

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**ANÁLISE DO DESVIO APICAL E DAS CARACTERÍSTICAS DE
SUPERFÍCIE DOS INSTRUMENTOS RECIPROCANTES NA
REINTERVENÇÃO ENDODÔNTICA – ESTUDO *IN VITRO*.**

Tamille Lima Gonçalves de Carvalho

Manaus - AM
2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**ANÁLISE DO DESVIO APICAL E DAS CARACTERÍSTICAS DE
SUPERFÍCIE DOS INSTRUMENTOS RECIPROCANTES NA
REINTERVENÇÃO ENDODÔNTICA – ESTUDO *IN VITRO*.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. André Augusto Franco Marques
Coorientador: Fredson Márcio Acris de Carvalho

Manaus - AM
2021

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C331a Carvalho, Tamille Lima Gonçalves de
Análise do desvio apical e das características de superfície dos instrumentos reciprocantes na reintervenção endodôntica : estudo in vitro / Tamille Lima Gonçalves de Carvalho . 2021
52 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: André Augusto Franco Marques
Coorientador: Fredson Márcio Acris de Carvalho
Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Endodontia. 2. Desvio apical. 3. Reintervenção endodôntica. 4. Instrumentação. I. Marques, André Augusto Franco. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

TAMILLE LIMA GONÇALVES DE CARVALHO

ANÁLISE DO DESVIO APICAL E DAS CARACTERÍSTICAS DE
SUPERFÍCIE DOS INSTRUMENTOS RECIPROCANTES NA
REINTERVENÇÃO ENDODÔNTICA – ESTUDO *IN VITRO*.

Dissertação aprovada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Odontologia, do
Programa de Pós-Graduação em Odontologia da
Universidade Federal do Amazonas.

Manaus, 05 de Novembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Augusto Franco Marques, Presidente
Universidade do Estado do Amazonas

Prof. Dr. Emílio Carlos Sponchiado Junior, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia, Membro
Universidade Federal de Santa Catarina



Universidade Federal do Amazonas

Programa de Pós-Graduação em Odontologia - PPGO

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Amazonas com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas.



FAPEAM
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado do Amazonas

 **CAPES**
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho Gabriel Gonçalves de Carvalho, que chegou na metade deste mestrado e em meio a uma pandemia, iluminando minha caminhada e os meus dias.

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pelo seu eterno cuidado, por sempre me guiar e me proporcionar uma vida cheia de alegria e amor.

Ao meu marido **Antonio Ramos de Carvalho Junior**, obrigada por sempre me incentivar a ir além nos meus estudos. Por me colocar pra cima nos dias de desânimo, pelas madrugadas, sábados e domingos em que pude contar com a sua ajuda e apoio, amo você.

À minha sogra, **Maria do Socorro Figueira**, sem você não teria sido possível! Obrigada por cuidar do nosso menino tão bem todas as vezes em que precisei me ausentar, por sempre se preocupar com o meu bem-estar e o de todos. Deus me deu um presente em colocar você na minha vida.

À minha mãe **Milca Lima** e minha irmã **Glenda Lima**, não consigo lembrar um dia sequer em que vocês duas não foram meu abrigo em toda essa jornada. Obrigada pelas tardes agradáveis, pelos domingos em família, por cuidarem tão bem e amarem tanto o Gabriel, sou cercada de muito amor tendo vocês na minha vida.

Ao meu pai **Raimundo Neves** (*In memoriam*) por ter sido o principal incentivador na minha vida educacional. Obrigada por ter me proporcionado uma vida de conforto e afeto, fruto dos anos que você trabalhou arduamente, sempre pensando em primeiro lugar na família. Te amo pra sempre!

Ao meu Orientador, Prof. Dr. **André Augusto Franco Marques**, pela excelente orientação e transmissão de conhecimentos. Eu tive a grande sorte de te ter como professor na graduação, orientador na especialização e agora no mestrado. Obrigada por ter me ensinado tanto ! Por todos os conselhos e pela paciência em ensinar. Vou sentir saudades das tardes nas clínicas da UEA.

Ao meu co-orientador **Fredson Márcio Acris de Carvalho**, por toda a orientação e ajuda prestadas a mim. Desde a faculdade sempre pude contar com a sua boa vontade e paciência em ensinar, e neste mestrado não foi diferente! Obrigada por me ensinar sempre a questionar e a pensar alto. Sou privilegiada de ter tido a oportunidade de caminhar esses dois anos e meio com vocês.

Ao professor **Emílio Carlos Sponchiado Junior**, grande mestre que conduziu meu aprendizado durante todo o mestrado na UFAM. Obrigada por me dar a oportunidade de apreciar e conhecer a vida acadêmica, pelos conselhos e puxões de orelha, por sempre

demonstrar cuidado e preocupação com os alunos. Foi muito enriquecedor te ter como professor no meu estágio docente, vou sentir saudades.

Aos **colegas do mestrado**, que tornaram as manhãs mais leves e alegres, sempre vou lembrar de todos com muito carinho.

Ao colega **André Fernandes**, por ter me ajudado nesta pesquisa. Obrigada por doar o seu tempo e talento em design gráfico em prol deste estudo. Sempre me lembrarei de toda a sua boa vontade.

Aos **professores e funcionários da FAO**, que fizeram eu me sentir em casa, me recebendo da melhor maneira possível.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Amazonas**, pelo apoio institucional e toda atenção prestados.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pelo apoio ao **PPGO-UFAM**.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM)** pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, para que esta pesquisa fosse possível.

Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.

Martin Luther King

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o desvio apical e as características de superfície dos instrumentos WaveOne Gold® e Reciproc Blue® após reintervenção endodôntica, em canais simulados. Inicialmente, foram obtidas imagens iniciais de 42 blocos enumerados, contendo os canais curvos simulados, e os instrumentos WaveOne Gold® *Medium* (WOGM) e Reciproc Blue® R40 (RB) foram avaliados no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) antes de serem utilizados. Após a instrumentação, os canais simulados foram obturados e novas imagens foram obtidas. Em seguida, todos os blocos foram separados em dois grupos com 21 espécimes cada, sendo: Grupo 1 – espécimes que passaram por reintervenção endodôntica com o sistema WOGM; Grupo 2 – espécimes que passaram por reintervenção endodôntica com o sistema RB. Cada instrumento, tanto do grupo WOGM quanto do grupo RB foi utilizado em 3 blocos para remoção da guta percha, e após cada uso, novas eletromicrografias foram realizadas para avaliação das características de superfície. Logo após a reintervenção, todos os blocos foram novamente fotografados e as imagens receberam colorações distintas sendo a coloração vermelha para as imagens pós obturação e verde para as imagens pós reintervenção com insertos WOGM e coloração preta para a reintervenção após o uso dos instrumentos RB. Utilizou-se o método de sobreposição de imagens, por meio da qual foi determinada a distância do desgaste da parede interna do canal até o desgaste da parede externa dos canais simulados reinstrumentados. Para a avaliação da superfície dos instrumentos antes e após o uso no MEV, foram realizadas eletromicrografias na ponta do instrumento, a 2mm e a 4mm da ponta, com aumento de 190X. Estabeleceram-se escores observando-se a presença de bordas irregulares, ranhuras, manchas ou materiais aderidos, microcavidades e rebarbas. Não foi apontada diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação ao desvio apical após reintervenção, apenas quando comparado o 1º milímetro do grupo WaveOne Gold Medium com o 3º e 5º milímetro do grupo Reciproc Blue R40 ($p < 0.001$). Quando avaliados os defeitos e deformações, os instrumentos WaveOne Gold Medium apresentaram estatisticamente maior quantidade de defeitos e deformações ($p < 0,001$) quando comparados aos instrumentos Reciproc Blue antes e após o segundo uso. Concluiu-se ambos os sistemas testados promoveram semelhantes valores de desvio apical, sendo que o sistema WaveOne Gold Medium apresentou maior presença de defeitos e deformações em sua superfície após diferentes tempos de uso.

Palavras-chaves: Endodontia; desvio apical; instrumentação; reintervenção endodôntica.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the apical deviation and surface characteristics of the instruments WaveOne Gold® and Reciproc Blue® after endodontic reintervention in simulated canals. Initially, initial images of 42 enumerated blocks were obtained, containing the simulated curved channels, and the instruments WaveOne Gold® Medium (WOGM) and Reciproc Blue® R40 (RB) were evaluated in a Scanning Electron Microscope (SEM) before being used. After instrumentation, the simulated canals were filled and new images were obtained. Then, all blocks were separated into two groups with 21 specimens each, as follows: Group 1 – specimens that underwent endodontic reintervention with the WOGM system; Group 2 – specimens that underwent endodontic reintervention with the RB system. Each instrument, both from the WOGM group and from the RB group, was used in 3 blocks to remove gutta percha, and after each use, new electromicrographs were taken to evaluate the surface characteristics. Soon after the reintervention, all blocks were photographed again and the images received different colors, with red color for images after obturation and green for images after reintervention with WOGM inserts and black color for re-intervention after the use of RB instruments. The image overlay method was used, through which the distance between the wear on the inner wall of the canal and the wear on the outer wall of the simulated reinstrumented canals was determined. To assess the surface of the instruments before and after use in the SEM, electromicrographs were taken at the tip of the instrument, at 2mm and 4mm from the tip, with a magnification of 190X. Scores were established by observing the presence of irregular edges, grooves, stains or adhered materials, microcavities and burrs. There was no statistically significant difference between the groups regarding apical deviation after reintervention, only when comparing the 1st millimeter of the WaveOne Gold Medium group with the 3rd and 5th millimeter of the Reciproc Blue R40 group ($p < 0.001$). When the defects and deformations were evaluated, the WaveOne Gold Medium instruments presented a statistically higher amount of defects and deformations ($p < 0.001$) when compared to the Reciproc Blue instruments before and after the second use. It was concluded that both systems tested promoted similar apical deviation values, and the WaveOne Gold Medium system showed a greater presence of defects and deformations on its surface after different times of use.

