. Dito isso, serão abordadas as diferentes ligas de níquel-titânio de acordo com o conteúdo disponibilizado pelos fabricantes.

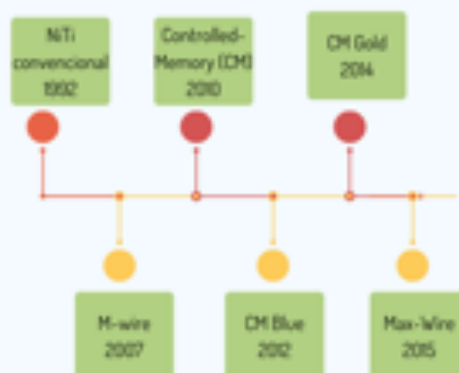


Figura 5. Evolução no tratamento das ligas de Ni-Ti





## Instrumentação Mecanizada



### Diferentes ligas de níquel-titânio



#### Ni-Ti convencional

Liga de Ni-Ti não tratada termicamente



#### M-Wire

Liga termicamente tratada que é estável à temperatura corporal. Foi desenvolvida por meio de processamento termomecânico. Esta liga apresenta maior flexibilidade que o Ni-Ti convencional.



#### Controlled-Memory (CM)

Liga termicamente tratada que possibilita a pré-curvatura do instrumento. Isto pode ser realizado antes da sua inserção em canais curvos. Sua forma original é restaurada após o procedimento de esterilização.



#### CM Blue

Nesse tratamento térmico o instrumento é resfriado e aquecido lentamente. Segundo o fabricante, este tratamento melhora a flexibilidade do instrumento.



#### CM Gold

Nesse tratamento térmico o instrumento também é resfriado e aquecido lentamente. Segundo o fabricante, este tratamento melhora a flexibilidade do instrumento



#### Max-Wire

Primeiro sistema de limas endodônticas que combinam o efeito de memória de forma e superelasticidade em um único sistema. Lima que expande e contrai para adaptar-se à morfologia do canal.



## Instrumentação Mecanizada



### Fratura de Instrumentos

Para uma prática clínica segura com instrumentos acionados a motor, é imprescindível compreender os mecanismos básicos da fratura e sua correlação com a anatomia do SCR.

#### Os instrumentos de Ni-Ti fraturam?

Os instrumentos de Ni-Ti possuem risco de fratura durante o uso por dois mecanismos distintos: por **torção** ou por **fadiga cíclica**.

#### Fratura por torção

Ocorre quando a ponta ou qualquer parte do instrumento se prende as paredes do canal. Se o motor não detecta que ela está presa e o instrumento continua girando, ocorrerá um efeito do parafusamento nas paredes de dentina, a tensão vai aumentar e ocorrerá uma deformação plástica do instrumento, seguida por fratura.

#### Como prevenir?

- Realizar *glide path* com limas manuais #15-20 para criar trajetória e remover interferências;
- Não realizar pressão apical para evitar maior risco de travamento;
- Cuidado com o design e diâmetro (finos), esses são mais propensos a reformação plástica e eventual fratura.



Na prática clínica, a deformação permanente do instrumento é uma característica muito importante pois, através da inspeção visual, é possível descartar o instrumento antes que fraturem.

#### Fratura por fadiga cíclica

Ocorre devido a fadiga que o instrumento sofre no interior do canal, por exemplo, ao passar por uma região curvada, o instrumento sofre tensão de tração-compressão e as tensões alternadas cíclicas resultam em fadiga. Ocorrem nucleações de trincas e, conforme elas crescem, encontram-se uma com as outras e a tensão irá ocasionar a fratura final.

#### Como prevenir?

- Controle do número de utilizações nos sistemas de uso múltiplo;
- Pré-alargamento dos terços coronário e médio;
- Averiguar possíveis deformações a cada retirada do instrumento do interior do canal radicular em caso de curvaturas mais abruptas.



Pode ocorrer sem quaisquer sinal visível de deformação permanente



## Instrumentação Mecanizada



### Sistemas

Cada sistema de limas apresenta suas características particulares de design, conicidade, ponta e superfície de corte. Dentre eles é possível citar os mais utilizados em Odontopediatria: Mtwo®, Self-Adjusting File, HyFlex®CM, Reciproc®, Revo-S®, Pro-taper® Next, WaveOne® Gold, XP-Endo® Shaper, Kedo-S, Reciproc® blue, XP-Endo® Finisher e XP Clean (Figura 6).



Figura 6. Linha do tempo em ordem cronológica da evolução dos sistemas mais utilizados.

Os sistemas encontram-se disponíveis tanto no mercado nacional, como no internacional, sendo possível checá-lo no quadro 2.

Quadro 2. Disponibilidade dos sistemas no mercado nacional e internacional.

Mercado Nacional	Mercado Internacional
Pro-taper® Next XP-Endo® Shaper Revo-S® M two® HyFlex® CM XP-Endo® Finisher XP Clean WaveOne® Gold Reciproc® Reciproc Blue®	Kedo-S Self-Adjusting File (SAF)



2

*Sistemas*  
Mecanizados

## 2. SISTEMA MECANIZADO



Mtwo® (VDW, Munique, Alemanha)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Rotatório

**Secção transversal/ Características especiais:** secção transversal em forma de S com com duas arestas de corte ativas

**Diâmetro:** 10-40

**Taper:** Conicidade variável .04, .05, .06, .07

**Liga:** NiTi convencional

**Múltiplos usos**

Velocidade: 250rpm  
Torque: quadro

Apresenta um desenho transversal em forma de "S" que permite a preparação de todo o comprimento de trabalho desde o início, do ápice à coroa, com cada instrumento criando um *glide path* para o próximo, sem remoção excessiva de dentina. Os instrumentos próprios para a exploração inicial são 10/.04 e 15/.05. Para modelagem 20/.06 e 25/.06 os instrumentos possuem arestas de corte mais próximas entre si na ponta do instrumento, permitindo uma ação de corte mais delicada na região apical e um corte mais eficiente no terço cervical.



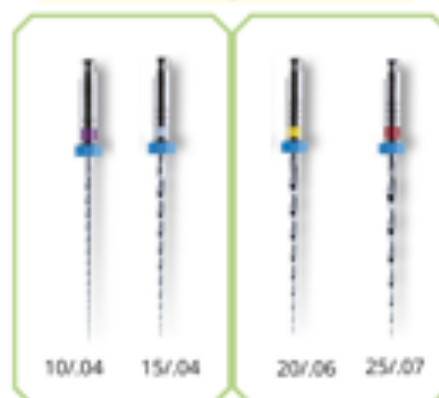
- Reduz o acúmulo de debris
- Diminui o efeito de aparafusamento.
- Anéis com código de cores ISO
- Marcações de profundidade

**Quadro 3.** Torque de acordo com o diâmetro do instrumento descrito pelo fabricante

Mtwo®	gcm	Ncm
10/.04	120	1.2
15/.05	130	1.3
20/.06	210	2.1
25/.06	230	2.3

Exploração inicial

Modelagem



Fonte: VDW®

## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Self-Adjusting File (SAF) (ReDent - NOVA, Raanana, Israel)

**Comprimento:** 21 mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Vibração Vertical, sob curto movimento de penetração e retrocesso

**Secção transversal/ Características especiais:** Oco e com dispositivo de irrigação contínua acoplado proprietário (VATEA).

**Sistema de lima única**

**Diâmetro/ Taper:** 1,5 mm e 2,0 mm

**Liga:** Ni-wire

**Recomendação de uso:** Canais de anatomia atípica.

**Múltiplos usos**

**Accionar:**  
frequência de 83,3 Hz e amplitude  
de 0,4 mm (4 min por canal)

É uma lima vazada em forma de malha de cilindro, feita a partir de uma estrutura fina de NiTi com uma superfície abrasiva que é capaz de se adaptar às paredes do canal radicular. O instrumento atua acoplado a um dispositivo de irrigação de silicone (VATEA, ReDent-Nova), que proporciona um fluxo contínuo de irrigação durante a instrumentação. Ele é acionado em movimento de bicada, enquanto a peça de mão vibra verticalmente. São realizados dois ciclos de 2 minutos, para um tempo total de instrumentação de 4 minutos por canal, o que permite a remoção de uma camada de dentina de aproximadamente 60 a 75µm de espessura no perímetro do canal. O movimento de bicar, combinado com o contato circunferencial próximo do instrumento com as paredes do canal radicular, remove a dentina por abrasão.



- Adapta-se tridimensional às paredes do canal radicular
- Produz remoção uniforme ao redor do perímetro do canal radicular
- Desgaste conservador
- Capacidade de tocar melhor os condutos
- Alto custo

Dispositivo de irrigação de silicone VATEA



Fonte: ReDent-Nova

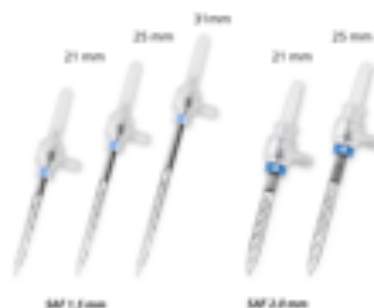
### Seleção de diâmetro do instrumento

**SAF 1.5 mm**

Canais com um tamanho apical inicial de ISO 20-35

**SAF 2.0 mm**

Canais longos com um tamanho apical inicial de ISO 35-60



Fonte: ReDent-Nova

## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Hyflex-CM (Coltène Whaldent Inc., EUA)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Rotatório cêntrico

**Secção transversal/ Características especiais:** Desing Hedström com duas ranhuras com ângulo de inclinação positivo

**Diâmetro:** 15-40

**Taper:** .04, .06, .08

**Liga:** CM

**Múltiplos usos**

**Velocidade:** 500rpm  
**Torque:** 2,4 cm

Sistema que encontra-se no mercado em uma embalagem com 6 unidades sortidas não estéreis. Apresenta possibilidade de ser curvado previamente, podendo orientar os seus átomos na fase da martensita. Para voltar a sua forma original basta ser esterilizado. Os instrumentos em alta temperatura se encontram na fase austenítica. Já em temperatura ambiente ficam na fase martensítica, fase esta em que os átomos são orientados e o instrumento permanece pré-curvado (figura 1).

Depois do uso, os espirais das limas podem se retificar devido a grande flexibilidade da liga NiTi CM readquirindo a forma após ser submetido ao ciclo de esterilização (figura 2). No entanto, os instrumentos precisam ser inspecionados antes e após o uso. **Qualquer deformação decorrente do processo de reorientação na fase martensita irá desaparecer após a esterilização. Se persistir, o instrumento deve ser descartado.**



- 300% mais resistente a fratura
- Pré-curvatura da lima durante o tratamento endodôntico
- Flexibilidade + pré-curvatura = Excelente modelagem do canal
- Podem ser utilizados com diferentes técnicas (crown-down, step back ou single length)



Figura 1

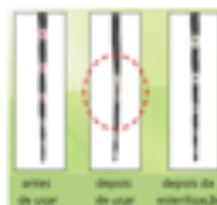


Figura 2

Fonte: Coltene

#### Instruções de limpeza, segundo fabricante:

- Imediatamente após a utilização, mergulhar todos os instrumentos em detergente e solução desinfetante combinada com enzima proteolítica se possível.
- No caso de restarem resíduos na lima, usar uma escova macia para a limpeza.
- Deve ser usada uma unidade de limpeza ultrassônica com um produto de limpeza universal durante 30 minutos.

## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Reciproc® (VDW, Munique, Alemanha)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Reciprocante

**Secção transversal/ Características especiais:** "Forma de S"

**Seleção de lima única**

**Dilâmetro/Taper:** R25 (25/0.08)

R40 (40/0.06)

R50 (50/0.05)

**Liga:** M-wire®

**Uso único**

Acionar com um motor adequado para o efeito e com ajustes originais VDW RECIPROC®, como, VDW.CONNECT Drive® ou VDW.GOLD® RECIPROC®

Sistema que encontra-se no mercado em um kit estéril com 4 unidades, 2 R25, 1 R40, 1 R50. Se manifesta com movimento assimétrico, girando inicialmente no sentido anti-horário 150° para cortar a dentina e no sentido horário 30°, para limpá-la, a fim de evitar o efeito de aparafusamento, que pode ocorrer em alguns sistemas rotatórios contínuos.



- Simplicidade
- Menor risco de contaminação cruzada
- Redução de risco de fratura

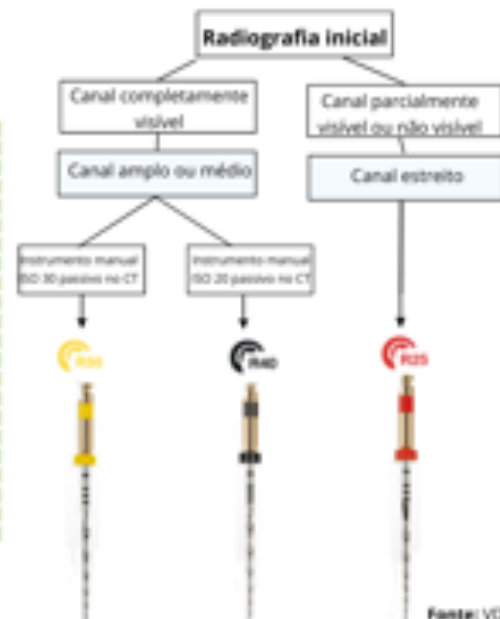


Por possuir eixo de rotação centralizado, os sistemas Reciproc® atuam mecanicamente no centro do canal, o que pode resultar em maior área não tocada pelo instrumento após o preparo.



**Modo passivo:** O instrumento vai diretamente para o CT sem qualquer pressão no interior do canal radicular.

### Seleção de instrumento



## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Revo-S® (Micro Mega, Besançon, França)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** modelagem

**Cinemática:** Rotatório

**Secção transversal/ Características especiais:** assimétrico, iniciando com um movimento 'S' no interior dos canais.

**Diâmetro/Taper:** SC1 (#25/0.06)

SC2 (#25/0.04)

SU(#25/0.06)

Velocidade: 250rpm  
Torque: 0.8 N cm

**Liga:** Ni-Ti convencional

**Recomendação de uso:**

Morfologia complexa do canal radicular

**Múltiplos usos**

Apresenta design com três arestas cortantes, que facilita a penetração por um movimento assimétrico, semelhante a uma cobra, que oferece uma modelagem do canal radicular e um acabamento apical que está intimamente adaptado à anatomia dos canais radiculares.



- Comprimento ativo adaptado
- A parte de corte estendida na região coronal aumenta a flexibilidade do instrumento
- Remoção de debris para fora do canal



Topçuoğlu et al (2017) relataram que após 6, 12, 24 e 48 horas, a intensidade da dor sentida pelos pacientes no grupo de instrumentação manual foi significativamente maior do que no grupo Revo-S, mas semelhante após 72 horas e 1 semana. Acreditando-se que seja devido ao baixo acúmulo de debris no interior do canal que ocorre com o sistema rotatório Revo-S.



Fonte: Micro Mega®



## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Pro-Taper® Next (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Suíça)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Rotatório excêntrico

**Secção transversal/ Características especiais:** excêntrico retangular. Produz movimento ondulatório

**Diâmetro/Taper:** : (X1-X5) 17-50, Conicidade variável .04, .06, .07

**Liga:** M-wire

**Uso único**

**Velocidade: 300rpm**  
**Torque: 2 Ncm**

As limas são embaladas em blisters pré-esterilizados para uso em um único paciente. Segundo o fabricante, sua secção transversal excêntrica produz um "efeito ondulatório" que amplia o espaço para remoção de debris e preserva o canal.

Segundo o fabricante:

- Apresenta baixo módulo de elasticidade e baixa tensão de deformação facilitando transformação martensítica; maior flexibilidade.
- O tratamento térmico leva a um comportamento superelástico mais eficiente
- Menor acúmulo de defeitos após ciclos de carga e descarga = Maior resistência a fadiga.



- Não necessita de esterilização, limas prontas para uso
- Uso único: risco reduzido de fratura do instrumento
- Alta eficiência de corte, visto que um novo instrumento é utilizado a cada paciente
- Sem risco de contaminação cruzada, já que bactérias e resíduos orgânicos podem permanecer no instrumento e a reutilização aumenta essa possibilidade.