Keywords: Endodontic; apical deviation; instrumentation; endodontic retreatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bloco de canal simulado curvo em resina poliéster.

Figura 2 - (A) Microscópio Eletrônico de Varredura. (B) Instrumentos agrupados no porta-amostra do MEV. (C) Instrumentos em tubos Eppendorf.

Figura 3 - (A) Motor Endodôntico X-Smart Plus. (B) Mini torno de bancada.

Figura 4 - (A) Canal simulado após obturação. (B) Canal simulado após preparo com instrumento WaveOne Gold[®] Medium; (C) Canal inicial corado; (D) Canal pós-obturação corado; (E) Canais sobrepostos.

Figura 5 - Programa ImageJ evidenciando a marcação das medidas na face externa (seta amarela) do canal inicial à face interna (seta azul).

Figura 6 - Imagens sobrepostas após obturação (coloração vermelha) e após reintervenção endodôntica com WOG Medium (coloração verde) e RB R40 (coloração preta), evidenciando desvio apical para região interna da curvatura.

Figura 7 - Figura 7: Presença do defeito tipo borda irregular na ponta do instrumento WOG Medium antes do uso (A) e após o segundo uso (B), evidenciando o desgaste da lâmina do instrumento. Bordas irregulares no instrumento Reciproc Blue[®] R40 após o segundo (C) e terceiro uso (D).

Figura 8 - Presença do defeito tipo Ranhura nos 4 mm do instrumento WOG Medium após o primeiro uso (A) e segundo uso (B). Ranhuras dos 4 mm do instrumento Reciproc Blue R40 após o primeiro uso (C e D).

Figura 9 - Presença do defeito tipo Microcavidade nos 4 mm do instrumento WOG Medium após o primeiro (A) e terceiro uso (B). Microcavidades observadas nos instrumentos Reciproc Blue[®] R40 após o primeiro (C) e terceiro uso (D).

Figura 10- Presença do defeito tipo Rebarba na ponta do instrumento WaveOne Gold[®] Medium após o primeiro uso (A) e 2 mm do instrumento WaveOne Gold[®] Medium após o terceiro uso (B). Rebarbas em 4mm do instrumento Reciproc Blue[®] R40 sem uso (C) e após o terceiro uso (D).

Figura 11 - Presença do defeito tipo Manchas ou material aderido nos instrumentos WaveOne Gold[®] Medium antes (A) e após o terceiro uso (B). Manchas ou material aderido nos instrumentos Reciproc Blue R40 antes (C) e após o segundo uso (D).

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representação gráfica dos valores médios de desvio apical promovido pelos diferentes sistemas testados a cada milímetro do terço apical.

Gráfico 2: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Borda Irregular.

Gráfico 3: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Ranhuras.

Gráfico 4: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Microcavidades.

Gráfico 5: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Rebarba.

Gráfico 6: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Manchas ou material aderido.

Gráfico 7: Análise por meio do Escore de Defeitos e Deformações encontrados nos grupos WaveOne Gold[®] Medium(WOGM) e Reciproc Blue[®] R40 (RB).

Gráfico 8: Análise comparativa entre os grupos grupos WaveOne Gold[®] Medium(WOGM) e Reciproc Blue[®] R40 (RB) por meio do Escore de Defeitos e Deformações.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVOS GERAIS	8
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3	REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1	Instrumentos de níquel-titânio e seu comportamento na produção de desvio apical...	9
3.2	Sistemas rotatórios e reciprocantes	11
4	MATERIAL E MÉTODO	16
4.1	DESENHO DA PESQUISA	16
4.2	SELEÇÃO DA AMOSTRA	16
4.3	DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS	17
4.3.1	Análise da superfície dos instrumentos antes da instrumentação por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	17
4.3.2	Instrumentação dos blocos de canais simulados	18
4.3.3	Técnica de reintervenção endodôntica	19
4.3.4	Análise do desvio apical	20
4.3.5	Análise da Superfície dos instrumentos após reintervenção endodôntica dos canais simulados por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	21
4.3.6	Análise estatística	23
5	RESULTADOS	24
5.1	Desvio Apical	24
5.2	Análise Quantitativa dos defeitos e deformações de superfície	26
5.2.1	Defeito tipo borda irregular	26
5.2.2	Defeito tipo Ranhuras	27
5.2.3	Defeito tipo Microcavidades	29
5.2.4	Defeito tipo Rebarbas	30
5.2.5	Defeito tipo Mancha ou material aderido	32
5.3	Análise por meio do score de defeitos e deformações	33
6	DISCUSSÃO	36
7	CONCLUSÕES	41
6	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICES	47

1 INTRODUÇÃO

De uma forma geral, o sucesso da terapia endodôntica inicial pode ser caracterizado pela ausência de lesão perirradicular, presença clínica e radiográfica de sinais de reparo da saúde dos tecidos periapicais, após um período de preservação adequado. (SIQUEIRA et al., 2014; HOLLAND et al., 2017).

Apesar da importância de cada etapa da terapia endodôntica, o preparo biomecânico é caracterizado como fase de essencial atenção, uma vez que está envolvido no processo de remoção do tecido pulpar no interior dos canais radiculares e modelagem das paredes dentinárias. No entanto, a persistência ou a reintrodução de bactérias dentro do sistema de canais radiculares após a terapia endodôntica inicial pode ocorrer, mesmo em casos em que o tratamento foi realizado com padrões elevados, constituindo assim, um fator principal para indicação da reintervenção endodôntica (SIQUEIRA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2020).

Ao eleger a reintervenção, se faz necessário que ocorra a remoção do material de preenchimento anterior, para assim permitir uma completa reinstrumentação, desinfecção e reobturação do sistema de canais radiculares (PARK et al. 2020; FAUS-LLACER et al. 2021).

Assim sendo, várias técnicas foram desenvolvidas tendo em vista uma maior efetividade na remoção de materiais de preenchimento, com o uso de instrumentos manuais, rotatórios e reciprocantes, emprego de solventes, pontas ultrassônicas e *lasers*. Com o advento de novos instrumentos no mercado, houve também a criação de novas técnicas visando a remoção de material obturador e instrumentação do sistema de canais radiculares (SOUZA et al. 2015; JORGENSEN et al. 2017).

O sistema WaveOne Gold[®] e Reciproc Blue[®] podem ser citados, pois constituem um sistema de lima única que utiliza o movimento reciprocante, e possuem tratamento térmico diferenciado. O sistema WaveOne Gold[®] possui quatro instrumentos distintos com variados tamanhos e formas: *Small* (20.07), *Primary* (25.07), *Medium* (35.06) e *Large* (45.05). É constituído por uma liga de NiTi denominada Gold-Wire[®], que é fabricada a partir de uma liga metálica tratada termicamente, conferindo maior resistência e flexibilidade (VAN DER VYVER et al., 2019). Além disso, os instrumentos apresentam conicidade variada ao longo de todo o comprimento ativo, possui secção transversal em paralelogramo, o que confere maior eficiência de corte e menor quantidade de resíduos dentro do canal (WEBBER, 2015;

RUDDLE, 2016). No sistema Reciproc Blue[®], a liga metálica é sujeita a um tratamento térmico que lhe confere uma característica visual de cor azul. Os diâmetros dos instrumentos são: R25 (25/.08), R40 (40/.06) e R50 (50/.05) e apresentam secção transversal em forma de “s” com duas arestas de corte e uma ponta inativa (GÜNDOĞAR, ÖZYÜREK, 2017).

Entre as vantagens que os sistemas recíprocos de lima única possuem, podemos citar o tempo de trabalho, que é quatro vezes mais rápido do que os sistemas de NiTi tradicionais, assim como seu movimento recíproco no sentido anti-horário e horário, que proporciona maior segurança do instrumento no interior do canal, evitando seu travamento e consequente fratura (YARED, 2011; KIM et al., 2012; ALSILANI et al., 2016; GÜNDOĞAR, ZYÜREK, 2017).

Durante a instrumentação, alterações na forma original do canal radicular podem ocorrer, principalmente na presença de curvaturas. O preparo destas curvaturas, associados à resistência metálica de alguns instrumentos que nem sempre acompanham este grau de curvatura, podem gerar irregularidades durante o preparo químico mecânico (SCHILDER H, 1974).