No	Instrumento	Diâmetro e conicidade apical
01		007 - 0,4°
02		025 - 0,6°
03		030 - 0,7°
04		040 - 0,8°
05		050 - 0,8°

Fonte: Dentsply Sirona

## 2. SISTEMA MECANIZADO



XP-Endo® Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Moldagem

**Cinemática:** Rotatório excêntrico

**Secção transversal/ Características especiais:** Triangular "Booster Tip"

**Sistema de lima única**

**Diâmetro/taper:** Lima única 15-30; .01- minimum .04

**Liga:** Max-wire

**Recomendação de uso:** Morfologia complexa do canal radicular

**uso único**

Velocidade: 800 a 1000rpm  
Torque: 1N

Sistema fabricado para tratar o canal de forma tridimensional, reagindo de maneira diferente às variações de temperatura. A sua secção triangular com ponta "Booster Tip" (BT) possui seis arestas afiadas e diâmetro reduzido, o que facilita a progressão do instrumento para a região apical do canal radicular, mantendo sua curvatura original. O instrumento tem uma conicidade inicial de .01, e ao ser inserido no canal, atinge uma conicidade de pelo menos .04. Sua ponta BT lhe permite começar a modelar um canal com o diâmetro inicial menor que o instrumento.

São instrumentos relativamente retos em sua fase martensítica à temperatura ambiente, que muda para a forma curva devido à transformação para a fase austenítica quando expostas à temperatura intracanal. Assim, possui o efeito de memória de forma quando inserido no canal e exibe superelasticidade durante o preparo.

**A forma curva dessas limas permite que elas se adaptem às irregularidades do canal.**



**Propriedades:**

- Alta resistência a fadiga cíclica
- Superelasticidade e maior flexibilidade
- Memória de forma



Fonte: FKG



## 2. SISTEMA MECANIZADO



### WaveOne® Gold (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Suíça)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Reciprocante

**Secção transversal/ Características especiais:** Paralelograma

**Seleção de lima única**

**Diâmetro:** Small (20/.07)

Primary (25/.07)

Medium (35/.06)

Larger (45/.05)

**Taper:** conicidade variável

**Liga:** CM Gold

**Fabricação/tratamento:** Tratamento térmico de ouro- formação de uma camada de TiO<sub>2</sub> (óxido de titânio) decorrente ao tratamento térmico, na superfície de coloração dourada.

**Uso único**

Acionada em sua pré-programação de instrumentação reciprocante, própria para o sistema WaveOne®

Encontra-se em um blister estéril com 3 instrumentos de um único tamanho.

**Secção transversal paralelograma:** possui 4 arestas de corte mas apenas 2 arestas estão em contato permanente com as paredes do canal. Seu design descentralizado diminui a área de contato entre a lima e a parede do canal reduzindo o travamento do cone. A ponta do instrumento é cônica e semi-ativa, modificada para melhorar a penetração no canal radicular sendo fiel a trajetória do canal. Estes recursos de design resultam em um movimento reciprocante suave, eliminando necessidade de colocar tensão na lima, aumentando a segurança e melhorando a capacidade de corte.



- Aumenta a segurança do tratamento e reduz o tempo de consulta
- A parte ativa da lima é otimizada com características avançadas de design garantindo uma performance de ponta



Fonte: Dentsply Sirona

## 2. SISTEMA MECANIZADO



**Kedo-S (Reeganz Dental Care Pvt. Ltd., India)**

**Comprimento:** 16 mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** rotatória

**Secção transversal/ Características especiais:**

**Diâmetro:** diâmetro de ponta variável D1-0,25, E1-0,30 e U1-0,40

**Taper:** conicidade variável (4-8%)

**Múltiplos usos**

**Velocidade:** 300rpm  
**Torque:** 2-2N

Sistema que possui um comprimento modificado, conicidade e tamanho da ponta convenientes para uma maior eficiência da pulpectomia em dentes decíduos. O fabricante também aborda que esse sistema apresenta limas com design cônico variado para grupo de elementos e as particularidades dos canais radiculares de dentes decíduos, com o intuito de promover melhor adequação das limas no SCR.

Este sistema consiste em três instrumentos: D1, E1 e U1 com comprimento total de 16mm e parte ativa de 12 mm que possui uma conicidade gradual. A lima D1 foi desenvolvida para preparar os canais mais estreitos dos dentes decíduos e a lima E1 Kedo-S destina-se a preparar os canais mais largos. A lima U1 Kedo-S é usada para preparar os dentes decíduos anteriores superiores e inferiores.

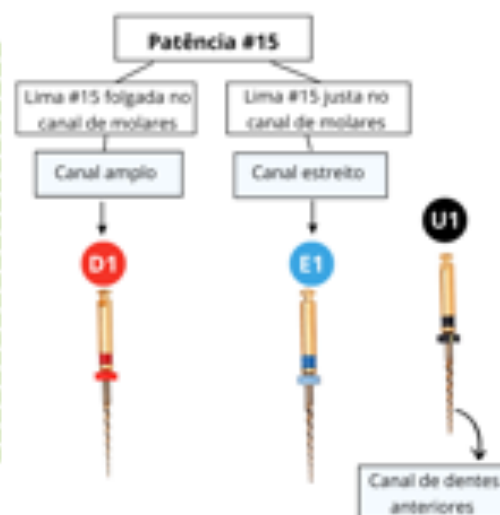


- Comprimento conveniente para dentes decíduos (16 mm);
- Design cônico variado.



Govindaraju et al (2018) relataram que houve diminuição da percepção de dor pelas crianças quando os canais foram instrumentados com o sistema Kedo-S. Segundo os autores, a menor intensidade de dor ocorreu devido ao menor comprimento e conicidade alterada da lima, que tornam a etapa do preparo do canal menos desconfortável para a criança.

### Seleção de instrumento



Fonte: Kedo Files

## 2. SISTEMA MECANIZADO



**Reciproc® blue (VDW, Munique, Alemanha)**

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Modelagem

**Cinemática:** Reciprocante

**Secção transversal/ Características especiais:** "Forma S"

**Seleção de lima única**

**Diâmetro/Taper:** R25 (25/0.08)

R40 (40/0.06)

R50 (50/0.05)

**Taper:** conicidade variável

**Liga:** CM blue

**Uso único**

Aclonar com um motor adequado para o efeito e com ajustes originais VDW RECIPROCB, como, VDW.CONNECT Drive® ou VDW.GOLDB RECIPROCB

É uma versão aprimorada do Sistema Reciproc original. Fornecem maior resistência a fadiga cíclica e maior flexibilidade. Apresentam as mesmas propriedades mecânicas, geometria, tamanho e desing que os sistemas Reciproc® originais. Adicionalmente, o sistema tem a capacidade de ser pré-curvado para melhor acesso ou evitar a produção de degraus ou efeitos no interior do canal.



- Simplicidade
- Menor risco de contaminação cruzada
- Redução de risco de fratura
- Mais flexível e maior resistência flexural



Por possuir eixo de rotação centralizado, os sistemas reciproc atuam mecanicamente no centro do canal, o que pode aumentar a porcentagem de área não tocada pelo instrumento após o preparo

### Seleção de instrumento

 Canal estreito

 Canal médio

 Canal amplo



Fonte: VDW®

## 2. SISTEMA MECANIZADO



**XP-Endo® Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça)**

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Finalizadora

**Cinemática:** Rotatória

**Sistema de lima única**

**Secção transversal/ Características especiais:** agitação do irrigante no interior do SCR, melhorando a limpeza e preservando a dentina.

**Diâmetro/Taper:** 25/.00

**Fabricação/tratamento:** Max-wire

**Recomendação de uso:** Morfologia complexa do canal radicular

**Múltiplo uso**

Foi introduzida para ser usada após a instrumentação, como uma etapa final para melhorar a limpeza e desinfecção do canal radicular. Apresenta diferentes formas frente à variações de temperatura. Na fase martensítica (fase-M), em temperatura ambiente, eles se mantem retas. Na fase austenítica (fase-A), em temperatura corporal apresentam-se em forma de colher (1,5mm) nos 10 mm finais do seu instrumento, alcançando uma capacidade de limpeza muitas vezes maior do que uma lima de tamanho equivalente é capaz.

Segundo o fabricante, este instrumento se adapta à anatomia radicular e realiza desbridamentos e limpezas em áreas que podem não ter sido tocadas durante a instrumentação, mas sem alterar o formato original do canal.

**Velocidade:** 800-1000rpm  
**Torque:** 1N



### Propriedades:

- Alta resistência a fadiga cíclica
- Superelasticidade e agilidade
- Memória de forma

Dispersão do irrigante + Limpeza mecânica

(fase-M) maior 20C - reta  
(fase-A) 35C- forma de colher



Fonte: FKG

## 2. SISTEMA MECANIZADO



XP Clean (MK Life, Porto Alegre, Brasil)

**Comprimento:** 21mm

**Aplicação:** Finalizadora

**Cinemática:** Rotatória

**Sistema de lima única**

**Secção transversal/ Características especiais:** secção triangular. Maior preservação da estrutura do dente, potencializa a ação irrigadora e limpeza.

**Diâmetro:** ISO 25

**Taper:** conicidade .02

**Liga:** CM Blue

**Múltiplos usos**

Velocidade: 650- 850rpm  
Torque:1N

É uma lima de design de eixo longo "tipo cobra". Instrumento transversal triangular com o diâmetro ISO 25 e conicidade .02. O fabricante propõe dois mecanismos de ação: pela agitação do líquido irrigante, aumentando o poder de limpeza e pelo contato mecânico nas paredes internas dos canais. Isto eventualmente aumenta a remoção de microrganismos por conseguir tocar partes do canal que não foram tocadas durante a instrumentação.



- Dispersão do irrigante + Limpeza mecânica;
- É um potencial instrumento para a instrumentação do canal radicular de maneira eficaz e simplificada em dentes deciduos.



Um estudo em protótipos dentes deciduos mostra que XP Endo Finisher e XP Clean resultaram em baixo acúmulo de debris no interior do canal radicular. Este fato tem relevância clínica pois reduz a dor pós-operatória e melhora o prognóstico do tratamento endodôntico (Moraes et al., 2021).



Fonte: MK life

## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Motores endodônticos

São equipamentos disponíveis no mercado que acionam os sistemas mecanizados para realizar o tratamento endodôntico. Apresentam programas pré-definidos de alguns sistemas mas é possível memorizar novas programações de velocidade/torque de quaisquer sistemas.

#### Exemplos de motores disponíveis no mercado Nacional:



Fonte: VDW®

##### Silver Reciproc - VDW

- Sistemas rotatórios contínuos: ajustes pré-programados para Mtwo®, FlexMaster®, ProTaper® Universal, K3TM e Gates Glidden.
- Função "reciproc reverse" específica para Reciproc®
- Micromotor com cabo e conector + Contra Ângulo 6.1 Redutor + 1 pedal com cabo + 1 carregador com adaptador + 1 suporte para peça de mão



Fonte: Dentisply Sirona

##### X-Smart plus- Dentisply

- 6 Programas pré-definidos (Wave One, Protaper Universal, Protaper Next, Pathfile, Reciproc e Gates) e 7 programas livres
- Autonomia da bateria de 2 horas em uso contínuo
- 1 contra-ângulo com cabo e conector, apoio para peça de mão - Bivolt



Fonte: MK Life

##### Contra Ângulo E-Connect Pro - MK Life

- Motor rotatório e recíprocante
- Sem fio, leve, portátil e Bivolt
- 9 memórias programáveis
- 1 contra-ângulo (push-button), 1 endomotor, 1 base e 1 fonte de energia.



Fonte: Dentisply Sirona

##### X-Smart IQ- Dentisply

- Motor rotatório e recíprocante
- É controlado pelo aplicativo da Apple IOS
- Peça de mão sem fio,
- programas pré-definidos para: Wave One Gold, Wave One, Protaper Next, Protaper Gold, Protaper Universal, Profile, Pathfile e Proglider.



Fonte: Wak's

##### AI Motor - Wak's

- Motor rotatório e recíprocante
- Sem fio, Monitor Oled e Bivolt
- Compatível à todos os sistemas
- 9 memórias programáveis
- Contra-ângulo (push-button) - 8mm de diâmetro



Fonte: Wak's

##### Ecom + - Wak's

- Motor rotatório e recíprocante
- Compatível à todos os sistemas
- Sem fio, led acoplável e entrada para localizador Foraminal DPEX III
- Memória com 9 programas
- Monitor Oled



## 2. SISTEMA MECANIZADO



### Reutilização dos sistemas

Apesar da limitação de uso descrita pelos fabricantes, a reutilização dos instrumentos tornou-se uma prática comum entre os endodontistas. Estudos mostram que os instrumentos reciprocantes resistiram a um maior número de ciclos antes de fraturar.



#### Fracture Incidence of WaveOne and Reciproc Files during Root Canal Preparation of up to 3 Posterior Teeth: A Prospective Clinical Study

*Cláudio Stephano Pereira Bueno, DDS, MSc,\* Daniel Paulo de Oliveira, DDS, MSc, PhD,\*  
Rosa Andreia Pilgriani, DDS, MSc, PhD,\* Carlos Eduardo Fontana, DDS, MSc, PhD,\*  
Daniel Guimarães Paulo Rocha, DDS, MSc, PhD,\*  
and Carlos Eduardo de Oliveira Bueno, DDS, MSc, PhD\**



Bueno et al (2017), concluíram que os sistemas Reciproc® e WaveOne® são opções viáveis e seguras para serem usados em até 3 casos de tratamento endodôntico em dentes posteriores.



#### Effects of clinical use of NiTi reciprocating instruments on cyclic and torsional resistance, and on roughness

Moreira et al (2020), não observaram fratura ou deformação do instrumento após 3 vezes de uso em molares superiores. Concluiu-se que o número de até 3 vezes de uso clínico do instrumento não afeta a fadiga cíclica e a resistência a torção do sistema Reciproc®.





### 3. PROTOCOLOS DE INSTRUMENTAÇÃO



#### Instrumentação Manual



#### Lima do tipo Kerr

- Inundar o conduto do canal radicular com a solução irrigadora de escolha, penetrar gradativamente com lima que melhor se adapte ao diâmetro do conduto inicial, seguida por duas limas sucessivas da série no sentido coroa-ápice.
- Alternar em  $\frac{1}{4}$  de volta para direita e  $\frac{1}{4}$  de volta para a esquerda, todas as limas são utilizadas no mesmo comprimento de trabalho
- Intercalar irrigação a cada troca de lima.



Recomenda-se que chegue pelo menos até a lima #45



Recomenda-se que chegue pelo menos até a lima #35



O conduto do canal radicular deve estar sempre inundado e nunca deve ser instrumentado seco.



#### Instrumentação Mecanizada



#### Regras para uma boa conduta clínica

- Utilizar os instrumentos em canais bem irrigados;
- Usar ajuste de **velocidade** e **torque** de acordo com cada fabricante;
- Limpar o instrumento após cada uso e verificar possíveis distorções;
- **Nunca** forçar os instrumentos apicalmente no sistema de canais radiculares;
- Repetir a sequência quantas vezes for necessário até alcançar o CT.



#### Antes de iniciar o protocolo de uso dos sistema

##### Glide path

Até a lima manual do tipo kerr #20 no comprimento de patência, com o intuito de criar um trajeto no SCR e remover as principais interferências nas paredes do canal para melhor performance dos sistemas e menor risco de eventual fratura por torção da lima.

##### Patência do canal

Utilizar limas manuais #10-15.



### 3. PROTOCOLOS DE USO



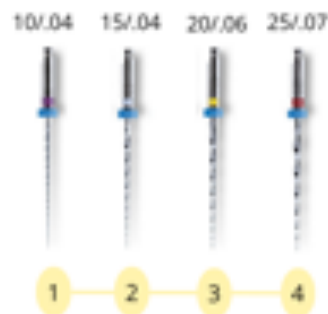
#### Instrumentação Mecanizada



#### Mtwo®

- Acionar a sequência de limas com velocidade de **500rpm** e torque no **quadro 3** (pág. 20);
- Realizar 3 avanços e retrocessos até que o cursor alcance a referência estabelecida (CT). Na sequência: #10.04, #15.04, #20.06 e #25.07;
- Realizar movimentos de "pincelada" na direção coronária sem tirar o instrumento completamente do canal;
- Intercalar com patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR

#### Sequência básica



#### Movimento



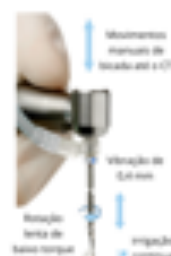
- Inserir o instrumento sem tocar nas paredes do SCR
- Exercer pequena pressão permitindo que toque nas paredes do SCR
- Fazer leves movimentos de "pincelada" na direção coronal, sem tirar o instrumento do SCR
- Avanço gradual até alcançar o CT, com movimentos de vai e vem



#### Self-Adjusting File (SAF)

- Acionar o sistema na frequência de 83,3 Hz (**5000 rpm**) e amplitude de **0,4 mm**;
- Realizar movimentos de bicada em blocos de 2 min até alcançar o CT por um tempo total de 4 minutos (min) por canal;
- Durante o procedimento, uma irrigação contínua com NaOCl 1,0% com vazão de 5 mL/min aplicada ao aparelho de irrigação especial VATEA.