Essas irregularidades, quando localizadas na porção apical, podem resultar em desvio foraminal, formação de degraus ou perfurações. Por esse motivo, os instrumentos confeccionados a partir de ligas que confirmam maior eficácia e segurança, com maior elasticidade e resistência à fadiga cíclica, têm se tornado principal opção de escolha na rotina clínica (SABER; NAGY; SCHAFER 2015).

No entanto, apesar dos inúmeros benefícios na utilização dos instrumentos de NiTi, seu uso contínuo apresenta risco de fratura por estresse torsional ou fadiga, o que pode contribuir negativamente para o prognóstico do tratamento (KESKIN et al., 2020). Diversos fatores podem estar relacionados a uma maior predisposição à fraturas, como o raio e o ângulo de curvatura do dente, a experiência e a técnica usadas pelo operador, a velocidade de rotação, as características químicas das ligas de NiTi e o tratamento utilizado em sua superfície (CARREÑO, 2012; BASTOS et al., 2017).

Diante do exposto acima, se torna necessário avaliar a eficácia desses instrumentos, principalmente no contexto de remoção do material obturador e reinstrumentação dos canais radiculares, pois há poucos estudos que abordem reinstrumentação após a remoção da gutapercha. Considerando a importância de preservar o trajeto dos canais sem promover distorções ou desvios durante o preparo e posterior reintervenção, o objetivo deste estudo é analisar o desvio apical após reintervenção endodôntica em canais curvos simulados, promovido após o

uso dos sistemas WaveOne Gold[®] e Reciproc Blue[®], sendo realizada posterior análise da superfície dos instrumentos em microscópio eletrônico de varredura (MEV).

2 OBJETIVOS GERAIS

- Analisar o desvio apical após reintervenção endodôntica em canais simulados curvos após o uso de dois instrumentos reciprocantes de níquel-titânio;
- Avaliar por meio de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), as possíveis alterações topográficas e as características de superfície dos instrumentos reciprocantes de níquel-titânio antes e após diferentes números de uso.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da ação dos sistemas WaveOne Gold[®] *Medium* e Reciproc Blue[®] *R40*, na produção de desvio apical após reintervenção endodôntica nos 1°, 2°, 3°, 5° milímetros do terço apical de blocos de canais simulados.
- Analisar comparativamente, por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a presença de defeitos e deformações na superfície dos instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium* e Reciproc Blue[®] *R40* em diferentes números de aplicações.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura cronológica foi realizada até novembro de 2021 na base de dados Pubmed. Nas buscas foram utilizadas as palavras-chave “*apical transportation*”, “*endodontic retreatment*”, “*simulated curved canals*”, “*nickel-titanium instruments*”, tendo sido ativados os filtros correspondentes com “pesquisas clínicas” e “revisões”.

Para facilitar a leitura, esta revisão de literatura será dividida em tópicos que serão abordados da seguinte forma:

- a) Instrumentos de níquel-titânio e seu comportamento na produção de desvio apical.
- b) Sistemas rotatórios e reciprocantes.

3.1 Instrumentos de níquel-titânio e seu comportamento na produção de desvio apical.

Durante a avaliação da capacidade de modelagem e centralização dos instrumentos de lima única com e sem cateterismo prévio, Lim *et al.* (2013) utilizaram instrumentos dos sistemas WaveOne® e Reciproc® em canais de blocos simulados, sendo os blocos divididos em quatro grupos (n =10), nos grupos 1 e 2, os preparos eram realizados com os instrumentos WaveOne® e Reciproc® sem cateterismo inicial, já nos grupos 3 e 4, antes da instrumentação era realizado cateterismo com uma lima manual tipo K nº 15. As imagens pré e pós instrumentação foram escaneadas e o desvio apical foi calculado em níveis de 1, 2, 3,5 e 7 mm do ápice. O nível de fadiga cíclica foi examinado através da análise no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da superfície dos fragmentos de limas fraturadas. A capacidade de centralização dos instrumentos nos canais preparados nos níveis de 1 a 2 mm foi significativamente menor no grupo 1, já nos níveis 3,5 e 7 mm não houve diferença estatisticamente significativa.

Ao avaliar a influência do desvio apical induzido por duas técnicas de instrumentação distintas, Gonçalves *et al.* (2015) utilizaram quarenta canais simulados divididos em dois grupos (n = 20), de acordo com as seguintes técnicas: ProTaper Universal manual e técnica híbrida. No grupo ProTaper manual, o preparo foi realizado de acordo com as instruções do fabricante, instrumentos SX no terço cervical e insertos S1,S2 e F1 no comprimento de trabalho (CT). No grupo da técnica híbrida, o preparo foi feito com limas tipo K #15, #20 e #25 até o CT, seguido de preparo cervical com brocas Gates Glidden 1, 2 e 3. No terço apical, os

instrumentos ProTaper manuais S2 e F1 foram utilizados. Após essa etapa, os canais simulados foram fotografados antes e após o preparo, sendo as imagens pré e pós-instrumentação sobrepostas para medição da distância entre a parede interna e externa nos primeiros 3 mm do terço apical. Os autores concluíram que o grupo que utilizou a técnica híbrida apresentou maiores valores de desvio apical, entretanto, sem diferenças significativas quando comparado com o grupo ProTaper ($p > 0,05$).

Carvalho *et al.* (2015) realizaram um estudo que avaliou o transporte apical, capacidade de centralização e capacidade de limpeza de sistemas reciprocantes associados a diferentes técnicas de pré-alargamento. As raízes mesiais de cinquenta e dois molares mandibulares foram distribuídas em quatro grupos ($n = 13$) de acordo com a técnica de pré-alargamento empregada antes no preparo biomecânico com o sistema Reciproc®: pré-alargamento com limas tipo K #10 e #15 e instrumentação com Reciproc® (KF/RS), espécimes sem pré alargamento e instrumentação com Reciproc® (NGP/RS), pré-alargamento com instrumentos PathFile® e instrumentação com Reciproc® (PF/RS) e espécimes sem preparo (NP). Antes e após instrumentação, foi realizada análise do terço apical com tomografia computadorizada de feixe cônico, sendo as amostras posteriormente submetidas a processos de análise histológica para quantificação de debris. Foi observado que todos os grupos tiveram valores de transporte apical semelhantes, sem diferenças estatisticamente significantes entre os grupo ($p > 0.05$). As diferentes técnicas de pré-alargamento promoveram transporte apical mínimo, e o sistema Reciproc® permaneceu relativamente centralizado dentro do canal radicular. O grupo KF/RS produziu maior quantidade de debris comparado aos demais grupos.

Um estudo que avaliou e comparou a capacidade de modelagem e centralização dos sistemas Protaper Next® e WaveOne® em canais simulados foi realizado por Troiano *et al.* (2016), onde foram realizadas fotografias antes e após o preparo, sendo as imagens pré e pós instrumentação sobrepostas no *Software* Autocad 2013 e lançadas para análise estatística. Os dados foram analisados utilizando a análise de variância unidirecional (ANOVA), e testes post hoc de Tukey, com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$. Com base nos resultados obtidos os autores concluíram que o sistema Protaper Next® demonstrou uma quantidade menor de resina removida e uma melhor capacidade de centralização quando comparado ao sistema WaveOne® convencional.

Um estudo semelhante foi feito por Silva *et al.* (2016), onde a capacidade dos instrumentos ProTaper Gold® e ProTaper Universal® em manter a forma original do canal radicular foi avaliada. Vinte canais simulados foram divididos aleatoriamente em dois grupos (n=10), de acordo com o sistema utilizado para instrumentação. Imagens estereomicroscópicas em cores de cada bloco foram tiradas exatamente na mesma posição antes e após a instrumentação. A avaliação do desvio apical foi obtida para duas regiões independentes dos canais simulados: níveis retos e níveis curvos. Os autores concluíram que os sistemas ProTaper Universal® e ProTaper Gold® produziram desvios apicais semelhante na parte reta, enquanto o sistema ProTaper Gold® produziu maior quantidade de desvio na parte curva ($p < 0,0001$).

O desvio apical promovido por sistemas rotatórios e reciprocantes foi estudado por Costa *et al.* (2017), onde foram utilizados 45 canais simulados com curvatura de 5mm, os quais foram distribuídos em 3 grupos: Protaper Universal® (PT), Reciproc® (RP), e grupo WaveOne® (WO). Para a análise do desvio foram registradas imagens com distância padronizadas antes e depois do preparo, as fotografias obtidas foram coradas e conseqüentemente sobrepostas. Os autores concluíram que todos os sistemas testados não foram capazes de manter a trajetória original, apresentando desvio em algum ponto do terço apical. Dentre os grupos observados os canais instrumentados pelo sistema ProTaper® apresentaram maior desvio.

3.2 Sistemas rotatórios e reciprocantes

Hanan *et al.* (2015) realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar a presença de detritos, defeitos e deformações de instrumentos reciprocantes antes e após o preparo químico-mecânico através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foram utilizados 26 instrumentos que foram divididos em 2 grupos: WaveOne® (n=13) e Reciproc® (n=13). Os instrumentos foram avaliados em dois pontos: 2 e 4 mm da ponta. Os canais mesiais de 26 molares inferiores permanentes foram instrumentados, logo em seguida, os instrumentos foram lavados em banho ultrassônico e submetidos a nova análise microscópica, onde os detritos e deformações foram avaliados através de uma pontuação que utilizava a presença ou ausência de bordas irregulares, ranhuras, microcavidades e rebarbas como critério. Todos os instrumentos examinados apresentaram detritos antes e após o uso. Foi encontrada diferença estatisticamente significativa para os defeitos e deformações entre os grupos ($p < 0,05$). A

presença de defeitos e deformidades foi maior nos instrumentos WaveOne[®] quando comparados com os instrumentos Reciproc[®].