#### Instrumento



#### Sequência básica



\*De acordo com a instrução dos fabricantes

### 3. PROTOCOLOS DE USO



#### Instrumentação Mecanizada



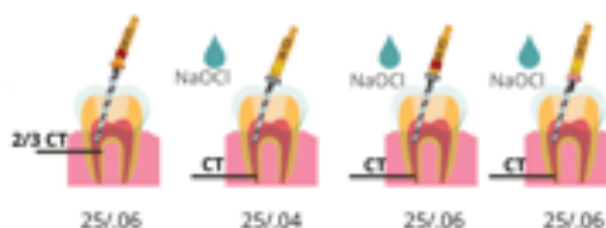
#### Hyflex-CM

- Acionar a sequência de limas com velocidade de **500rpm** e torque **2,5N/cm**;
- Iniciar com 25/.08 coronalmente, seguida por avanços 20/.04, 25/.04 e 20/.06 até que o cursor alcance a referência estabelecida (CT);
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



#### Reciproc®

- Acionar lima utilizando a pré-programação da instrumentação recíprocante adequada para o sistema Reciproc®, nos motores disponíveis no mercado;
- Escolher uma única lima, de acordo com a anatomia do canal;
- Realizar 3 movimentos suaves de bicada para dentro e para fora, com leve pressão apical até que o cursor alcance a referência estabelecida do CT;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



\*De acordo com a instrução dos fabricantes

### 3. PROTOCOLOS DE USO



#### Instrumentação Mecanizada



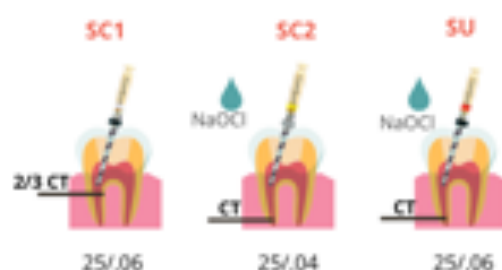
#### Revo-S®

- Acionar a sequência de limas com velocidade de **250 – 400 rpm** e torque **0.8 N/cm**;
- Iniciar lentamente com avanço da **SC1** uma única vez, sem pressão apical. Com a **SC2** realizar 3 movimentos de avanço e retrocesso. Por último a **SU** com avanço único;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



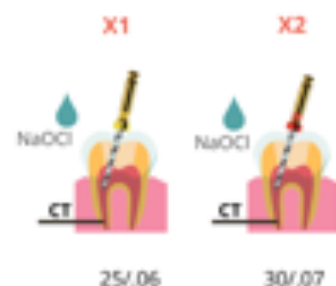
#### Pro-taper® Next

- Acionar a sequência de limas com velocidade de **300 rpm** e torque **2 N/cm**;
- Realizar 3 avanços até que o cursor alcance a referência estabelecida (CT). Na sequência: X1 e X2;
- Em canais amplos: X3 ou X4, X5;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



\*De acordo com a instrução dos fabricantes

### 3. PROTOCOLOS DE USO



#### Instrumentação Mecanizada



#### XP-Endo® Shaper

- Acionar a lima com velocidade de **800-1000rpm** e torque **1N/cm**;
- Introduzir a lima com o motor parado no interior do canal até apresentar resistência, realize recuo e então, acione o motor. Realizar movimentos longos de avanço e retrocesso (no máximo 5) até alcançar a referência estabelecida do CT;
- Uma vez alcançado o CT, repetir esse movimento 15 vezes;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumento



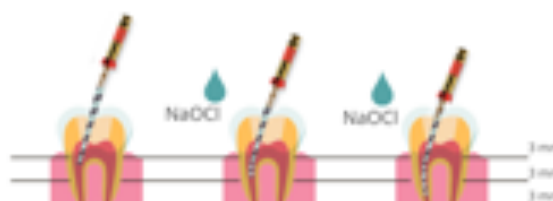
#### Sequência básica



#### WaveOne® Gold

- Acionar em sua pré-programação de instrumentação recíproca, própria para o sistema WaveOne®, nos motores disponíveis no mercado;
- Escolher uma única lima, de acordo com a anatomia do canal;
- Realizar 3 "bicadas" (movimentos delicados de dentro para fora) de 2-3mm de amplitude, limpar o instrumento com gaze e repeti-lo até alcançar a referência estabelecida do CT;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



\*De acordo com a instrução dos fabricantes

### 3. PROTOCOLOS DE USO



#### Instrumentação Mecanizada



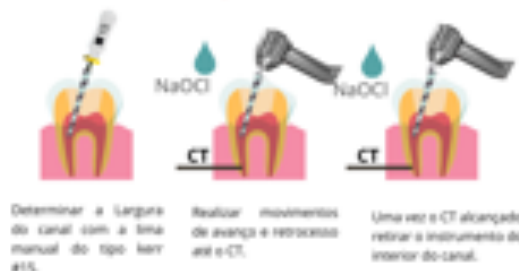
#### Kedo-S

- Acionar a sequência de limas com velocidade de **300 rpm** e torque **2-2N**;
- Realizar 1-2 avanços, com a lima de escolha, até que o cursor alcance a referência estabelecida (CT) não mais do que 3-4 segundos em cada canal;
- Limpar o instrumento a cada uso e checar possíveis distorções;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



#### Reciproc® Blue

- Acionar lima utilizando a pré-programação da instrumentação recíprocante adequada para o sistema Reciproc®, nos motores disponíveis no mercado;
- Escolher uma única lima, de acordo com a anatomia do canal;
- Realizar 3 movimentos suaves de bicada para dentro e para fora, com leve pressão apical, sem exceder 3 mm de amplitude, até alcançar a referência estabelecida do CT;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



\*De acordo com a instrução dos fabricantes



### 3. PROTOCOLOS DE USO



#### Instrumentação Mecanizada



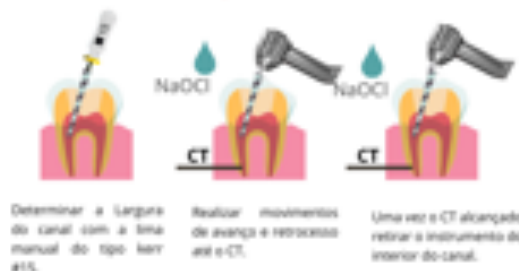
#### Kedo-S

- Acionar a sequência de limas com velocidade de **300 rpm** e torque **2-2N**;
- Realizar 1-2 avanços, com a lima de escolha, até que o cursor alcance a referência estabelecida (CT) não mais do que 3-4 segundos em cada canal;
- Limpar o instrumento a cada uso e checar possíveis distorções;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



#### Reciproc® Blue

- Acionar lima utilizando a pré-programação da instrumentação reciprocante adequada para o sistema Reciproc®, nos motores disponíveis no mercado;
- Escolher uma única lima, de acordo com a anatomia do canal;
- Realizar 3 movimentos suaves de bicada para dentro e para fora, com leve pressão apical, sem exceder 3 mm de amplitude, até alcançar a referência estabelecida do CT;
- Intercalar com a patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumentos



#### Sequência básica



\*De acordo com a instrução dos fabricantes

### 3. PROTOCOLOS DE USO



#### Instrumentação Mecanizada



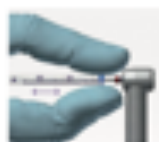
#### XP-Endo® Finisher

- Acionar a lima com velocidade de **800-1000rpm** e torque **1N/cm**;
- Introduzir a lima com o motor parado no interior do canal até apresentar resistência, realize recuo e então, acione o motor. Realizar movimentos longitudinais lentos e suaves de 7-8 mm por 1 min até que o cursor alcance a referência estabelecida do CT;
- Patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumento



#### Sequência básica



Definir o CT com o tubo plástico.



Inserir o instrumento apontando em direção à cúpide e acione o motor.



Realizar movimentos longitudinais lentos e longos até o CT por 1 minuto.



#### XP Clean

- Acionar a lima com velocidade de **800-1000rpm** e torque **1N/cm**;
- Introduzir a lima com o motor parado no interior do canal até apresentar resistência, realize recuo e então, acione o motor. Realizar movimentos longitudinais lentos e suaves de 7-8 mm por 1 min até que o cursor alcance a referência estabelecida (CT);
- Patência, irrigação e aspiração simultânea seguido de inundação do SCR.

#### Instrumento



Inserir o instrumento apontando em direção à cúpide e acione o motor.



Realizar movimentos longitudinais lentos e longos até o CT por 1 minuto.

Fonte: MK life

\*De acordo com a instrução dos fabricantes





## Referências

Bürklein S, Börjes L, Schäfer E. Comparison of preparation of curved root canals with Hyflex CM and Revo-S rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J.*, v. 47, n.470-476, 2014.

Bueno C, Oliveira DP, Pelegrine RA, Fontana CE, Rocha D. Fracture incidence of WaveOne and Reciproc files during root canal preparation of up to 3 posterior teeth: a prospective clinical study. *J. Endod.*, v.43, n.5,p. 705-708, 2017.

Coltene. Instructions For Use - Hyflex®CM NiTi Files. Disponível em: <https://global.coltene.com/pim/DOC/IFU/docifu30003116d-hyflex-cm-niti-ifusallaindv1.pdf>

Coltene. HyFlex® Rotary Files. Disponível em: <https://nam.coltene.com/pim/DOC/BRO/docbro03464-h-en-hyflex-cm-8-5-x-11-0sensaindv1.pdf>

Dentsply Brasil. Instruções de Uso Reciproc® Blue Limas para Odontologia. Disponível em: <http://www.dentsply.com.br/bulas/directory/RVDW-Reciproc-Blue.pdf>

Dentsply Brasil. Instruções de Uso Reciproc® Limas para Odontologia. Disponível em: <http://www.dentsply.com.br/bulas/directory/RVDW-Reciproc.pdf>

Dentsply Brasil. Lima Reciprocante Wave One Gold Mallefer. Bula do WaveOne® Gold da Dentsply Sirona. Disponível em: <https://www.dentalcremer.com.br/s3.amazonaws.com/contenudos/Bula%20do%20WaveOne%20Gold%20da%20Dentsply%20Sirona.pdf>

Dentsply Sirona Endodontics. Catálogo Digital WaveOne Gold. Disponível em: <https://www.dentsplysirona.com/contents/dam/flagship/en/explore/endodontics/ROW-WaveOne-Gold-Brochure-Digital-EN-0418.pdf>

Dentsply Sirona Endodontics. Catálogo da ProTaper Next® Performance flexível. Disponível em: <https://www.dentsplysirona.com/contents/dam/flagship/pt-br/explore/endodontics/Catalogo-ProTaper-Next.pdf>

Dentsply Sirona Endodontics. Catálogo WaveOne Gold Glider files technique e Gold shaping files technique. Disponível em: <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/regions-countries/north-america/product-procedure-brand/endodontics/brands/waveone-gold/end-step-by-step-waveone-gold-reciprocating-files-en.pdf>

Fernandes POF, Freire LG, Iglesiás EF, Vieira BR, Zúñigo ML, Gavini G. Assessment of mechanical root canal preparation with centric reciprocating or eccentric rotary kinematics: a micro-computed tomographic study. *J. Endod.*, v.46, n.9 p.1309-1316, 2020.

Swiss Endo Iberia. FKG XP - Endo. Disponível em: [https://www.fkgiberia.com/sites/default/files/201810\\_FKG\\_XPendo%20Shaper%20%26%20Finisher%20Protocol%20Card\\_web\\_0.pdf](https://www.fkgiberia.com/sites/default/files/201810_FKG_XPendo%20Shaper%20%26%20Finisher%20Protocol%20Card_web_0.pdf)



## Referências

Swiss Endo Iberia. XP- Endo Finisher. Disponível em: <https://www.fgiiberia.com/pt/producos/endodontia/moldagem-e-limpeza-de-canal/xp-endo-finisher>.

Govindaraju L, Jeevanandan G, EMG S, Vishwanathaiah S. Assessment of quality of obturation, instrumentation time and intensity of pain with pediatric rotary file (Kedo-S) in primary anterior teeth: a randomized controlled clinical trial. *Int J Clin Pediatr Dent.* v.11, n.6, p. 462-467, 2018.

Hidalgo LRC, Silva LAB, Leoni GB, et al. Mechanical preparation showed superior shaping ability than manual technique in primary molars - a micro-computed tomography study. *Braz. Dent. J.* v.28, n.4, p. 453-460, 2017.

Jeevanandan G, Ganesh S, Arthilakshmi. Kedo file system for root canal preparation in primary teeth. *Indian J Dent Res.* v.30, n.4, p. 622-624, 2019.

Moraes R, Perez R, Silva ASS, Machado AS, Lopes RT, Pistor AvB, Primo LG, Neves AA. Micro-CT evaluation of root canal preparation with rotary instrumentation on prototyped primary incisors. *Braz. Oral Res.* v. 35, e.132, 2021.

Moreira E, Antunes H, Vieira Y, Cavalcante DM, Oliveira HE, Oliveira D, DE-Deus G, Silva E. Effects of clinical use of NiTi reciprocating instruments on cyclic and torsional resistance, and on roughness. *Braz. Oral Res.* v.35, e.21, p.132-135, 2021

Avini G, Dos Santos M, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz. Oral Res.* v.32, e.67, p. 44-65, 2018.

Nair M, Jeevanandan G, Vignesh R, Emg S. Comparative evaluation of post-operative pain afterpulpotomy with k-files, kedo-s files and mwo files in deciduous molars-a randomized clinical trial. *Braz Dental Sci.* v.21, n.4, p. 411-417, 2018.

Ochoa-Romero T, Mendez-Gonzalez Y, Flores-Reys H, Pozos- Guillen AJ. Comparison between rotary and manual techniques on duration of instrumentation and obturation times in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent.* v.35, n.4, p.359-363, 2011

Ruddle CJ. Single- file shaping technique achieving a gold medal result. *Dent Today.* v.35, n. 1, p. 98-103, 2016.

Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-Titanium Rotary file systems: what's new? *EUR Endod J.* v.4, n.3, p.111-117, 2019.



## Referências

Tinanoff N, Baez RJ, Guillory CD, Dorly KJ, Feldens CA, McGrath C et al. Early childhood caries epidemiology, aetiology, risk assessment, societal burden, management, education, and policy: Global perspective. *Int J Paediatr Dent.*, v. 29, n.3, p. 238 -248, 2019.

Topçuoğlu G, Topçuoğlu HS, Delikan E, Aydınbeşe M, Dogan S. Postoperative pain after root canal preparation with hand and rotary files in primary molar teeth. *Pediatr Dent.*, v. 39, n.3, p. 192-196, 2017.

VDW Dental / Endo Easy Efficient. Reciproc® Blue Product card. Disponível em: <https://www.vdw-dental.com/en/products/reciproc-family/>

VDW Dental / Endo Easy Efficient. Reciproc® Blue Step by Step. Disponível em: <https://www.vdw-dental.com/fileadmin/Dokumente/Sortiment/Aufbereitung/Reziproke-Aufbereitung/RECIPROC-blue/VDW-Dental-RECIPROCblue-Step-by-Step-Card-EN.pdf>

VDW Dental. Reciproc Blue®. Disponível em: <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/reciproc-blue/>

Zanza A, D'angelo M, Reda R, Gambirini G, Testarelli L, Di Nardo D. An Update on Nickel-Titanium rotary instruments in endodontics: mechanical characteristics, testing and future perspective—An Overview. *Bioengineering (Basel)* v.8, n.12, p.218-235, 2021.

Esperamos que o conteúdo deste E-book tenha te ajudado durante a escolha do sistema para a instrumentação em dentes decíduos !

Agradecimentos à  
CAPES, à FAPERJ e  
ao Programa de  
Pós- Graduação em  
Odontologia da  
UFRJ



#### **4.2 Artigo: Instrumentation time and effectiveness of hand and rotary files in a prototyped second mandibular primary molar: A micro-CT study.**

Emily Feitosa Rêgo<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-3319-7132>)

Renata Perez Vianna Silva<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-2192-0124>)

Aline Saddock de Sá Silva<sup>3</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-5940-2109>)

Marília Fagury Videira Marceliano-Alves<sup>3</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-2917-5934>)

Laura Guimarães Primo<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-3718-693X>)

Aline de Almeida Neves<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-6049-0588>)

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, School of Dentistry, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Laboratory for Nuclear Instrumentation, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

<sup>3</sup>Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

#### **Correspondence to:**

Aline de Almeida Neves

Endereço: Rua Rodolpho Paulo Rocco, 325, CEP: 21941-913

Telefone/Fax: (55) 213938-2098

e-mail: [aline.neves@odonto.ufrj.br](mailto:aline.neves@odonto.ufrj.br)

## Abstract

The aim of this study was to compare biomechanical outcomes of the different instrumentation systems and their time undertaken for instrumentation in prototypes of primary teeth. Sixty standardized prototypes of mandibular second primary molars were divided according to the systems as following systems: k-file, ProTaper Next (PTN), XP-endo Shaper (XPS), XP-endo Finisher (XPF), XP-Clean (XPC) and Sequence Baby file (SBF) (n=10/each). Irrigation was performed with a total of 16mL of 0.9% saline solution for each canal, with simultaneous aspiration by single operator and time spend was recorded. The prototypes were scanned before and after the instrumentation using micro-computed tomography (micro-CT) and after, the image sets were reconstructed and registered. Changes in root canal volume, non-instrumented areas, accumulated debris, removed dentin volume and canal transportation were quantified. Data was analyzed through ANOVA, Kruskal-Wallis, and Wilcoxon tests ( $\alpha=5\%$ ). Instrumentation with rotary files resulted in less time-consuming ( $p < .001$ ) than manual k-file. Accumulated debris was higher for K-file and XPS. All groups showed an increase in root canal volume after instrumentation ( $p=0.003$ ) with higher values in K-file ( $p<0.05$ ). The non-instrument areas and canal transportation were similar for all systems. In conclusion, rotary system reduced the instrumentation time and SBF and XPC resulted in a more conservative approach. Canal transportation may leave portions of infected root canal walls without mechanical preparation.

**Keywords:** Tooth, Deciduous. Pulpectomy. Endodontics instrumentation. X-Ray Microtomography.

## Introduction

The irreversible infected or necrotic primary pulp requires a pulpectomy procedure where cleaning, shaping, and disinfecting the root canal system plays a critical role to obtain successful outcomes (AAPD, 2021). However, primary teeth, with its complex

root canal anatomy (Esenturk *et al.*, 2019; Govindaraju *et al.*, 2017; Katge & Wakpanjar, 2018) pose an extra challenge to pediatric dentists which are faced with these treatment needs in the growing patient.

Despite being the standard and widely accepted technique for biomechanical preparation in primary teeth, manual instrumentation with stainless steel files, may be time-consuming and lead to iatrogenic errors. In attempt to overcome these drawbacks, a wide variety of nickel-titanium (NiTi) rotary instruments, with centric or eccentric movement have been introduced into the market, using different geometry and surface treatment to increase adaptation and flexibility of the instruments inside the canals (George *et al.*, 2016).

Rotary systems have demonstrated efficient cleaning ability of the root canals and a reduction in instrumentation time. Eccentric rotary instruments have been given a special attention due to the better adaptation into the root canal morphology, which results in less non-instrumented areas. The ProTaper Next<sup>®</sup> system (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Switzerland) is a multi-file system produced with an M-wire alloy and employs a “snake-like” movement (Hidalgo *et al.*, 2017). Other systems only use one file to prepare root canals, such as the XP-endo<sup>®</sup> Shaper (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) which is produced with the Max-wire alloy and has the ability to expand the instrument in contact with body temperature, providing further surface contact with the root canal walls (Poly *et al.*, 2021). The XP-endo<sup>®</sup> Finisher (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) is also a heat-treated system while XP- Clean (MK Life, Porto Alegre, Brazil) is an eccentric single-file instrument designed to clean the root

canals without removing dentin tissue, as a conservative and simple approach in primary teeth (Moraes *et al.*, 2021). Recently a proper paediatric endodontic rotary system, the Sequence Baby File (MK Life, Porto Alegre, Brazil), was introduced and employs files with a modified length, taper and tip size, purposing better performance in primary teeth during instrumentation.

Micro-computed tomography (micro-CT) is the method of choice to evaluate the biomechanical endodontic instrumentation outcomes, allowing non-destructive comparisons within the same specimen. It provides a three-dimensional analysis of morphological characteristics of the specimen in a clear and accurate way, allowing comparison of changes that occurred during root canal instrumentation among different instruments and techniques (Neves *et al.*, 2015).

Based on the above mentioned, the purpose of this study was to compare biomechanical instrumentation outcomes (root canal volume, non-instrumented area, removed dentin volume and canal transportation) of a paediatric centric rotary file system (SBF), an eccentric rotary multi-file system (PTN), and a few single file rotary systems (XPS, XPF, XC), using standardized 3D printed prototypes of a mandibular second primary molar through micro-CT. The null hypotheses tested were that: (i) Rotary systems and hand files results in a similar instrumentation time; (ii) Manual file and rotary systems have similar instrumentation outcomes.

## **Materials and Methods**

For this study, sixty standardized prototypes of a mandibular second primary molar were produced, as described previously by the protocol of Moraes *et al.*, (2019).



### *Specimen preparation*

The selected prototypes were categorized into 6 groups of 10 each, based on the different root canal instrumentation systems. Access cavities were cut through the occlusal crown surface with a spherical diamond burr #1012 (KG Sorensen, Cotia, Brazil) and were further prepared into a trapezoidal shape with an EndoZ burr (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), both attached to a high-speed motor under water irrigation. An initial root canal exploration was performed with a Kerr #15 file (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) to remove and clean the resin residues from the root canal. The length patency was established using a Kerr #10 file that was placed into the canal until it passed through the apical foramen and was then pulled back 1 mm, to establish the working length (WL). Next, a glide path was performed with Kerr #20 file to ensure a smooth preliminary preparation, rendering the canal predictable. Then, the coronal access opening was cleaned with a conduit brush (MK Life, Porto Alegre, Brazil). All procedures were performed under irrigation with 0.9% saline solution (8mL) and simultaneous aspiration. Next, the specimens were scanned by micro-CT to obtain the initial root canal data,

### *Root canal instrumentation and irrigation*

All prototypes were instrumented by a single trained operator. The specimens were sealed at the apex and fixed in a custom-made device, which identified the prototype number and were positioned on a mini academic lathe (Tornin, Brazil) to ensure the same position of the specimen throughout the root canal instrumentation. To mimic the

clinical conditions during instrumentation, the saline solution was heated ( $35 \pm 1^\circ\text{C}$ ) and a thermometer was used to control the temperature of the irrigant.

For the mechanical instrumentation, the systems were powered by the X-Smart™ Plus Motor (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) according to each manufacturer's instructions. A new file was employed after using in three prototypes. The instrumentation time was measured by an assistant using a digital chronometer, beginning when the first file was placed into the root canal and concluding after the final irrigation with saline solution was performed. The instrumentation groups were categorized as follows:

- **Manual K-file** (#25-35/.02; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland): The root canals were instrumented manually with first series 21-mm K-file, using the apex-crown technique. The first file was #25, followed by two more files in the sequence. At each file change, canal patency and irrigation with 2mL of 0.9% saline solution and simultaneous aspiration were performed.
- **ProTaper Next® system – PTN** (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Switzerland): The root canals were instrumented using 21-mm file with variable taper in the sequence: X1#17.04, X2 #25.06 and X3 #30.07 at a speed of 300 rpm and torque of 2 N/cm. At each file change, canal patency and irrigation were performed with 2mL of 0.9% saline solution and simultaneous aspiration.
- **XP Endo® Shaper system – XPS** (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland): The root canals were instrumented with a 21-mm single-file (#30.04) that was introduced with the motor stopped inside the canal until it presented

resistance, then it was withdrawn and then the motor started at a speed of 1000 rpm and 1 N/cm torque. Long and smooth back-and-forth movements were performed until reaching the WL. Once the WL was reached, this movement was repeated 15 times.

- XP Endo<sup>®</sup> Finisher system – **XPF** (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland): The root canals were instrumented with a 21-mm single-file (#25.00) that was introduced into the canal with the motor stopped and then started at a speed of 1000 rpm and 1 N/cm torque. Gentle and slow longitudinal movements of 7-8 mm were performed for one minute (min) to reach the WL.
- XP Clean system – **XPC** (MK Life, Porto Alegre, Brazil): The root canals were instrumented with a 21-mm single-file (#25.04) that was introduced into the canal with the motor stopped and then started at a speed of 1000 rpm and 1 N/cm torque. Gentle and slow longitudinal movements of 7-8 mm were performed for one minute to reach the WL.
- Sequence Baby File system – **SBF** (MK Life, Porto Alegre, Brazil): The root canals were instrumented with a 16-mm file using the sequence: #17.08 (an orifice shaper), #20.04 (at 2/3 of canal length), #25.04 and #30.04 were used to reach the WL at a speed of 350 rpm and torque of 1,5 N/cm.

Irrigation protocol was performed in the same manner for all groups. Between each preparation step, root canals were irrigated with 2 mL of 0.9% saline solution resulting in a total of 16 mL of irrigant per root canal during instrumentation and simultaneous aspiration with a 30-gauge NaviTip needle (Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, SP,

Brazil) up to 2mm from the apical foramen. Canal patency was checked with a Kerr #15 file before and between file removal as well as after reaching the WL. To verify if the instrument reached the WL, a matching-size/taper single gutta-percha point was selected according to the last file used to instrument the root canal. If not, the file was cleaned with gauze with alcohol 70 and the procedure was repeated until the WL was reached. Finally, the root canal was dried with sterile paper points (Dentsply Sirona Endodontics) and the specimens were ready for post-operative scanning by micro-CT to obtain the final root canal data.

#### *Micro-CT scanning and 3D analysis*

The specimens were fixed in a custom-made device, leaving them in the same position during the scanning procedures. Before and after root canal instrumentation, the specimens were scanned using a micro-CT device (Skyscan 1173, Bruker micro-CT, Kontich, Belgium) with the following acquisition parameters: 40 kV, 150 mA, pixel size of 7.8  $\mu\text{m}$ , matrix of 2240 x 2240 pixels, aluminum filter of 1 mm, 800 ms exposure, 1° rotation step and 360° around the vertical axis (Neves *et al.*, 2015).

Prototype images were acquired at baseline (initial) and after (final) instrumentation with each system. The images were obtained in a 16-bit TIFF format. Volumetric cross-section reconstruction was performed with NRecon<sup>®</sup> (Bruker, Kontich, Belgium) using the following parameters: filter for noise removal (7), correction of ring artifacts (9), correction of beam hardening (45%), and contrast limits set between 0.04 and 0.5.

After that, image datasets pairs (same specimen before and after instrumentation) were registered to ensure that they were positioned in the same spatial coordinates. To

perform the registration procedure, the dataset was exported in “\*.nrrd” format to the 3DSlicer software (Available in :<http://www.slicer.org>) (Fedorov *et al.*, 2012). The sound canal volume (initial dataset) was considered as the reference volume, to which the other datasets corresponding to the different instrumentation steps were registered. A “rigid-scale” algorithm with 7 degrees of freedom was used for this procedure.

After reconstruction and registration, all subsequent steps of image analysis were carried out within the FIJI open source software. The first segmentation step was a subtraction operation between the root dentin after closing the root canal and the original root dentin with the root canal, as seen in Figure 1. The same procedure, using the image stacks after instrumentation, was performed to obtain the instrumented root canal volume. Further, the quantitative analysis of removed root material volume, accumulated debris, percentage of non-instrumented area and apical canal transportation were performed following the methodology proposed in a previous study (Xavier *et al.*, 2020; Moraes *et al.*, 2021). All volumetric calculations were carried out using the 3D Object Counter plugin embedded into the FIJI open source software.

For calculation of the removed root material volume from the canal during instrumentation, the sound canal volume was subtracted from the instrumented root canal volume. For the calculation of non-instrumented areas, the instrumented canal volume was subtracted from the sound canal volume. To calculate the accumulated debris, a higher segmentation value was selected (70) in the instrumented specimen's stacks to keep the debris in the segmentation results. Debris have a slighter lower gray value than the compacted resin at the root canal. After this procedure, the image dataset was subtracted from the volume of instrumented canal to give the volume of

accumulated hard tissue debris along the root canal. The amount of non-instrumented areas was calculated by the number of static voxels (voxels present in the same position on the canal wall before and after instrumentation as untouched area) divided by the total number of voxels present on the sound root canal surface, calculated as the following formula:

$$\frac{\text{number of static voxels} \times 100}{\text{total number of surface voxels}}$$

*Canal transportation: Image analysis and calculation*

The sixty tomographic datasets of the specimens were used, with two distinct canals, mesiobuccal (MB) and mesiolingual (ML), separated along the entire root length. Quantitative assessment was obtained by reconstructed three-dimensional images of the root canal volumes ( $\text{mm}^3$ ) selecting the region of interest (ROI) using the CTAN v1.14.4.1 software (Bruker microCT, Kontich, Belgium) as shown in Figure 2.

The sections of tomographic images were set using the cartesian axes. The mesio-distal direction (MD) followed the X axis, the buccal-lingual direction (BL) followed the Y axis and the centroid followed the X axis (Figure 3a). The canal transportation (in mm) was measured by the centers of gravity (centroid) before and after instrumentation canal images, which were measured by CTAN software using the following equation:

$$\text{Canal transportation} = (m^1 - m^2) - (d^1 - d^2)$$

Where  $m^1$  represents the shortest distance from the initial (non-instrumented canal) mesial margin of root canal,  $m^2$  represents the shortest distance from the final (instrumented canal) mesial margin of root canal,  $d^1$  is the shortest distance from the

initial distal margin of root canal and  $d^2$  is the shortest distance from final distal margin of root canal (Figure 3b-c). A canal transportation of 0 indicates there was no transportation, a positive number indicates mesial transportation occurred and a negative number indicates distal transportation. Then, the data obtained was tabulated in Microsoft Office Excel 15.26 (Microsoft, Albuquerque, NM, USA).

### *Statistical analysis*

All data were organized in the Jamovi software (version 1.6 for MacOS; Sydney, Australia) to be analyzed. The Shapiro-Wilk normality test verified that the instrumentation time variable follows a normal distribution. Therefore, parametric data methods were applied for this analysis. Considering the variance of the data, a non-parametric analysis was applied to compare the means of sound and instrumented canal volume, percentage of non-instrumented areas, removed dentin volume, mean accumulated debris and mean canal transportation. The significance level was set at 5% ( $p < 0.05$ ) for all analyzes.

### **Results**

As shown in Table 1 and Figure 4, mean instrumentation time was statistically significant higher for hand K-file instrumentation compared to the other instrumentation groups. Using SBF system also resulted in statistically significant higher instrumentation times compared to all the other rotary systems. Instrumentation time for PTN was similar compared to XPF and XPS while XPS and XPC were also similar. There was no statistically significant difference among the groups regarding mean sound root canal volume (Table 2). After instrumentation, all groups showed a

statistically significant increase in the instrumented root canal volume compared to the sound root canal volume (Table 2). The increase in instrumented volumes were statistically significant higher for K-files compared to the other groups, except PTN. These groups were similar to the other rotary instrumentation groups, except when compared to SBF, in which PTN was shown to be statistically significant higher.

Regarding to the percentage of non-instrumented areas, Figure 5 shows that XPS and K-file showed high values that were, however, without statistically significance among the groups. Regarding accumulated debris, K-file resulted in significantly higher values than XPC, SBF and PTN, but no significant difference was observed among the other groups. The mean removed dentin volume along the root canal length were high in the K-file group, however, only significantly higher than SBF.

Figure 6 shows the three-dimensional volumetric renderings of instrumentation outcomes from a representative specimen from each experimental group.