Em um estudo comparativo entre três sistemas para avaliar a resistência à fadiga cíclica, Keskin *et al.* (2017) utilizaram quinze instrumentos de cada grupo dos seguintes sistemas: Reciproc[®] (R25), Reciproc Blue[®] (R25) e WaveOne Gold[®] (Primary). Os insertos foram selecionados e testados em um dispositivo dinâmico de teste de fadiga cíclica, que possuía um canal artificial com ângulo de curvatura de 60° e raio de curvatura de 5 mm e usados até a ocorrência da fratura, sendo o tempo até a ocorrência de fratura calculado. Os instrumentos Reciproc Blue[®] exibiram a maior resistência à fadiga cíclica, já os instrumentos WaveOne Gold[®] foram significativamente maiores do que os do Reciproc[®]. Não houve diferença significativa no comprimento médio dos fragmentos fraturados entre os instrumentos.

Com o objetivo de comparar a extrusão apical de detritos produzidos durante a remoção do material obturador da raiz de canais radiculares curvos, Nevares *et al.* (2017) utilizaram os sistemas Reciproc[®] (REC) e ProTaper Next[®] (PTN) em vinte e seis canais mesiais de molares inferiores. Os espécimes foram instrumentados, preenchidos e alocados em dois grupos (n = 13). Microtomografias foram realizadas para determinar a configuração do canal radicular (tipo IV de Vertucci) e o volume inicial de obturação. Um tubo Eppendorf foi atribuído por canal e pesado (10-4g) antes e após a remoção do material obturador. A diferença entre os pesos inicial e final foi calculada e avaliada estatisticamente. Os autores concluíram que a extrusão apical de detritos foi confirmada em todas as amostras, e a quantidade média de extrusão apical foi semelhante entre os dois grupos. Ambos os sistemas causaram extrusão apical de detritos, sem diferenças entre os sistemas PTN e REC.

De-Deus *et al.* (2017) realizaram um estudo que avaliou a influência do tratamento térmico na resistência à flexão e fadiga cíclica de instrumentos Reciproc[®] e Reciproc Blue[®], avaliando também sua microdureza. Foram efetuados quarenta e cinco testes de flexão entre os sistemas, sendo os instrumentos submetidos à testes de fadiga cíclica, feitos a partir do tempo de fratura em canais artificiais de aço inoxidável. Os fragmentos originários da fratura dos instrumentos foram analisados no microscópio eletrônico de varredura, a rugosidade foi quantificada e o teste de microdureza foi realizado usando o teste de dureza Vickers. Concluiu-se que o sistema Reciproc Blue[®] apresentou maior flexibilidade e tempo médio de fratura mais longo quando comparado com os instrumentos Reciproc[®]. Houve uma menor microdureza

superficial nos instrumentos Reciproc Blue[®]. Não houve diferenças significativas entre os grupos no que se refere à rugosidade.

Em um estudo realizado por Voster *et al.* (2018), a capacidade de centralização e transporte apical do instrumento WaveOne Gold[®] Primary, foi analisada. Os canais vestibulares de 60 molares inferiores foram selecionados e divididos aleatoriamente em 4 grupos com 15 canais cada. Os canais do grupo 1 receberam exploração inicial com instrumento manual tipo K #8, #10, #15 e #20. No segundo grupo foi realizada exploração inicial com o sistema PathFiles[®] #1-3, sendo a patência inicial do grupo 3 realizada com instrumentos WaveOne Gold Glider[®]. O quarto grupo não recebeu nenhum tipo de exploração inicial. A instrumentação final foi realizada com o inserto WaveOne Gold[®] Primary em todos os grupos. Os dentes foram analisados através de microtomografia computadorizada antes e após a exploração inicial. O grupo que realizou exploração inicial com os instrumentos manuais tipo K apresentou maiores valores de transporte apical. No entanto, o desempenho do instrumento Primary em relação à capacidade de centralização não foi influenciado pelos diferentes grupos de cateterismo.

Ao comparar a capacidade de centralização das ligas M-Wire[®], Gold-Wire[®] e Blue-Wire[®], Burklein, Fluck e Schafer (2019) realizaram um estudo em 80 canais radiculares com os instrumentos Reciproc[®], WaveOne[®], WaveOne Gold[®] e Reciproc Blue[®]. Os dentes foram divididos em quatro grupos (n=20) e foram preparados no tamanho apical de diâmetro #25. As radiografias pré e pós operatórias foram sobrepostas e a capacidade de centralização foi avaliada através de um software de imagem. Todos os instrumentos mantiveram a curvatura original do canal, sem diferenças significativas entre os instrumentos (P = 0,278).

Em outro estudo realizado por Generali *et al.* (2019) as características e a degradação induzida pelo uso contínuo dos instrumentos foram analisadas. O uso dos sistemas Genius[®] e Reciproc[®] foram avaliados em canais curvos. Após o quarto uso dos instrumentos, os mesmos foram analisados no microscópio eletrônico de varredura (MEV) com espectrometria de raio-x energia dispersiva (EDAX), calorimetria diferencial de varredura (CDV), difração de raios-x (DRX) e metalografia óptica e nano-indentação, para identificar sua composição morfológica, química, mecânica, térmica e composição de fases. Após os testes, a análise do MEV demonstrou a presença de microfissuras próximas à ponta em ambos os sistemas. A análise EDAX confirmou que os dois sistemas de limas são fabricados a partir de uma liga de níquel-titânio (NiTi) quase equiatômica. A análise CDV revelou que a temperatura de transição da

lima Genius está abaixo de 20°C, enquanto a do sistema Reciproc® está acima desse valor. A análise por DRX dos instrumentos Genius® identificou austenita com picos menores de martensita monocíclica residual, enquanto a presença contemporânea de martensita, austenita e fase R hexagonal foi observada no sistema Reciproc®. Diferenças significativas na nanodureza e no módulo de elasticidade foram observadas nos instrumentos Genius® e Reciproc® antes e após o uso. Os resultados coletados mostraram que ambos os sistemas podem ser usados com segurança como instrumentos de uso único.

Romeiro *et al.*(2020) compararam o remanescente de material obturador, remoção dentinária, transporte apical e extrusão de detritos após reintervenção endodôntica com cimentos biocerâmicos e cimentos à base de resina, usando os sistemas Reciproc® e Reciproc Blue®. Sessenta raízes mesiais de molares inferiores com curvaturas acentuadas foram selecionados para o estudo. As amostras foram inicialmente instrumentadas com o sistema Reciproc® (R25), logo após essa etapa, os espécimes foram divididos em quatro grupos experimentais de acordo com o cimento endodôntico empregado na reintervenção: grupo 1 - BC *Sealer*/Reciproc® (BCRC), grupo 2 - BC *Sealer*/Reciproc Blue® (BCRB), grupo 3 - AH Plus®/Reciproc® (AHRC) e grupo 4 -AH Plus® s e Reciproc Blue® (AHRB). O tempo de cada procedimento foi anotado e um tubo Eppendorf foi para a medição de detritos proveniente de cada raiz. As amostras então foram escaneadas por microtomografia antes e após retratamento. Foi observado que não houve diferença estatisticamente significativa na remoção de material obturador ou remoção dentinária entre os grupos ($p > 0.05$). Não houve diferenças significativas entre a quantidade de detritos e transporte apical. Entretanto, o tempo de procedimento durante reintervenção foi significativamente menor no grupo AHRC.

Higuera *et al.* (2015) avaliaram a resistência à fadiga cíclica de três diferentes instrumentos reciprocantes de níquel-titânio. Um total de 45 instrumentos foram testados e divididos em 3 grupos experimentais ($n = 15$): grupo 1, instrumentos WaveOne® *Primary*, grupo 2, instrumentos Reciproc® R25 e grupo 3, Twisted File Adaptive® (TF). Os instrumentos foram então submetidos ao teste de fadiga cíclica em um modelo estático, constituído por um bloco de metal com um canal simulado com ângulo de curvatura de 60° e raio de curvatura de 5 mm. Todos os instrumentos foram acionados até a ocorrência de fratura, sendo o tempo de fratura registrado visualmente com um cronômetro. O número médio de ciclos até a falha e os desvios padrão foram calculados para cada grupo e os dados foram analisados estatisticamente ($P < 0,05$). Os instrumentos também foram observados por microscopia eletrônica de varredura

para avaliar o tipo de fratura. A resistência à fadiga cíclica do grupo Reciproc® R25 e do grupo TF Adaptive® foi significativamente maior que a do WaveOne® *Primary*. Os resultados não mostraram diferença estatisticamente significante entre o TF Adaptive® e o Reciproc® R25 ($P = 0,686$). A análise da porção fraturada sob microscopia eletrônica de varredura indicou que todos os instrumentos apresentaram características morfológicas da fratura dúctil devido ao acúmulo de fadiga do metal.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 DESENHO DA PESQUISA

Esta é uma pesquisa básica, quantitativa e analítica, classificada como experimental *in vitro* controlado.