With respect of canal transportation, the Table 3 shows the number of canals showing any deviation. This was higher in 41.67% on ML canal to distal margin considering the mesio-distal direction. Regarding the buccal-lingual direction, the highest number was the same for MB canal to buccal deviation (46.67%) and ML canal to lingual deviation (46.67%) (Table 4). Table 5 shows that SBF and K-file presented, respectively, the lowest ( $0.01 \pm 0.01$  and  $0.03 \pm 0.04$ ) and the highest ( $0.04 \pm 0.05$  and  $0.32 \pm 0.94$ ) canal transport in mesial root canals.



Figure 7 represents three-dimensional rendering of superimposed specimen to express the canal transportation of a representative specimen from k-file group, where green color indicates preoperative specimens and red color postoperative specimens.

## **Discussion**

The present study compared the instrumentation time and biomechanical outcomes of different rotary systems, with centric/eccentric movements and a manual file, using standardized 3D printed prototypes of primary molars through micro-CT. The results revealed that manual instrumentation was the most time-consuming than most rotary systems tested, rejecting the first null hypothesis. Moreover, the second null hypothesis on the biomechanical outcomes were rejected since some systems removed more dentin than others and accumulated more debris than others.

Since exfoliated or extracted primary teeth usually present a considerable physiological or pathological root resorption, collecting extracted teeth of adequate root length for endodontic research is difficult (Mello-Moura *et al.*, 2017, Alfadley *et al.*, 2020). For this reason, the use of 3D-printed standardized prototypes made from a polymeric material in this study was feasible to test the effectiveness of instrumentation systems in primary teeth to support clinical decisions and, thus, improve the quality of services that reach patients.

In the present study, a significant reduction in instrumentation time (min) was observed with the XPC and XPS systems single-files compared to manual K-file. This result corroborates with other studies (Priyadarshini *et al.*, 2020; Govindaraju *et al.*, 2017, Kaya *et al.*, 2017). Considering the importance of patient's cooperation in reducing

anxiety and treatment time, a rotary system could influence positively in children's behavior, in addition to reducing operator's fatigue (Ochoa-romero *et al.*, 2011, Barasuol *et al.*, 2020). On the other hand, the pediatric SBF system showed longer instrumentation time among the rotary groups, as it used a sequence of 4 files to reach the WL. In this study, instrumentation times ranged from 10.3 to 18.1 min, proving longer than reported in other studies (Govindaraju *et al.*, 2017, Barasuol *et al.*, 2020). This could have been attributed to the accurate irrigation protocol performed in the same manner for all groups. It is important to emphasize that the idea of reducing instrumentation time is to leave more time for appropriate debridement of root canal system with the aid of irrigation solutions to contribute with a proper biological condition for periapical healing (Cruz *et al.*, 2014, Asif *et al.*, 2019).

Besides instrumentation time, all groups showed statistically significant increase in the instrumented root canal volume compared to sound root canal volume, as expected. No guidelines have established the ideal amount of root dentin removal, but it is known that an excess removal may favor iatrogenic errors, such as cracks and perforations (Krummer *et al.*, 2008, Hidalgo *et al.*, 2017, Manker *et al.*, 2019). In this study, less removal of root canal dentine was observed with SBF, whereas high volume of dentine removal was seen with K-file group.

The study pointed out no statistical difference and similar shaping ability among the groups regarding the percentage of non-instrumented areas, ranging from 1.32% to 3.12%. This finding is in accordance with a previous study (Boonchonn *et al.*, 2020). A possible explanation is that a single trained operator carried-out all the instrumentation groups and the specimens were fixed in a stable device throughout the root canal

instrumentation. It is worthy mention that trained operator may prepare canals more quickly and safely than inexperienced operator (Al-Omari *et al.*, 2010; Poly *et al.*, 2021). Also, reproducing the body temperature influence positively the performance of eccentric heat-treated files (XPS and XPF systems) and increase the reliability of the results, (Alfadley *et al.*, 2020). It should be noted that none of the tested systems could totally prevent non-instrumented areas, emphasizing the need of irrigant solutions to remove considerable infected tissue from the canal walls in primary teeth (Esentrük *et al.*, 2019).

Some authors corroborate with the present study in which rotary systems achieve similar or better results compared to manual files in terms of shaping ability and mechanical instrumentation time in molars of primary teeth (Silva *et al.*, 2004, Azar, Nickaen, 2012, Barasuol *et al.*, 2020, Hidalgo *et al.*, 2017).

The amount of removed volume dentin was significantly lower with rotary systems using SBF compared to manual K-file. SBF also resulted in low accumulated debris inside the root canal, which is relevant. This file system has been proposed as an exclusively pediatric rotary file, to compensate the anatomical difference inherent to primary root canal aiding better performance in primary teeth, despite of instrumentation time (MKLife, 2020). To the best of our knowledge no other published data on mechanical instrumentation outcomes of SBF is available to be compared with our results. Favorable results also were observed in XPC group, with low accumulated hard tissue debris inside the root canal. XPC finishing single-file have been suggested by Moraes *et al.* (2021) as a potential system for an effective conservative approach in instrumentation of primary teeth which were in accordance with our results.

In this study, K-file instrumentation provided more hard tissue debris accumulation inside the root canal, especially in apical third, as demonstrated qualitatively in Figure 4, which corroborate with the finding of a previous study in primary molars (Pinheiro *et al.*, 2012). That is certainly a disadvantage, especially in the apical third, as the persistence of organic (pulp remnants, bacteria and their by-products) or inorganic (dentinal debris) material in the root canal system can lead to unfavorable condition for periapical healing and also negative interference on adhesion and sealing ability of the root canal filling materials (Cruz *et al.*, 2014, De-Deus *et al.*, 2015) The similarity of hard tissue debris amount in K-file and XPS group was observed along the root canal system, in the present study, which conforms to the finding of molars teeth (Hristov *et al.*, 2020).

Canal transportation corresponds to the canal deviation observed after instrumentation compared to initial sound canal and it is generally measured in mesial roots of mandibular molars (Xavier *et al.*, 2020). Mesial roots are interesting due to complex canal morphology and because it closely resembles the internal and external morphology of primary mandibular first molar (Ozcan *et al.*, 2016). Because of that, it is feasible to compare our findings with results in permanent molars. Despite of geometry, alloy, tip size and taper, the rotary systems performed similarly and with minimal deviation, except for the manual K-file groups ( $0.08 \pm 0.16$ ) (Shaikh *et al.*, 2018, Esenturk *et al.*, 2019). Possible explanation includes quadrangular cross section, in which all cutting edges touch and remove dentin, leading to greater canal transportation (Selvakumar *et al.*, 2019) and also due to reduced flexibility of stainless steel, compared to Max-wire of XPS and XPF, M-wire of PTN and CM-wire of XPC (Gavini *et al.*, 2018).

Therefore, even with minimal deviation, all root canals showed some degree of canal transportation along the entire length (MB and ML canals) in more than 69% of specimens from each group after mechanical instrumentation. This indicates that the possibility of reaching the danger zone during endodontic instrumentation becomes imminent. In the present study, 41.67% of ML canals showed distal deviation, which is a concern, as the thinner dentin walls towards the furcation region (danger zone) in the mesial root of primary teeth has been reported as a greater susceptibility to trans-operative accidents such as cracks and perforations (Garcia-filho, 2003, Hidalgo *et al.*, 2017, Selvakumar *et al.*, 2019, Barasuol *et al.*, 2020).

Transportation to any direction means that the system did not have the desired centrality and left significant portions of infected canal walls untouched, which prevented disinfection and cleaning and making it difficult for the filling to penetrate into the dentinal tubules, reducing the chances of success (Pozos-Guillen *et al.*, 2016). Therefore, the canal walls will not be uniformly removed nor will preserve the original canal shape.

It should be mentioned that our study may not indicate the same instrumentation results for canal transportation as a human primary tooth due to different mechanical properties from dentin. The elastic modulus of natural primary root dentin is at least five times stiffer than the resin prototype (Angker, Swan, Kilpatrick, 2003) indicating that prototype can sustain higher elastic deformation than human primary root dentin.

Thus, the ideal instrument should be that minimizing canal transportation and achieving an optimal mechanical instrumentation. Therefore, cost-effectiveness of the system

must be considered, since the need of endodontic motor and the cost of reused Ni-Ti system is acknowledged, which may not be affordable for all clinical situations. However, patient comfort, conservative and safety approach and treatment time should also be included in cost-effectiveness analyses (Boonchonn *et al.*, 2020).

## **Conclusion**

The findings of the present study suggest that the shaping ability performed either using mechanical systems or manually regarding instrumented areas provided similar results. However, rotary systems resulted in marked reduction in instrumentation time of prototype primary teeth, especially with XPC and XPS. In addition, K-file and XPS showed more accumulated debris. The overall biomechanical outcomes of SBF and XPC resulted in a more conservative approach. Mechanical instrumentation may lead to some degree of canal transportation and leave portions of infected root canal walls without mechanical preparation.

## References

- AAPD - American Academy of Pediatric Dentistry. Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry; 2021:399-407.
- Ahmed, H.M. Anatomical challenges, electronic working length determination and current developments in root canal preparation of primary molar teeth. *International Endodontic Journal*, V.46, n.11, 1011-1022, 2013.
- Alfadley, A., Alrajhi, A., Alissa, H., Alzeghaibi, F., Hamadah, L., Alfouzan, K., & Jamleh, A. (2020). Shaping Ability of XP Endo Shaper File in Curved Root Canal Models. *International journal of dentistry*, 2020, 4687045. <https://doi.org/10.1155/2020/4687045>.
- Al-Omari, M.A., Aurich, T. & Wirtti, S. (2010) Shaping canals with ProFiles and K3 instruments: does operator experience matter? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 110, e50–e55.
- Angker L, Swain MV, Kilpatrick N. Micro-mechanical characterisation of the properties of primary tooth dentine. *J Dent*. 2003 May;31(4):261-7. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(03\)00045-9](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(03)00045-9)
- Asif, A., Jeevanandan, G., Govindaraju, L., Vignesh, R., & G Subramanian, E. M. (2019). Comparative Evaluation of Extrusion of Apical Debris in Primary Anterior Teeth using Two Different Rotary Systems and Hand Files: An *In Vitro* Study. *Contemporary clinical dentistry*, 10(3), 512–516. [https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_884\\_18](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_884_18).
- Azar MR, Safi L, Nikaein A. Comparison of the cleaning capacity of Mtwo and ProTaper rotary systems and manual instruments in primary teeth. *Dent Res J*.2012;9:146-51.
- Barasuol JC, Alcalde MP, Bortoluzzi EA, Duarte MA, Cardoso M, Bolan M. Shaping ability of hand, rotary and reciprocating files in primary teeth: a micro-CT study in vitro. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2021 Apr;22(2):195-201. <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00530-0>

Boonchoo, K., Leelataweewud, P., Yanpiset, K., & Jirarattanasopha, V. (2020). Simplify pulpectomy in primary molars with a single-file reciprocating system: a randomized controlled clinical trial. *Clinical oral investigations*, 24(8), 2683–2689. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03130-5>

Cruz, A., Vera, J., Gascón, G., Palafox-Sánchez, C. A., Amezcua, O., & Mercado, G. (2014). Debris remaining in the apical third of root canals after chemomechanical preparation by using sodium hypochlorite and glyde: an in vivo study. *Journal of endodontics*, 40(9), 1419–1423. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.05.013>

De-Deus, G., Marins, J., Silva, E. J., Souza, E., Belladonna, F. G., Reis, C., Machado, A. S., Lopes, R. T., Versiani, M. A., Paciornik, S., & Neves, A. A. (2015). Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *Journal of endodontics*, 41(5), 676–681. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.028>

Esentürk G, Akkas E, Cubukcu E, Nagas E, Uyanik O, Cehreli ZC. A micro-computed tomographic assessment of root canal preparation with conventional and different rotary files in primary teeth and young permanent teeth. *Int J Paediatr Dent*. 2020;30:202–208. <https://doi.org/10.1111/ipd.12587>

Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, et al. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn Reson Imaging*. 2012;30(9):1323-1341. doi:10.1016/j.mri.2012.05.001

Gavini, G., Santos, M. D., Caldeira, C. L., Machado, M., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Peters, O. A., & Candeiro, G. (2018). Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian oral research*, 32(suppl 1), e67. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067>

Garcia Filho, P. F., Letra, A., Menezes, R., & Carmo, A. M. (2003). Danger zone in mandibular molars before instrumentation: an in vitro study. *Journal of applied oral science: revista FOB*, 11(4), 324–326.



George, s., Anandarai, s., Isaac, j. s., John, s. a., Harris, a. Rotary endodontics in primary teeth – A review. *Saudi Dent J.* [S.I.]: King Saud University, 2016. DOI: 10.1016/j.sdentj.2015.08.004

Govindaraju, L., Jeevanandan, G., & Subramanian, E. (2017). Clinical Evaluation of Quality of Obturation and Instrumentation Time using Two Modified Rotary File Systems with Manual Instrumentation in Primary Teeth. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(9), ZC55–ZC58. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/30069.10602>

Gozde Ozcan, Ahmet Ercan Sekerci, Kenan Cantekin, Mustafa Aydinbelge & Salih Dogan (2016) Evaluation of root canal morphology of human primary molars by using CBCT and comprehensive review of the literature, *Acta Odontologica Scandinavica*, 74:4, 250-258, DOI: 10.3109/00016357.2015.1104721

Hidalgo, L. R. d C; Silva L. A. B. d; Leoni GB, et al. Mechanical preparation showed superior shaping ability than manual technique in primary molars – a micro-computed tomography study. *Brazilian dental journal*, 2017;28(4):453-460

Hristov, K., Gateva, N., Stanimirov, P., Ishkitiev, N., & Doitchinova, L. (2020). Comparative Analysis of Root Dentin Loss when Using Modern Mechanical Cleaning Instruments in Immature Permanent Teeth. *Folia medica*, 62(2), 352–357. <https://doi.org/10.3897/folmed.62.e39515>

Katge, F.; Wakpanjar, M.M. Root canal morphology of primary molars by clearing technique: An *in vitro* study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 2018;36(2):151-157

Kummer TR, Calvo MC, Cordeiro MM, de Sousa Vieira R, de Carvalho Rocha MJ. Ex-vivo study of manual and rotary instrumentation techniques in human primary teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*2008;105:e84-92

Mello-Moura, A., Bresolin, C. R., Moura-Netto, C., Ito, A., Araki, A. T., Imparato, J., & Mendes, F. M. (2017). Use of artificial primary teeth for endodontic laboratory research: experiments related to canal length determination. *BMC oral health*, 17(1), 131. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0420-3>

MK Life (2020). Protocolos de uso: limas MK Life. Available in: <https://www.mklife.com.br/limas-rotatorias/sbf-sequence-baby-files/sequence-baby-file-mklife-kit-sortido.html>

Moraes RD, Santos TM, Marceliano-Alves MF, Pintor AV, Lopes RT, Primo LG, et al. Reciprocating instrumentation in a maxillary primary central incisor: A protocol tested in a 3D printed prototype. *Int J Paediatr Dent*. 2019 Jan;29(1):50-7. <https://doi.org/10.1111/ipd.12429>

Moraes, R., Perez, R., Silva, A., Machado, A. S., Lopes, R. T., Pintor, A., Primo, L. G., & Neves, A. A. (2021). Micro-CT evaluation of root canal preparation with rotary instrumentation on prototyped primary incisors. *Brazilian oral research*, 35, e132. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0132>

Neves AA, Silva EJ, Roter JM, Belladonna FG, Alves HD, Lopes RT, et al. Exploiting the potential of free software to evaluate root canal biomechanical preparation outcomes through micro-CT images. *Int Endod J*. 2015 Nov;48(11):1033-42. <https://doi.org/10.1111/iej.12399>

Ochoa-Romero, T., Mendez-Gonzalez, V., Flores-Reyes, H., & Pozos-Guillen, A. J. (2011). Comparison between rotary and manual techniques on duration of instrumentation and obturation times in primary teeth. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 35(4), 359–363. <https://doi.org/10.17796/jcpd.35.4.8k013k21t39245n8>

Pinheiro SL, Araujo G, Bincelli I, Cunha R, Bueno C. Evaluation of cleaning capacity and instrumentation time of manual, hybrid and rotary instrumentation techniques in primary molars. *Int Endod J*. 2012 Apr;45(4):379-85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01987.x>

Poly, A., Marques, F., Moura Sassone, L., & Karabucak, B. (2021). The shaping ability of WaveOne Gold, TRUShape and XP-endo Shaper systems in oval-shaped distal canals of mandibular molars: A microcomputed tomographic analysis. *International endodontic journal*, 54(12), 2300–2306. <https://doi.org/10.1111/iej.13625>

Pozos-Guillen, A., Garcia-Flores, A., Esparza-Villalpando, V., & Garrocho-Rangel, A. (2016). Intracanal irrigants for pulpectomy in primary teeth: a systematic review and meta-analysis. *International journal of paediatric dentistry*, 26(6), 412–425. <https://doi.org/10.1111/ipd.12228>

Priyadarshini, P., Jeevanandan, G., Govindaraju, L., & Subramanian, E. (2020). Clinical evaluation of instrumentation time and quality of obturation using paediatric hand and rotary file systems with conventional hand K-files for pulpectomy in primary mandibular molars: a double-blinded randomized controlled trial. *European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 21(6), 693–701. <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00518-w>

Selvakumar, H., Kavitha, S., Thomas, E., Anadhan, V., & Vijayakumar, R. (2016). Computed Tomographic Evaluation of K3 Rotary and Stainless Steel K File Instrumentation in Primary Teeth. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10(1), ZC05–ZC8. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/14183.7028>

Shaikh SM, Goswami M. Evaluation of the effect of different root canal preparation techniques in primary teeth using CBCT. *J Clin Pediatr Dent*. 2018;42(4):250-255

Silva, L. A., Leonardo, M. R., Nelson-Filho, P., & Tanomaru, J. M. (2004). Comparison of rotary and manual instrumentation techniques on cleaning capacity and instrumentation time in deciduous molars. *Journal of dentistry for children (Chicago, Ill.)*, 71(1), 45–47.

Xavier SR, de Lima CO, Marceliano-Alves MFV, Lacerda MFLS, Lopes RT, Campos CN. Shaping ability of two root canal instrumentation systems in oval-shaped canals: A microcomputed tomography study. *Aust Endod J*. 2021;47(2):252-259. doi:10.1111/aej.12469

**Tabela 1.** Mean ( $\pm$ sd) instrumentation time among the groups.

<b>Groups</b>	<b>Instrumentation time (min)</b>
K-file	18.01 $\pm$ 1.04 <sup>a</sup>
SBF	17.05 $\pm$ 0.52 <sup>b</sup>
PTN	11.70 $\pm$ 0.64 <sup>b,c</sup>
XPF	11.49 $\pm$ 0.53 <sup>b,c</sup>
XPS	11.17 $\pm$ 0.61 <sup>b,c,e</sup>
XPC	10.25 $\pm$ 0.62 <sup>b,c,d,e</sup>

Mean values followed by distinct lowercase letters differ at a significance level of 5% (One-way ANOVA followed by Tukey Post-Hoc Test).

**Tabela 2.** Mean ( $\pm$ sd) sound and instrumented root canal volume among the groups.

<b>Groups</b>	<b>Sound root canal volume (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Instrumented root canal volume (mm<sup>3</sup>)</b>
<b>K-file</b>	16.10 $\pm$ 2.14 <sup>a, A</sup>	17.20 $\pm$ 2.58 <sup>a, B</sup>
<b>PTN</b>	14.66 $\pm$ 1.87 <sup>a, A</sup>	15.42 $\pm$ 1.41 <sup>a, c, B</sup>
<b>XPS</b>	14.18 $\pm$ 2.05 <sup>a, A</sup>	14.60 $\pm$ 1.98 <sup>b, c, B</sup>
<b>XPF</b>	13.54 $\pm$ 1.65 <sup>a, A</sup>	14.03 $\pm$ 1.34 <sup>b, c, B</sup>
<b>XPC</b>	13.35 $\pm$ 1.99 <sup>a, A</sup>	13.88 $\pm$ 2.10 <sup>b, c, B</sup>
<b>SBF</b>	13.88 $\pm$ 2.10 <sup>a, A</sup>	13.28 $\pm$ 1.53 <sup>b, d, B</sup>

Mean values followed by distinct uppercase letters differ at a significance level of 5% within columns (Wilcoxon signed rank test). Distinct lowercase letters mean statistical difference ( $p < 0.05$ ) among the rows (Kruskal-Wallis test followed by Student-Newman-Keuls pairwise comparisons).

**Tabela 3.** Number of MB and ML canals, with canal transportation to mesial or distal, according to the system after root canal instrumentation.

Groups	MB canal				ML canal			
	Mesial deviation n (%)	Distal deviation n (%)	Null deviation (%)	Total	Mesial deviation n (%)	Distal deviation n (%)	Null deviation n (%)	Total
<b>K-file</b>	4 (40)	4 (40)	2 (20)	10 (100)	7 (70)	1 (10)	2 (20)	10(100)
<b>PTN</b>	5 (50)	2 (20)	3 (30)	10 (100)	3 (30)	7 (70)	0	10(100)
<b>XPS</b>	3 (30)	5 (50)	2 (20)	10 (100)	6 (60)	3 (30)	1 (10)	10(100)
<b>XPF</b>	3 (30)	5 (50)	2 (20)	10 (100)	3 (30)	5 (50)	2 (20)	10(100)
<b>XPC</b>	5 (50)	2 (20)	3 (30)	10 (100)	3 (30)	6 (60)	1 (10)	10(100)
<b>SBF</b>	3 (30)	4 (40)	3 (30)	10 (100)	3 (30)	4 (40)	3 (30)	10(100)
<b>Overall</b>	23 (38.34)	22 (36.66)	15 (25)	60 (100)	25 (41.67)	25 (41.67)	10 (16.66)	60(100)

**Tabela 4.** Number of MB and ML canals, with canal transportation to buccal or lingual according to the system after root canal instrumentation.

Groups	Canal MB				Canal ML			
	Buccal deviation n (%)	Lingual deviation n (%)	Null deviation n (%)	Total	Buccal deviation n (%)	Lingual deviation n (%)	Null deviation n (%)	Total
<b>K-file</b>	6 (0)	3 (0)	1 (0)	10 (100)	7 (0)	2 (0)	1 (0)	10(100)
<b>PTN</b>	3 (0)	3 (0)	4 (0)	10 (100)	2 (0)	7 (0)	1 (0)	10(100)
<b>XPS</b>	5 (0)	4 (0)	1 (0)	10 (100)	5 (0)	4 (0)	1 (0)	10(100)
<b>XPF</b>	6 (0)	3 (0)	1 (0)	10 (100)	4 (0)	4 (0)	2 (0)	10(100)
<b>XPC</b>	5 (0)	2 (0)	3 (0)	10 (100)	2 (0)	7 (0)	1 (0)	10(100)
<b>SBF</b>	3 (0)	5 (0)	2 (0)	10 (100)	5 (0)	4 (0)	1 (0)	10(100)
<b>Overall</b>	28 (46.67)	20 (33.33)	12 (20)	60 (100)	25 (41.67)	28 (46.67)	7 (11.66)	60(100)

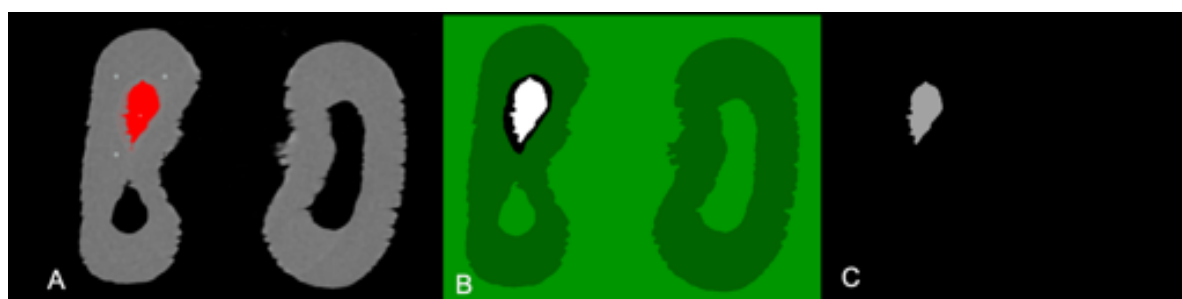
**Tabela 5.** Mean ( $\pm$  sd) canal transportation (mm) of the mesio-buccal and mesio-lingual root canals after mechanical instrumentation.

Groups	Canal MB		Canal ML	
	MD(x)	VL(y)	MD(x)	VL(y)
<b>K-file</b>	0.08 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	0.32 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
<b>PTN</b>	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.05 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.03 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
<b>XPS</b>	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.04 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.06 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>
<b>XPC</b>	0.04 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.03 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.06 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>
<b>XPF</b>	0.03 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.03 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
<b>SBF</b>	0.03 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.03 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>

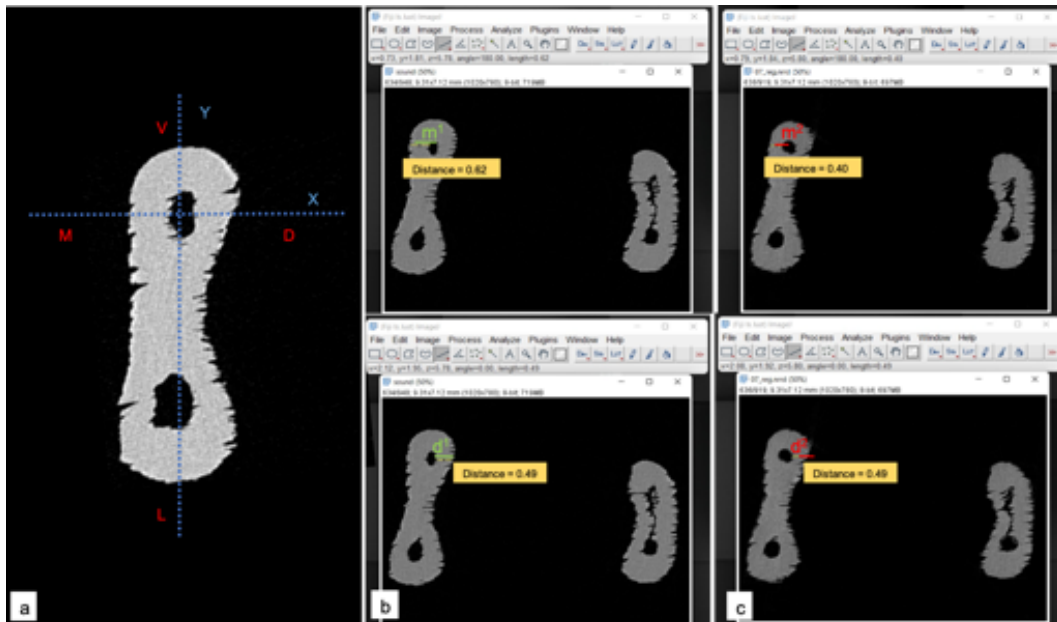
Same lowercase letters mean no statistical difference ( $p < 0.05$ ) among the rows (Kruskal-Wallis test followed by Dwass-Steel – Critchlow-Fligner pairwise comparisons).



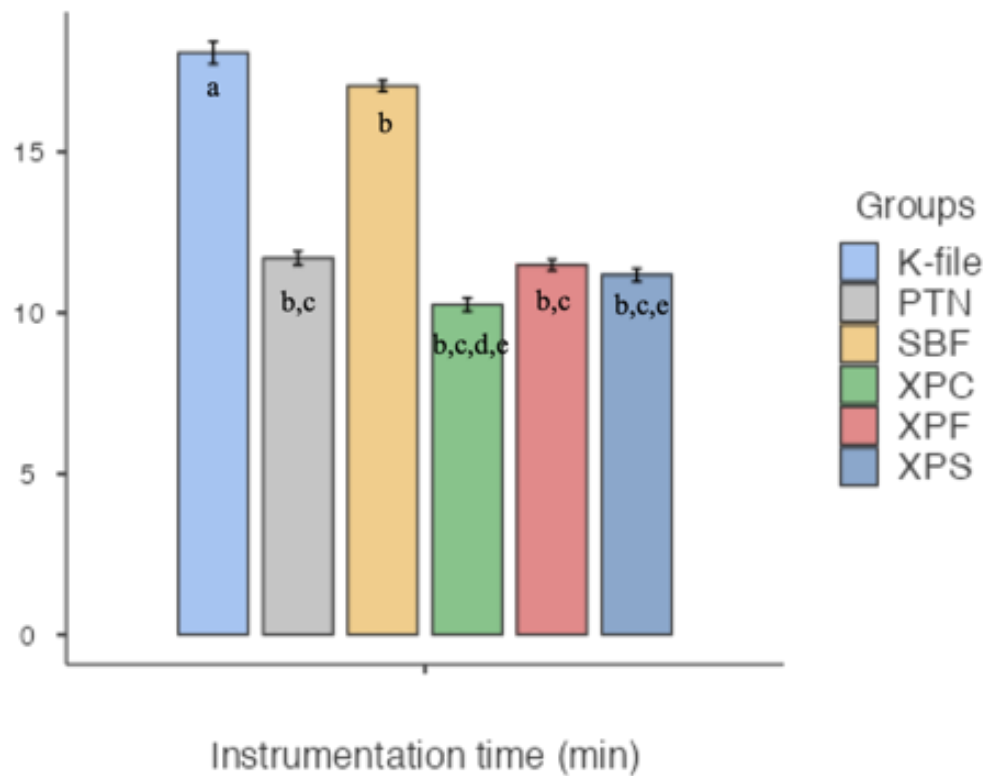
**Figure 1.** A) Stack of Initial root canal volume after digital filling subtracted from the initial segmented root canal volume (B) to obtain the sound canal volume (C).



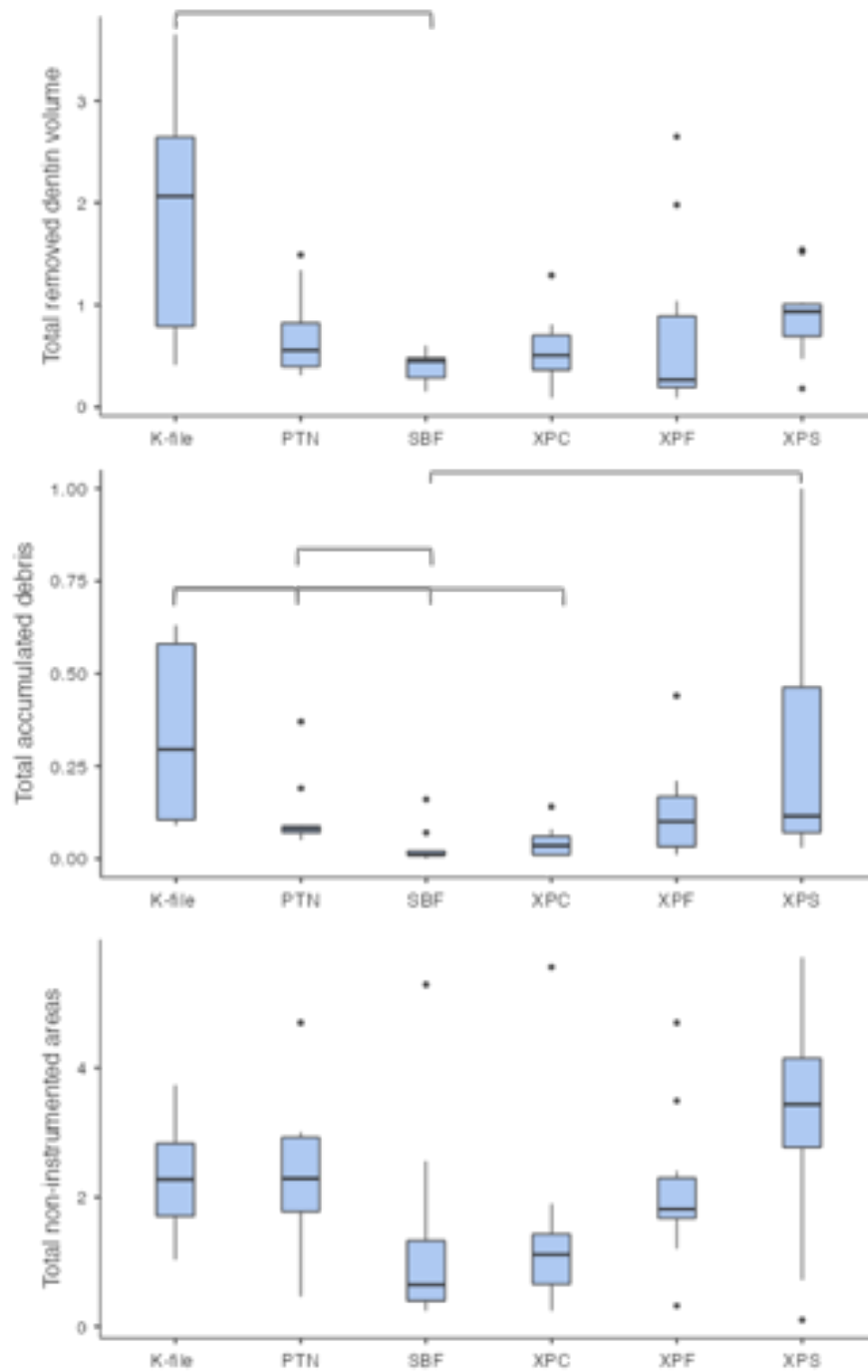
**Figure 2.** A) Selection of the region of interest (red); B) Imagen duplication with digital filling of the root canal volume; C) Real image of root canal obtained.