4.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Para a realização do presente estudo, foi utilizada uma amostra aleatória por conveniência de 14 instrumentos do sistema e WaveOne Gold[®] Primary, 7 do sistema WaveOne Gold[®] Medium e 7 do sistema Reciproc Blue[®], no preparo de 42 blocos transparentes de resina poliéster contendo canais curvos simulados (IM do Brasil Ltda. São Paulo, Brasil), com angulação de 40° e 17 milímetros de comprimento (Figura 1A). Visando a padronização do estudo, foram escolhidos blocos de canais simulados, sendo os mesmos numerados com a finalidade de facilitar a tabulação dos dados e para fins de controle durante o experimento (Figura 1B). Para o presente estudo, cada instrumento foi utilizado três vezes, e a cada uso, foi realizada a análise no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Após a instrumentação inicial com o sistema WaveOne Gold[®] Primary, os corpos de prova foram randomizados e dispostos em dois grupos (n=21), identificados como Grupo 1, WaveOne Gold[®] Medium (WOGM), e Grupo 2, Reciproc Blue[®] R40 (RB).



Figura 1. Bloco de canal simulado curvo em resina poliéster.

4.3. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS

4.3.1 Análise da superfície dos instrumentos antes da instrumentação por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Quatorze instrumentos novos (7 WaveOne Gold[®] *Medium* e 7 Reciproc Blue[®] *R40*) foram removidos de suas embalagens, sem nenhum tratamento de limpeza prévio, para análise no microscópio eletrônico de varredura. Os instrumentos foram numerados de 1 a 7 para os instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium*, e 8 a 14 para os instrumentos Reciproc Blue[®] *R40* (RB). Após a formação do vácuo, os instrumentos endodônticos foram fixados em fita carbono no porta-amostra do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (Jeol, JSM-IT500HR, Centro Multiusuário para Análise de Fenômenos Biomédicos da Universidade do Estado do Amazonas – CMABIO, Manaus, AM) (Figura 2A) e manipulados somente pelo cabo utilizando uma pinça clínica, evitando contaminações por outros materiais que poderiam comprometer a avaliação da qualidade da superfície.

Os espécimes foram colocados no suporte metálico do microscópio (Figura 2B), tendo como referência para a leitura da sua parte ativa, um ponto no cabo do instrumento (sulco de entalhe voltado pra cima), e a segunda aquisição das imagens com o mesmo sulco voltado para baixo, para que assim fosse feita a visualização da parte ativa dos instrumentos em ambos os lados. Em seguida, a análise das imagens da parte ativa das insertos foi realizada, sendo as eletromicrografias tomadas em três pontos: um na ponta do instrumento, outro a 2mm da ponta e outro a 4 mm da ponta, com sulco de entalhe para cima e para baixo, com aumento padrão de 190 vezes a partir do diâmetro inicial, totalizando um total de 42 eletromicrografias por uso. Após a tomada das eletromicrografias, as mesmas foram gravadas em disco rígido portátil (Seagate Expansion 2TB, Koolhovenlaan, Netherlands) e os instrumentos foram transferidos para tubos eppendorf fechados e enumerados (Figura 2C).

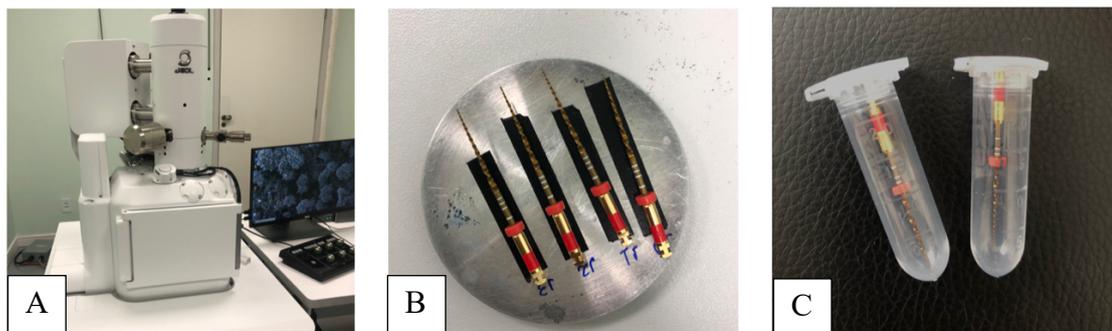


Figura 2. (A) Microscópio Eletrônico de Varredura. (B) Instrumentos agrupados no porta-amostra do MEV. (C) Instrumentos em tubos Eppendorf.

4.3.2 Instrumentação dos blocos de canais simulados

Os instrumentos endodônticos foram acoplados em um motor elétrico *X-Smart Plus*[®] (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), (Figura 3A). Para um posicionamento estático dos blocos durante o preparo dos canais simulados, foi feito uso de um mini torno de bancada (Figura 3B). Durante o preparo de todos os blocos de canais simulados, foram utilizados instrumentos do sistema *WaveOne Gold*[®] *Primary* (25.07), em movimento recíprocante em 400 rpm.

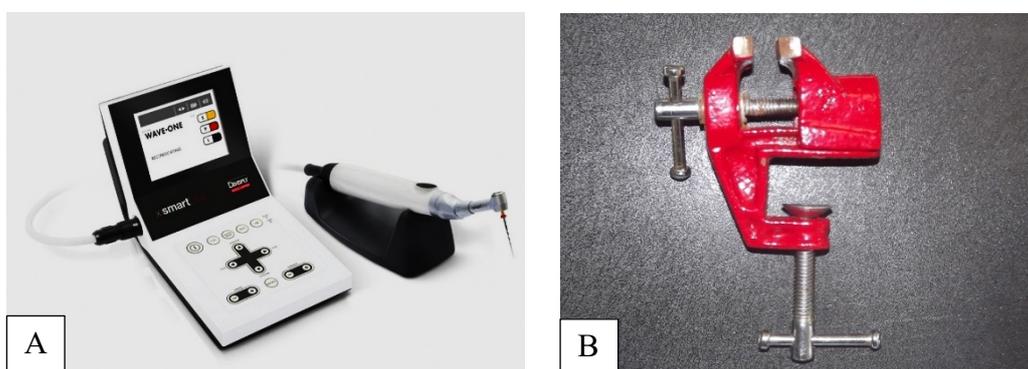


Figura 3: (A) Motor Endodôntico X-Smart Plus (Dentsply, Maillefer, Ballanges, Suíça.); (B) Mini torno de bancada.

Para a instrumentação de todos os blocos, primeiramente, os canais foram irrigados e em seguida o comprimento de trabalho (CT) foi determinado com auxílio de um instrumento tipo K #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), inserido no interior do canal simulado em direção apical até que a ponta da mesma fosse visualizada fora do bloco, confirmando o

comprimento de trabalho, determinado com o recuo de 1mm. Após isso, foi realizada a instrumentação dos canais com o inserto WaveOne Gold® *Primary* (25.07), avançando de forma passiva, até o comprimento de trabalho (CT). O instrumento foi introduzido no canal com leve pressão apical, em movimentos de avanço e retrocesso na amplitude de 3 mm aproximadamente, por 3 vezes, momento em que foi removido e limpo com gaze embebida em hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%. A cada troca de instrumento, os canais foram irrigados com 1 ml da solução de hipoclorito de sódio 2,5%.

A utilização de cada espécime foi realizada da seguinte forma: os instrumentos foram utilizados 3 vezes, entretanto, cada instrumentação foi realizada em canais simulados novos, conforme a recomendação do fabricante. Os canais simulados foram obturados com cones de guta-percha WaveOne Gold® *Primary* e cimento AH Plus (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), por meio da técnica de termoplastificação, sendo selados com cimento provisório (Coltosol-Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

4.3.3 Técnica de reintervenção endodôntica

Após a obturação, todos os canais simulados foram aleatorizados e alocados em dois grupos (n=21). No grupo 1, foi realizada a reintervenção com instrumentos WaveOne Gold *Medium*® (WOGM) e no grupo 2, com os instrumentos Reciproc Blue® *R40* (RB). A aleatorização simples foi realizada pelo programa *Randon Sequence Generator*®.

Os instrumentos WaveOne Gold® foram utilizados da seguinte forma: remoção do material obturador nos canais com instrumento *Medium* (35.06), acionada ao motor *X-Smart Plus*® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), sendo que a cada 3 movimentos de entrada e saída, o canal era irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 2,5%. Para o segundo grupo, o mesmo protocolo acima citado foi realizado, porém usando o instrumento Reciproc Blue® *R40* (40.06), a execução de todos procedimentos descritos foi realizada por um único operador.

4.3.4 Análise do desvio apical

Para a realização da análise do desvio apical, cada bloco foi fotografado de forma padronizada, em dois momentos distintos: após obturação e após reintervenção endodôntica. Foi utilizada uma câmera fotográfica digital (Canon EOS Rebel T5, Lake Success, NY, EUA), com resolução de 18 megapixels, lente macro de 100 mm e abertura do diafragma em 4.5. Para padronização da distância entre a lente da câmera e o bloco de resina, os canais simulados foram posicionados sobre uma plataforma confeccionada para o presente estudo, obedecendo sempre à mesma distância focal de 32 cm.

As imagens receberam colorações distintas, vermelha para as imagens após a obturação e verde para as imagens pós reintervenção com insertos WOGM e preta para a reintervenção após o uso dos instrumentos RB. Para análise do desvio apical, o *Software* Photoshop CS6 foi utilizado para realizar a sobreposição das imagens (Figura 4), e posteriormente, o desvio apical foi mensurado no *Software* ImageJ, determinando a distância da parede interna inicial do canal obturado até a parede externa do canal após retratamento. (Figura 5).

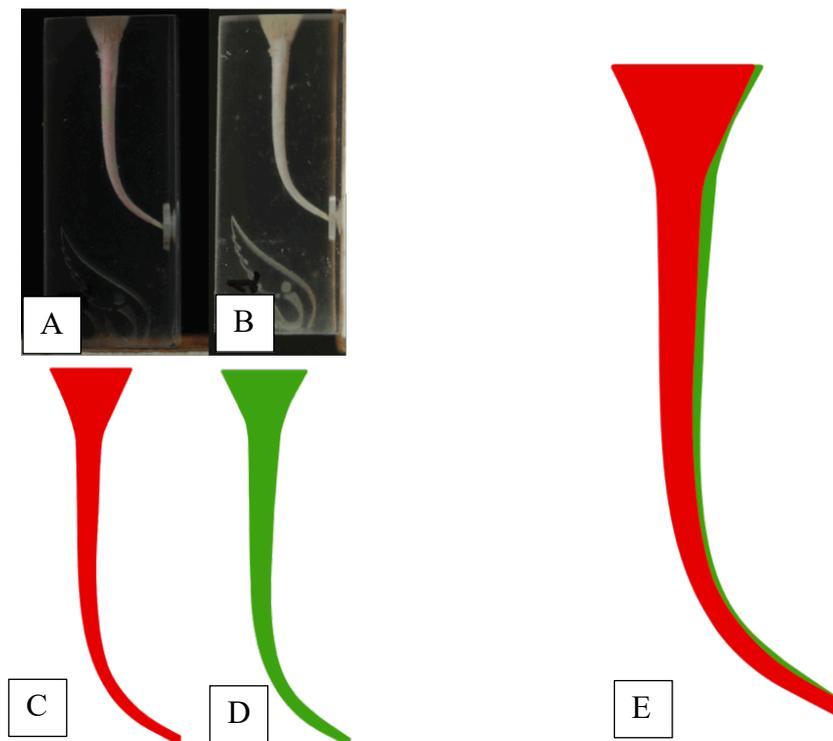


Figura 4: (A) Canal simulado após obturação. (B) Canal simulado após preparo com instrumento WaveOne Gold® *Medium* ; (C) Canal inicial corado; (D) Canal pós-obturação corado; (E) Canais sobrepostos.

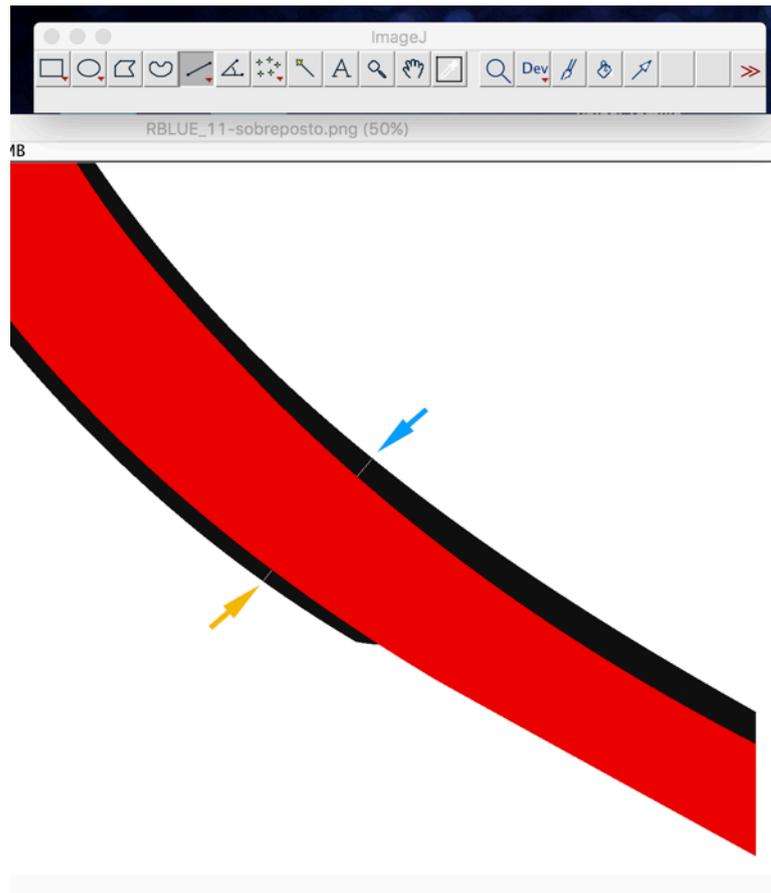


Figura 5: Programa ImageJ evidenciando a marcação das medidas na face externa (seta amarela) do canal inicial à face interna (seta azul).

A equação $DA = Fi - Fe$ foi utilizada para calcular o desvio do canal simulado, onde Fi representa o desgaste realizado na Face Interna do canal simulado, e Fe , o desgaste na Face Externa. Para este estudo foram estabelecidos 4 pontos de referência, correspondente ao 1°, 2°, 3°, 5° milímetros aquém do ápice radicular, onde foram mensurados os desvios e submetidos a análise, com nível de significância de 5%.

4.3.5 Análise da Superfície dos instrumentos após reintervenção endodôntica dos canais simulados por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Após reintervenção, os instrumentos (WOGM e RB), foram submetidos a um processo de limpeza em cuba ultrassônica (Cristófoli, Campo Mourão, Brasil), com sistema de aquecimento por 10 minutos utilizando água e detergente enzimático *Endozime* na diluição de

5mL por litro de água. Seguido do processo de limpeza, os instrumentos foram secos e armazenados em tubos Eppendorf, para posteriormente serem analisados no MEV.

Com a finalidade de minimizar o viés devido às dificuldades de interpretação e verificar se os observadores foram consistentes em suas opiniões, 25% da amostra foi escolhida aleatoriamente sendo avaliadas e reavaliadas em dois momentos diferentes, com um intervalo de 15 dias entre uma avaliação ou outra. Os dados obtidos nessa etapa foram submetidos ao teste estatístico para avaliar sua validade e reprodutibilidade. Utilizou-se o teste *Kappa* para avaliação da concordância intra e interexaminadores até o estabelecimento de índices acima de 0,7, considerado de forte concordância. As eletromicrografias obtidas dos instrumentos foram analisadas por dois examinadores com mais de 5 anos de experiência, onde dispuseram de todo o tempo necessário para avaliar as imagens dos instrumentos obtidas pelo MEV.

Alguns critérios foram escolhidos para avaliação da superfície das limas WaveOne Gold® e Reciproc Blue®, como descrito a seguir:

Critérios avaliados:

- a) Bordas Irregulares
- b) Ranhuras
- c) Manchas ou material aderido
- d) Microcavidades
- e) Rebarbas

Foi elaborado um sistema de escore em função da quantidade de defeitos presentes na superfície do instrumento com base no método proposto por Troian et al. (2006) apresentado na tabela a seguir:

SCORE	PRESENÇA DE DEFEITOS DE SUPERFÍCIE
1	Longo eixo da lima sem nenhum defeito da superfície examinada.
2	Longo eixo da lima com cerca de uma a três áreas com defeitos da superfície examinada.
3	Longo eixo da lima com cerca de quatro a cinco áreas com defeitos da superfície examinada.
4	Longo eixo da lima com mais de cinco áreas com defeitos da superfície examinada.

Tabela 1 – Scores para os critérios da quantidade de defeitos presentes na superfície do instrumento

Um “guia” com imagens das deformidades a serem avaliadas e seu respectivo score foi elaborado e apresentado aos avaliadores. As eletromicrografias foram selecionadas e anexadas na plataforma Google Formulário, e de forma aleatória, sem qualquer tipo de identificação quanto ao grupo do instrumento ou o número de uso, foram avaliadas pelos examinadores e atribuído a cada uma a presença dos defeitos e deformidades, seguida dos valores propostos no score. Os valores foram registrados em tabelas apropriadas, desenvolvidas para este estudo.

4.3.6 Análise estatística

Os dados referentes aos Grupos 01 e 02 foram obtidos através de análise estatística pelo programa *GraphPad InStat* para *Windows* (GraphPad Software, La Jolla, California, Estados Unidos) e são relativos aos desvios na porção apical nos blocos de canais simulados, após a reintervenção endodôntica. Foi realizada a avaliação da normalidade dos dados pelo teste de *Kolmogorov e Smirnov*, que apontou distribuição amostral não normal. Sendo assim, os valores foram submetidos o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis e de múltiplas comparações de Dunn, para verificar a existência de diferenças estatísticas entre os grupos.