**Figure 3.** a) Cartesian axes illustrated in the micro-CT image considered for mesial root canal transportation. Illustration of the distance measurement of dentinal canal walls, b) Sound root canal volume ( $m^1$  and  $d^1$ ) and c) Instrumented root canal volume ( $m^2$  and  $d^2$ ).

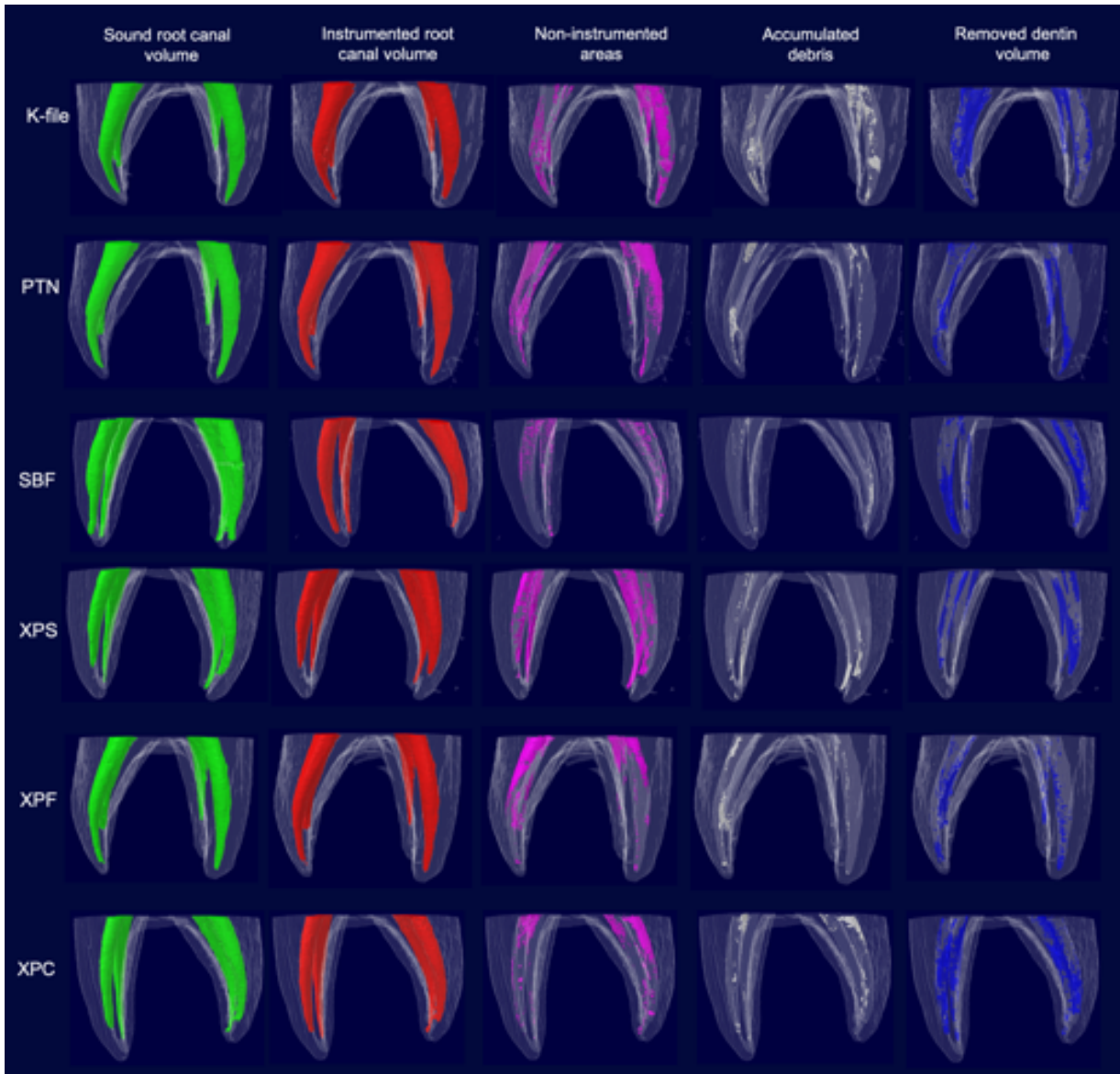


**Figure 4.** Bar plot representation of the mean instrumentation time of each system.

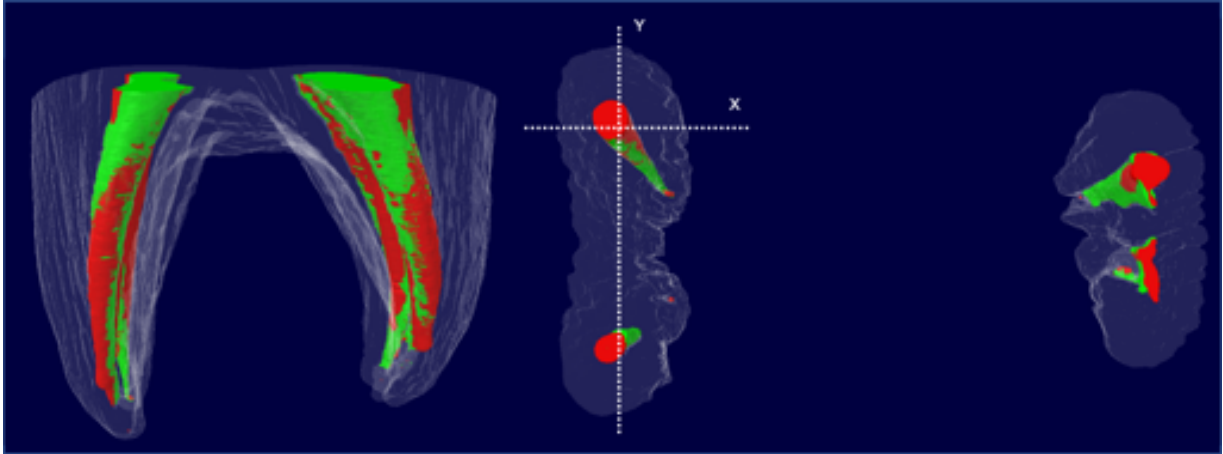


**Figure 5.** Representative boxplot from Kruskal-Wallis test with quantitative results of the mechanical instrumentation outcomes according to the different instrumentation systems.





**Figure 6.** Three-dimensional volumetric renderings of instrumentation outcomes from a representative specimen from each experimental group.



**Figure 7.** 3D volumetric rendering of superimposed specimen to express the canal transportation of a representative specimen from k-file group, where green color indicates preoperative specimens and red color postoperative specimens.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os avanços da tecnologia, o âmbito educacional vem sofrendo interferências no processo ensino-aprendizagem com a inserção de livros digitais, métodos multimodais como vídeos, coexistindo com as metodologias tradicionais de ensino (PATANO *et al.*, 2021). O livro no formato eletrônico ou digital, conhecido como *e-book*, é derivado da abreviação “*electronic book*”, possibilita o acesso gratuito, tem ampla e rápida divulgação aos usuários de internet, podendo ser lido em equipamentos eletrônicos e descarregados através de “*Download*”. Considera-se um aspecto relevante, a sustentabilidade do produto eletrônico por dispender menos energia para ser produzido, fato inerente a fabricação de livros impressos (REIS, 2013).

No primeiro estudo desta dissertação, a elaboração do *e-book* “**Guia ilustrado de instrumentação endodôntica para dentes decíduos**”, baseado em evidências científicas, estabelece uma estratégia para que os conhecimentos científicos das novas tecnologias alcancem os cirurgiões-dentistas e Odontopediatras que eventualmente, não estejam no meio acadêmico e não tenham fácil acesso a informações atualizadas. A utilização desse recurso eletrônico, pode tornar o ensino mais agradável e atraente para as novas gerações que são mais adeptas a vida digital, podendo viabilizar assim a universalização do livro de maneira eletrônica (REIS, 2013). No entanto, o processo de avaliação de eficácia de entendimento das informações transmitidas no material deve ser uma etapa complementar.

Dito isso, o estudo e aplicabilidade dos conhecimentos e instruções fornecidos pelo produto técnico citado pode contribuir para a disseminação de informação sobre as opções de sistemas de instrumentação mais utilizados em Odontopediatria a fim de maximizar os benefícios e reduzir os riscos relacionados ao desconhecimento das técnicas e instrumentos, para a melhoria da qualidade do tratamento endodôntico em dentes decíduos.

Em relação ao segundo estudo, vale ressaltar que a utilização de protótipos impressos em uma impressora 3D de um dente decíduo natural é uma alternativa

viável para avaliar os resultados de instrumentação químico-mecânica na complexidade das características morfológicas internas de um dente natural, a fim de contribuir no desenvolvimento de pesquisas e construir evidência científica para aplicabilidade na clínica Odontopediátria.

No que diz respeito ao tamanho da amostra, é possível encontrar na literatura estudos que realizaram cálculo amostral e obtiveram resultados entre 7 e 10 espécimes por grupo experimental para obter um resultado válido o que configura um número de amostras inferior ou igual ao utilizado no segundo estudo (HIDALGO *et al.*, 2017; VELOZO *et al.*, 2020).

Sabe-se que considerar a redução no tempo de cadeira da criança é indispensável para a sua colaboração durante o tratamento endodôntico. Além da técnica de instrumentação deve-se otimizar o protocolo de irrigação, mesmo que, o sistema para utilização escolhido tenha sido o de lima única. A ideia de reduzir o tempo de instrumentação é deixar mais tempo para o adequado desbridamento do sistema de canais radiculares para assim, contribuir com uma condição biológica adequada para a cicatrização periapical. Como foi possível observar nos resultados, mesmo com protocolo de irrigação padronizado para todos os grupos experimentais, o tempo de instrumentação químico-mecânica foi significativamente reduzido nestes sistemas.

Outro aspecto importante é respeitar e preservar a anatomia original do canal radicular durante o desempenho da instrumentação, realizando uma modelagem uniforme sem desvios do canal. Pode-se observar no segundo estudo, ótimos resultados dos sistemas Sequence Baby File (SBF) e XP-Clean (XPC), com menor quantidade de dentina removido e com menor presença de acúmulo de debris no interior do canal radicular. Os dois sistemas se mostraram conservadores, fato importante diante de uma odontologia onde objetiva-se limpar o canal sem remover espessura de dentina. Em dentes decíduos é relatada a menor espessura de dentina e a maior susceptibilidade de se causar iatrogenias quando ocorre um excesso de remoção de dentina do canal radicular.

## 6 CONCLUSÕES

- Foi elaborado um guia para instrumentação endodôntica em dentes decíduos, baseado em evidências científicas disponíveis na literatura que ficará disponível nas plataformas digitais da Disciplina de Odontopediatria – UFRJ.
- O uso de instrumentos rotatórios resultou em considerável redução do tempo de instrumentação endodôntica, especialmente com XPC seguido de XPS, enquanto as limas manuais K-file apresentaram maior tempo.
- A porcentagem de áreas internas dos canais radiculares não instrumentadas foi similar para todos os sistemas de instrumentação quando utilizados em protótipos de 2° molares decíduos.
- SBF e XPC removeram menor quantidade/volume de dentina após a instrumentação.
- SBF e XPC geraram a menor presença de acúmulo de debris no interior do canal radicular e menor porcentagem de área não tocada, após a instrumentação.
- O maior grau de transporte do canal radicular ocorreu com as limas manuais K-file, enquanto o sistema SBF apresentou o menor grau de transporte.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY (AAPD). Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry. 399-407, 2021.

AHMED, H.M. Anatomical challenges, electronic working length determination and current developments in root canal preparation of primary molar teeth. ***International Endodontic Journal***, 46 (11): 1011-1022, 2013.

ALFADLEY A, ALRAJHI A, ALISSA H, ALZEGHAIBI F, HAMADAH L, et al. Shaping Ability of XP Endo Shaper File in Curved Root Canal Models. ***International journal of dentistry***, 4687045, 2020.

AL-OMARI M, AURICH T, WIRTTI S. Shaping canals with ProFiles and K3 instruments: does operator experience matter? ***Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics***, 110(3): e50–e55, 2010.

ANGKER L, SWAIN M, KILPATRICK N. Micro-mechanical characterisation of the properties of primary tooth dentine. ***J Dent***. 31(4):261-7, 2003.

ASIF A, JEEVANANDAN G, GOVINDARAJU L, VIGNESH R, G SUBRAMANIAN E. Comparative Evaluation of Extrusion of Apical Debris in Primary Anterior Teeth using Two Different Rotary Systems and Hand Files: An *In Vitro* Study. ***Contemporary clinical dentistry***. 10(3): 512–516, 2019.

AZAR M, SAFI L, NIKAEIN A. Comparison of the cleaning capacity of Mtwo and ProTaper rotary systems and manual instruments in primary teeth. ***Dent Res J***. 9 (2): 146-51, 2012.

AZIM A, PIASECKI L, DA SILVA NETO U, CRUZ A. et al. XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. ***Journal of endodontics***, 43 (9): 1532-1538, 2017.

BARASUOL J, ALCALDE M, BORTOLUZZI M, CARDOSO M. et al. Shaping ability of hand, rotary and reciprocating files in primary teeth: a micro-CT study in vitro. ***European Archives of Paediatric Dentistry***, 22(2): 195-201, 2021.

BARR E, KLEIER D, BARR N. Use of nickel-titanium rotary files for root canal preparation in primary teeth. ***Pediatric dentistry***, 22 (1): 77-78, 2000.

BEER F, JOHNSTON E, MAZUREK D, EISENBERG E. Mecânica vetorial para engenheiros: estática. 9a ed. Porto Alegre, RS: AMGH Ed. 648, 2012.

BOONCHOO K, LEELATAWEEWUD P, YANPISET K, JIRARATTANASOPHA V. Simplify pulpectomy in primary molars with a single-file reciprocating system: a randomized controlled clinical trial. ***Clinical oral investigations***, 24(8): 2683–2689,

2020.

CRUZ A, VERA J, GASCÓN G, PALAFOX-SÁNCHEZ C, et al. Debris remaining in the apical third of root canals after chemomechanical preparation by using sodium hypochlorite and glyde: an in vivo study. **Journal of endodontics**, 40(9): 1419–1423, 2014.

DE-DEUS G, MARINS J, SILVA E, SOUZA E, BELLADONNA F, et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. **Journal of endodontics**, 41(5): 676–681, 2015.

DE-DEUS G, BELLADONNA F, SIMÕES-CARVALHO M, CAVALCANTE D, et al. Shaping efficiency as a function of time of a new heat-treated instrument. **International endodontic journal**, 52 (3): 337-342, 2019.

ESENTURK G, AKKAS E, CUBUKCU E, NAGAS E, et al. A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with Different Rotary and Conventional Files in Primary and Young Permanent Teeth. **Int J Paediatr Dent**, 30(2): 202-208, 2019.

FKG Dentaire SA© (2017). FKG REF.99.X00.10.05A.XX - n°108 - 2018/09 - © **FKG Dentaire SA.** Disponível em: [https://www.fkg.ch/sites/default/files/201809\\_FKG\\_IFU\\_No108\\_XP-endo Shaper\\_EN\\_FR\\_DE\\_web.pdf](https://www.fkg.ch/sites/default/files/201809_FKG_IFU_No108_XP-endo Shaper_EN_FR_DE_web.pdf).

FKG Dentaire SA© (2017). FKG REF.99.X00.10.01A.XX - n°106 - 2018/09 - © **FKG Dentaire SA.** Disponível em: [https://www.fkg.ch/sites/default/files/201809\\_FKG\\_IFU\\_No106\\_XP-endo%20Finisher\\_EN\\_FR\\_DE\\_web.pdf](https://www.fkg.ch/sites/default/files/201809_FKG_IFU_No106_XP-endo%20Finisher_EN_FR_DE_web.pdf).