5 RESULTADOS

5.1 Desvio Apical

O Gráfico 5 contempla os valores médios de desvio observado no 1º, 2º, 3º e 5º milímetro do terço apical dos canais simulados. Todos os grupos apresentaram algum nível de desvio apical, sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0.05$), exceto quando comparados os valores de desvio apical relativo ao 1º milímetro do grupo WaveOne Gold® *Medium* e 3º e 5º milímetro do grupo Reciproc Blue® *R40* ($p < 0.001$).

Tanto o grupo Reciproc Blue® *R40* (RB) quanto o grupo WaveOne Gold® *Medium* (WOGM), não apresentaram diferenças estatísticas nos valores de desvio apical quando comparados entre si.

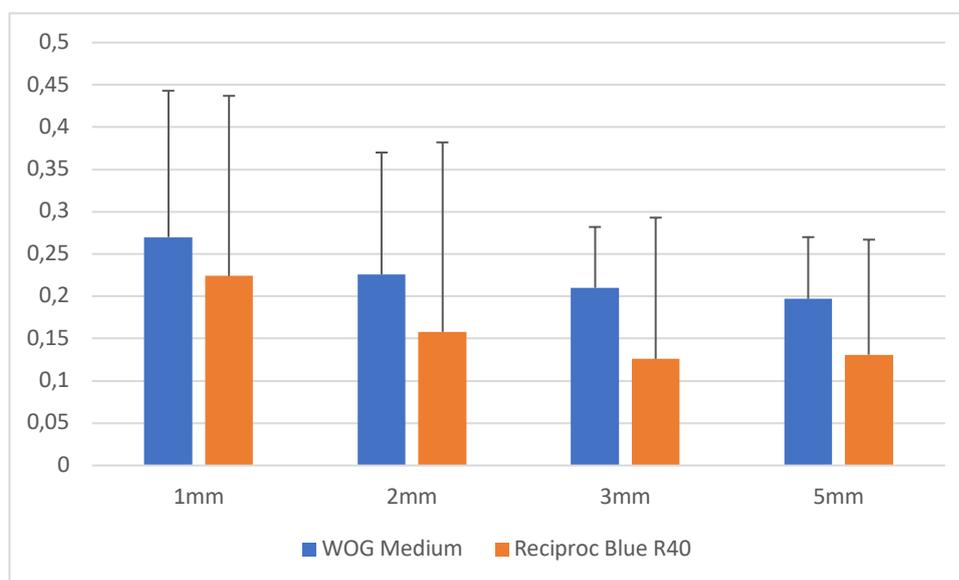


Gráfico 1: Representação gráfica dos valores médios de desvio apical promovido pelos diferentes sistemas testados a cada milímetro do terço apical.

Quando comparados os desvios no terço apical, foi observado que os instrumentos tanto do grupo WOGM quanto do grupo RB apresentaram uma tendência de deslocamento em direção à porção interior da curvatura (Figura 6)

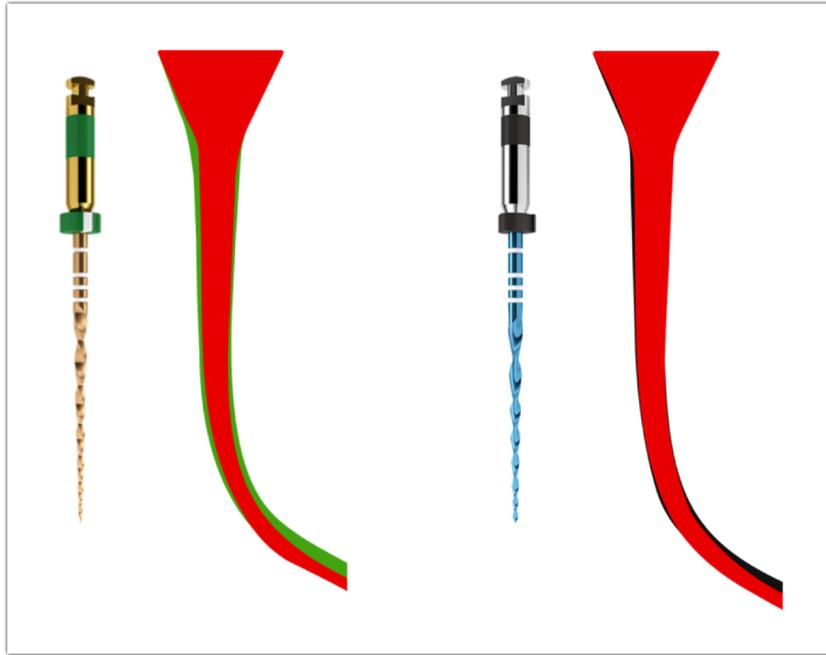


Figura 6: Imagens sobrepostas após obturação (coloração vermelha) e após reintervenção endodôntica com WOG Medium (coloração verde) e RB R40 (coloração preta), evidenciando desvio apical para região interna da curvatura.

5.2 Análise Quantitativa dos defeitos e deformações de superfície

Os resultados referentes aos defeitos e deformações de superfície dos instrumentos analisados por meio das eletromicrografias antes, após o primeiro, segundo e terceiro uso, inicialmente serão apresentados isoladamente, nos seguintes tópicos: borda irregular, ranhura, microcavidade, rebarba e mancha ou material aderido. Posteriormente, os resultados relativos ao scores que compreendem a análise de todos os defeitos em cada instrumento como um todo, serão apresentados.

5.2.1 Defeito tipo borda irregular

O gráfico 2 indica os resultados relativos à presença do defeito tipo borda irregular que foram observados nas eletromicrografias (n=42) nos instrumentos. Os resultados apontam que em todos os instrumentos WaveOne Gold® *Medium* e Reciproc Blue® *R40* foi encontrado o defeito borda irregular em algum momento do estudo, porém o grupo WaveOne Gold® *Medium* apresentou maior prevalência deste tipo de defeito em todos os usos comparado ao grupo Reciproc Blue®. Houve uma diminuição do defeito do tipo borda irregular de acordo com o número de usos em ambos os grupos de instrumentos (Figura 8).

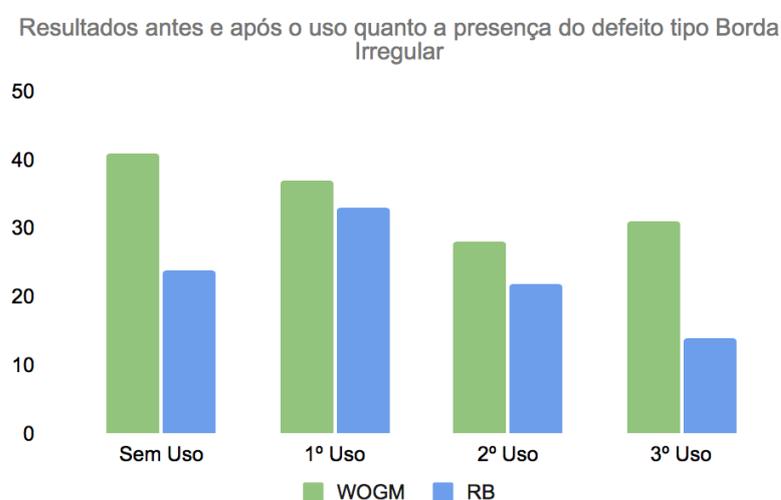


Gráfico 2: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Borda Irregular.