FEDOROV A, BEICHEL R, KALPATHY-CRAMER J, FINE T, et al. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. **Magnetic resonance imaging**, 30 (9):1323-41, 2012.

GAVINI G, SANTOS M, CALDEIRA C, MACHADO M, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. **Braz. Oral Res.** 32 (suppl 1): 44-65, 2018.

GARCIA FILHO P, LETRA A, MENEZES R, CARMO, A. M. Danger zone in mandibular molars before instrumentation: an in vitro study. **Journal of applied oral science**, 11(4): 324–326, 2003.

GEORGE, S., ANANDARAI, S., ISAAC, J. S., JOHN, S. A., HARRIS, A. Rotary endodontics in primary teeth – A review. Saudi Dent J. [S.l.]: **King Saud University**, 28 (1): 12-17, 2016.

GOZDE O, AHMET E, KENAN CANTEKIN M, SALIH D. Evaluation of root canal morphology of human primary molars by using CBCT and comprehensive review of the literature, **Acta Odontologica Scandinavica**, 74(4): 250-258, 2016.

GOVINDARAJU L, JEEVANANDAN G, SUBRAMANIAN E. Clinical Evaluation of Quality of Obturation and Instrumentation Time using Two Modified Rotary File Systems with Manual Instrumentation in Primary Teeth. **Journal of clinical and diagnostic research**, 11(9): 55–58, 2017.

HIDALGO L, SILVA L, LEONI G, et al. Mechanical preparation showed superior shaping ability than manual technique in primary molars – a micro-computed tomography study. **Brazilian dental journal**, 28(4):453-460, 2017.

KAYA E, ELBAY M, YIGIT D. Evaluation of the Self-Adjusting File system (SAF) for the instrumentation of primary molar root canals: a micro-computed tomographic study. **Eur J Paediatr Dent**, 18(2): 105-110, 2017.

KATGE F, WAKPANJAR M. Root canal morphology of primary molars by clearing technique: An in vitro study. **J Indian Soc Pedod Prev Dent**, 36(2): 151-157, 2018.

KUMMER T, CALVO M, CORDEIRO M, DE SOUSA VIEIRA, R, et al. Ex-vivo study of manual and rotary instrumentation techniques in human primary teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**. 105 (4): 84-92, 2008.

MARCELIANO-ALVES M, SOUSA-NETO M, FIDEL S, STEIER L, et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study. **Int Endod J**, 48 (12): 1129-1136, 2015.

MELLO-MOURA A, BRESOLIN C, MOURA-NETTO C, ITO A, et al. Use of artificial primary teeth for endodontic laboratory research: experiments related to canal length determination. **BMC oral health**, 17(1): 131, 2017.

MK Life (2020). Protocolos de uso: limas MK Life. **MK Life**. Disponível em: <https://www.mklife.com.br/limas-rotatorias/sbf-sequence-baby-files/sequence-baby-file-mklife-kit-sortido.htm>.

MORAES R, SANTOS T, MARCELIANO-ALVES M, PINTOR A, et al. Reciprocating instrumentation in a maxillary primary central incisor: A protocol tested in a 3D printed prototype. **International journal of paediatric dentistry**, 29 (1): 50-57, 2019.

MORAES R, PEREZ R, SILVA A, MACHADO A. et al. Micro-CT evaluation of root canal preparation with rotary instrumentation on prototyped primary incisors. **Brazilian oral research**, 35: e132, 2021.

NEVES A, SILVA E, ROTER J, BELLADONA F, et al. Exploiting the potential of free software to evaluate root canal biomechanical preparation outcomes through micro-CT images. **International endodontic journal**, 48 (11): 1033-1042, 2015.



ÖZTÜRK B, ATES A, FISEKÇIOĞLU E. Cone-Beam Computed Tomographic Analysis of Shaping Ability of XP-endo Shaper and ProTaper Next in Large Root Canals. **Journal of Endodontics**,46(3): 437-443, 2020.

PANCHAL V, JEEVANANDAN G, SUBRAMANIAN E. Comparison of instrumentation time and obturation quality between hand K-file, H-files, and rotary Kedo-S in root canal treatment of primary teeth: A randomized controlled trial. **J Indian Soc Pedod Prev Dent**, 37(1): 75-79, 2019.

PATANO A, CIRULLI N, BERETTA M, PLANTAMURA P. et al. Education Technology in Orthodontics and Paediatric Dentistry during the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. **International journal of environmental research and public health**, 18(11): 6056, 2021.

REIS, Juliani Menezes dos. **E-books, bibliotecas e editoras: um diálogo necessário**. 2013. 139 f. Monografia (Graduação em Biblioteconomia) – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

OCHOA-ROMERO T, MENDEZ-GONZALEZ V, FLORES-REYES H, & POZOS-GUILLEN, A. J. Comparison between rotary and manual techniques on duration of instrumentation and obturation times in primary teeth. **The Journal of clinical pediatric dentistry**, 35(4): 359–363, 2011.

PINHEIRO S, ARAUJO G, BINCELLI I, CUNHA R, BUENO C. Evaluation of cleaning capacity and instrumentation time of manual, hybrid and rotary instrumentation techniques in primary molars. **Int Endod J**. 45(4): 379-85, 2012.

POLY A, MARQUES F, MOURA SASSONE L, KARABUCAK B. The shaping ability of WaveOne Gold, TRUShape and XP-endo Shaper systems in oval-shaped distal canals of mandibular molars: A microcomputed tomographic analysis. **International endodontic journal**, 54(12): 2300–2306, 2021.

POZOS-GUILLEN A, GARCIA-FLORES A, ESPARZA-VILLALPANDO V, & GARROCHO-RANGEL A. Intracanal irrigants for pulpectomy in primary teeth: a systematic review and meta-analysis. **International journal of paediatric dentistry**, 26(6): 412–425, 2016.

PRIYADARSHINI P, JEEVANANDAN G, GOVINDARAJU L, & SUBRAMANIAN E. Clinical evaluation of instrumentation time and quality of obturation using paediatric hand and rotary file systems with conventional hand K-files for pulpectomy in primary mandibular molars: a double-blinded randomized controlled trial. **European archives of paediatric dentistry**, 21(6): 693–701, 2020.

SELVAKUMAR H, KAVITHA S, THOMAS E, ANADHAN V, & VIJAYAKUMAR R. Computed Tomographic Evaluation of K3 Rotary and Stainless Steel K File Instrumentation in Primary Teeth. **Journal of clinical and diagnostic research:**

JCDR, 10(1): 05–8, 2016.

SHAIKH S, GOSWAMI M. Evaluation of the effect of different root canal preparation techniques in primary teeth using CBCT. **J Clin Pediatr Dent.**42(4): 250-255, 2018.

SILVA L, LEONARDO M, NELSON-FILHO P, & TANOMARU J. Comparison of rotary and manual instrumentation techniques on cleaning capacity and instrumentation time in deciduous molars. **Journal of dentistry for children** (Chicago, Ill.), 71(1): 45–47, 2004.

VAZ-GARCIA E, VIEIRA V, PETITET N, MOREIRA, E. et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. **Brazilian dental journal**, 29(2): 208-213, 2018.

VELOZO C, SILVA S, ALMEIDA A, et al. Shaping ability of XP-endo Shaper and ProTaper Next in long oval-shaped canals: a micro-computed tomography study. **International Endodontic Journal.**53(7): 998-1006, 2020.

VERSIANI, Marco Aurélio. **Avaliação do preparo biomecânico e da obturação de canais radiculares ovais promovidos pelos sistemas de instrumento único WaveOne, Reciproc e SAF.** 2012. Tese (Doutorado em Odontologia – Área de concentração: Odontologia restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, 2012.

XAVIER S, DE LIMA C, MARCELIANO-ALVES M, LACERDA M. et al. Shaping ability of two root canal instrumentation systems in oval-shaped canals: A microcomputed tomography study. **Aust Endod J**, 47(2): 252-259, 2021.

## APÊNDICE

**Apêndice 1:** Descrição das propriedades mecânicas do material usado nos espécimes

<b><i>Propriedades</i></b>	<b><i>Dados do fabricante</i></b>
<i>Resistência à tração</i>	50 – 65 Mpa
<i>Resistência à flexão</i>	75 – 110 MPa
<i>Absorção de água</i>	1,1 – 1,5 %
<i>Dureza Shore</i>	83 – 86 Escala D
<i>Módulo de Elasticidade</i>	2000 – 3000 MPa
<i>Módulo de Flexão</i>	2200 – 3200 MPa
<i>Densidade</i>	1,18 – 1,19 g/cm <sup>3</sup>
<i>Dureza Rockwell</i>	73 – 76 Escala M

Autor: Adaptado de Moraes, *et. al*

## Apêndice 2: Valores do centroide

		Análise centroide			
Grupos	Protótipo	Todo o canal ML		Todo o canal MV	
		MD (x)	VL (y)	MD (x)	VL (y)
<b>K-file</b>	1	0.00 ± 0.14	-0.03 ± 0.56	0.04 ± 0.15	0.03 ± 0.51
<b>K-file</b>	2	0.01 ± 0.10	0.02 ± 0.26	0.00 ± 0.04	-0.02 ± 0.03
<b>K-file</b>	3	-0.02 ± 0.03	0.01 ± 0.05	-0.01 ± 0.04	0.02 ± 0.04
<b>K-file</b>	4	0.04 ± 0.26	0.14 ± 0.74	-0.02 ± 0.05	-0.03 ± 0.04
<b>K-file</b>	5	0.01 ± 0.16	0.08 ± 0.54	0.00 ± 0.03	-0.01 ± 0.04
<b>K-file</b>	6	0.16 ± 1.12	0.02 ± 0.23	0.48 ± 1.14	3.01 ± 0.31
<b>K-file</b>	7	0.01 ± 0.10	-0.03 ± 0.37	-0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.02
<b>K-file</b>	8	0.00 ± 0.05	0.03 ± 0.19	-0.01 ± 0.04	0.00 ± 0.10
<b>K-file</b>	9	0.11 ± 0.96	0.02 ± 0.17	0.25 ± 1.90	0.09 ± 0.80
<b>K-file</b>	10	0.05 ± 0.57	0.00 ± 0.08	0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.03
<b>PTN</b>	11	-0.04 ± 0.24	-0.09 ± 0.78	-0.01 ± 0.05	0.00 ± 0.11
<b>PTN</b>	12	-0.02 ± 0.12	-0.05 ± 0.70	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<b>PTN</b>	13	-0.07 ± 1.09	-0.01 ± 0.21	0.11 ± 0.92	0.04 ± 0.45
<b>PTN</b>	14	0.13 ± 1.02	0.02 ± 0.20	0.00 ± 0.03	-0.01 ± 0.02
<b>PTN</b>	15	-0.03 ± 0.53	-0.02 ± 0.08	0.01 ± 0.02	-0.01 ± 0.02
<b>PTN</b>	16	0.07 ± 0.51	0.01 ± 0.14	-0.17 ± 0.19	-0.01 ± 0.07
<b>PTN</b>	17	-0.02 ± 0.16	-0.11 ± 0.78	0.00 ± 0.01	0.01 ± 1.00
<b>PTN</b>	18	-0.12 ± 0.96	-0.03 ± 0.13	0.02 ± 0.31	0.00 ± 0.13
<b>PTN</b>	19	0.02 ± 0.39	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.01
<b>PTN</b>	20	-0.01 ± 0.11	-0.03 ± 0.52	0.03 ± 0.15	0.17 ± 0.80
<b>XPS</b>	21	0.02 ± 0.22	0.06 ± 0.72	1.33 ± 2.20	0.04 ± 0.03
<b>XPS</b>	22	0.01 ± 0.01	-0.02 ± 0.03	-0.01 ± 0.02	-0.01 ± 0.02
<b>XPS</b>	23	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.02	-0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.03
<b>XPS</b>	24	-0.01 ± 0.02	-0.01 ± 0.02	0.00 ± 0.01	-0.01 ± 0.01
<b>XPS</b>	25	0.02 ± 0.02	0.09 ± 0.67	0.01 ± 0.07	0.05 ± 0.27
<b>XPS</b>	26	0.02 ± 0.15	0.10 ± 0.66	-0.05 ± 0.06	0.01 ± 0.04
<b>XPS</b>	27	0.05 ± 0.77	0.00 ± 0.23	0.03 ± 0.44	0.00 ± 0.26
<b>XPS</b>	28	0.00 ± 0.03	-0.01 ± 0.03	0.00 ± 0.02	-0.03 ± 0.02
<b>XPS</b>	29	-0.03 ± 0.18	-0.06 ± 0.63	-0.04 ± 0.14	-0.06 ± 0.38
<b>XPS</b>	30	-0.07 ± 0.64	0.09 ± 0.13	-0.16 ± 0.35	0.15 ± 0.16
<b>XPF</b>	31	-0.03 ± 0.26	-0.07 ± 0.64	-0.01 ± 0.13	0.03 ± 0.25
<b>XPF</b>	32	0.06 ± 0.72	0.03 ± 0.22	0.08 ± 0.76	0.03 ± 0.46
<b>XPF</b>	33	0.02 ± 0.42	0.00 ± 0.06	0.02 ± 0.32	0.01 ± 0.12
<b>XPF</b>	34	-0.02 ± 0.21	-0.06 ± 0.62	-0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00

<b>XPF</b>	35	-0.03 ± 0.03	0.00 ± 0.01	- 0.07 ± 0.02	-0.01 ± 0.02
<b>XPF</b>	36	-0.01 ± 0.11	0.03 ± 0.29	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.02
<b>XPF</b>	37	0.00 ± 0.07	0.01 ± 0.20	0.04 ± 0.25	0.06 ± 0.37
<b>XPF</b>	38	0.02 ± 0.17	0.02 ± 0.39	-0.01 ± 0.19	-0.03 ± 0.28
<b>XPF</b>	39	-0.01 ± 0.15	-0.07 ± 0.72	-0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.16
<b>XPF</b>	40	0.00 ± 0.32	-0.01 ± 0.07	0.00 ± 0.34	-0.01 ± 0.15
<b>XPC</b>	41	-0.01 ± 0.13	-0.02 ± 0.40	0.00 ± 0.01	0.02 ± 0.02
<b>XPC</b>	42	-0,03 ± 0.48	-0.01 ± 0.13	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.00
<b>XPC</b>	43	0.01 ± 0.14	0.03 ± 0.44	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.00
<b>XPC</b>	44	-0.12 ± 0.97	-0,03 ± 0.22	0.04 ± 0.59	0.02 ± 0.31
<b>XPC</b>	45	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.01	-0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.01
<b>XPC</b>	46	0.02 ± 0.64	0.08 ± 1.90	-0.01 ± 0.55	0.03 ± 0.92
<b>XPC</b>	47	-0.11 ± 2.60	-0.02 ± 0.53	0.01 ± 3.23	0.02 ± 1.78
<b>XPC</b>	48	-0.06 ± 0.76	-0.04 ± 1.70	0.05 ± 0.63	0,02 ± 0.91
<b>XPC</b>	49	0.12 ± 2.70	-0.03 ± 0,60	0.13 ± 3.17	-0.05 ± 1.77
<b>XPC</b>	50	-0.11 ± 2.70	-0.04 ± 0,60	0.13 ± 3.10	-0.07 ± 1.77
<b>SBF</b>	51	-0.03 ± 2,94	-0.03 ± 0,66	0.08 ± 3.32	0.05 ± 1.71
<b>SBF</b>	52	0.04 ± 2.61	-0.05 ± 0.73	- 0.06 ± 3.05	-0.03 ± 1.98
<b>SBF</b>	53	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.01	0,01 ± 0.01
<b>SBF</b>	54	0.06 ± 0.77	0.01 ± 0.21	-0.08 ± 0.80	-0.05 ± 0.46
<b>SBF</b>	55	-0.01 ± 0.18	-0.02 ± 0.39	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.01
<b>SBF</b>	56	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.10	-0.03 ± 0.21
<b>SBF</b>	57	-0.11 ± 0.93	-0.03 ± 0.17	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01
<b>SBF</b>	58	-0.01 ± 0.29	-0.01 ± 0.06	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.01
<b>SBF</b>	59	0.01 ± 0.02	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0,03	-0.01 ± 0.17
<b>SBF</b>	60	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.14	-0.01 ± 0.18