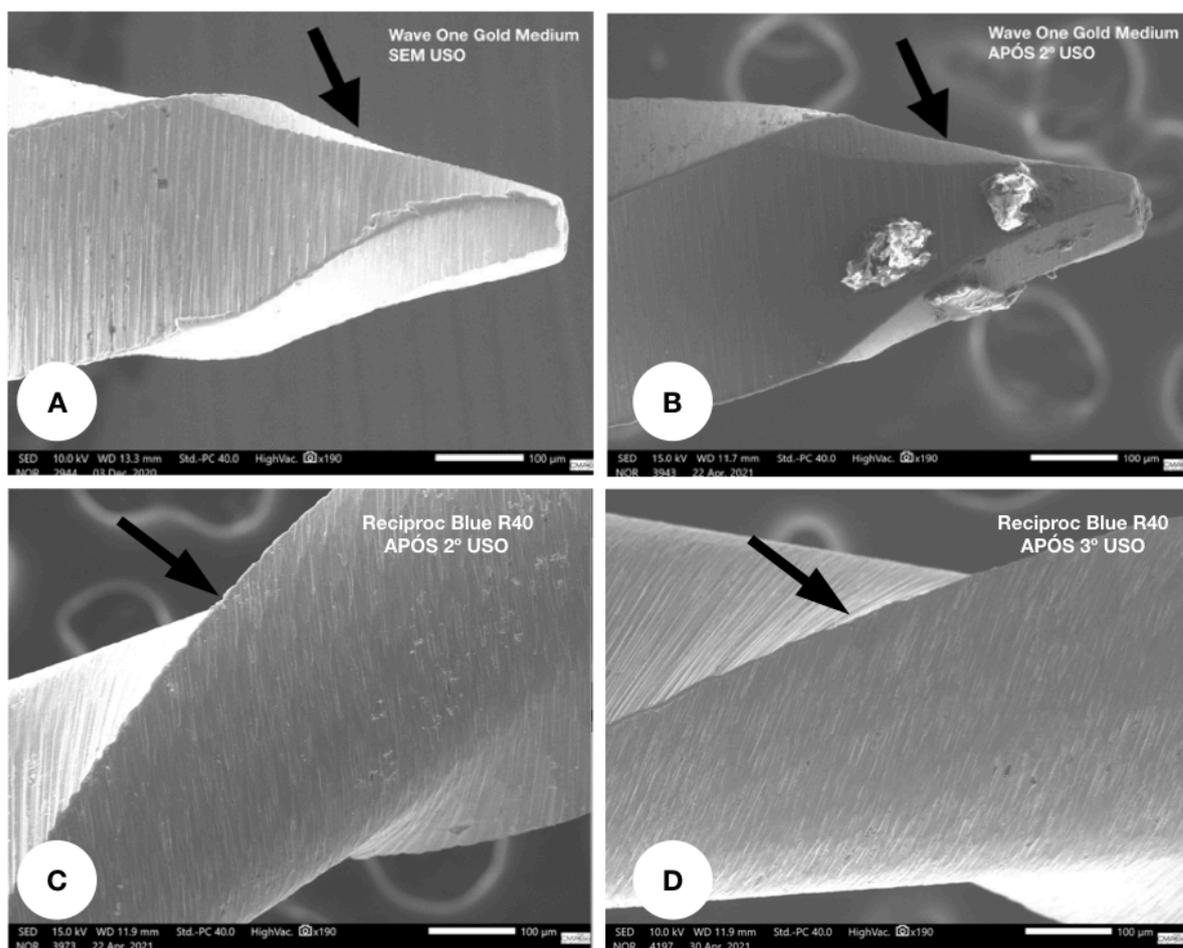


Figura 7: Presença do defeito tipo borda irregular na ponta do instrumento WOG Medium antes do uso (A) e após o segundo uso (B), evidenciando o desgaste da lâmina do instrumento. Bordas irregulares no instrumento Reciproc Blue R40 após o segundo (C) e terceiro uso (D).

5.2.2 Defeito tipo Ranhuras

Os resultados relativos à presença do defeito tipo Ranhura, que foram observados nas eletromicrografias (n=42) dos instrumentos, antes e após o uso estão representados no gráfico 3. Os resultados acusam que tanto no grupo WaveOne Gold[®] *Medium* quanto no grupo Reciproc Blue[®] *R40*, foram encontrados este tipo de defeito nos três tempos de utilização, porém quando comparados os tempos de uso, o grupo WOGM demonstrou uma quantidade maior em seu primeiro e segundo uso (Figura 9), em comparação com o grupo RB, que teve uma maior quantidade deste defeito após o primeiro uso (Figura 10).

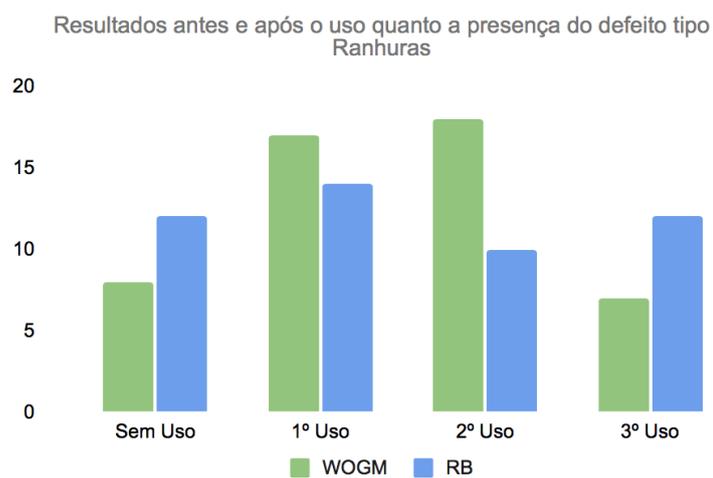


Gráfico 3: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Ranhuras.

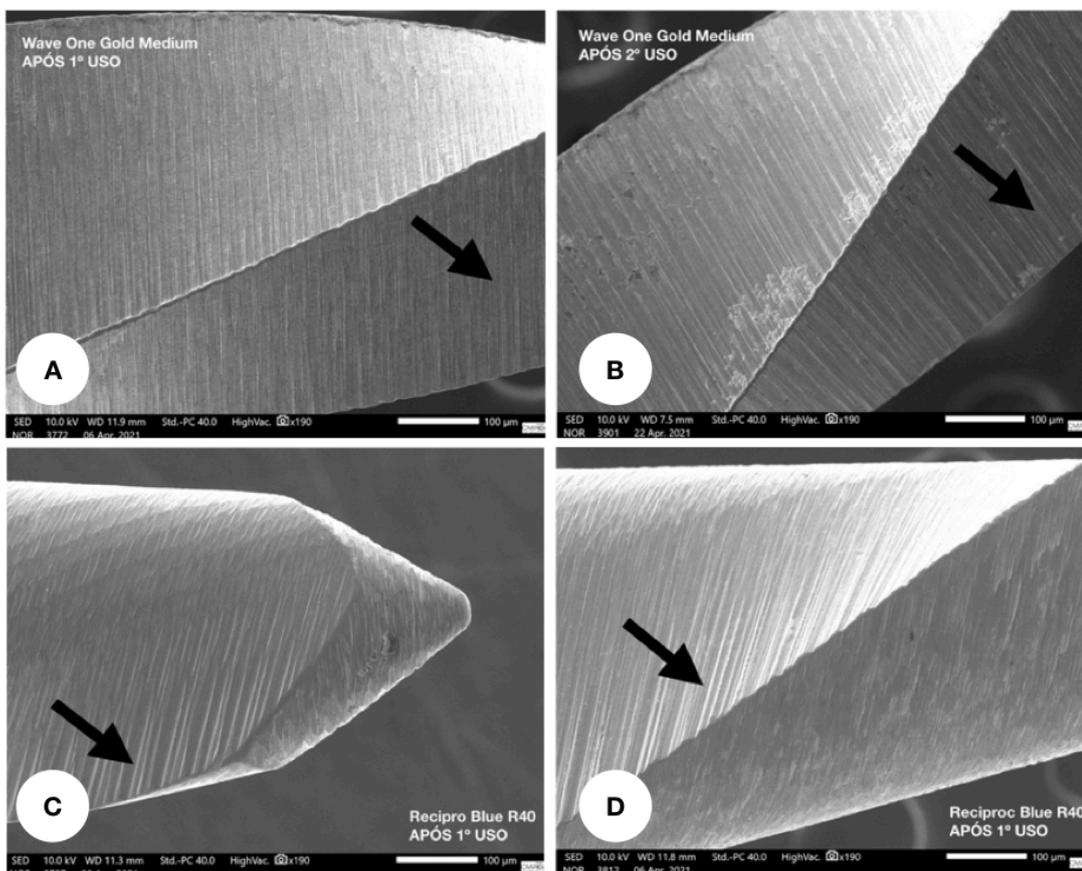


Figura 8: Presença do defeito tipo Ranhura nos 4 mm do instrumento WOG Medium após o primeiro uso (A) e segundo uso (B). Ranhuras dos 4 mm do instrumento Recipro Blue R40 após o primeiro uso (C e D)

5.2.3 Defeito tipo Microcavidades

O gráfico 4 contempla os resultados relativos à presença do defeito Microcavidade observado pelos avaliadores nas eletromicrografias (n=42) nos três tempos de uso. Os resultados acusam que em ambos os instrumentos foram encontrados o defeito tipo Microcavidade em todos os momentos do estudo, tendo o grupo RB apresentado um maior número deste defeito antes e após o primeiro e terceiro uso (Figura 11). Já o grupo WOGM apresentou um maior número deste defeito apenas em seu segundo uso.

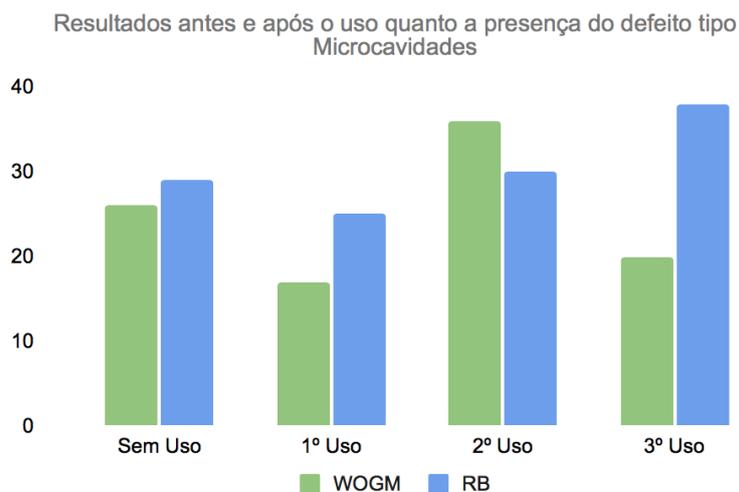


Gráfico 4: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Microcavidades.

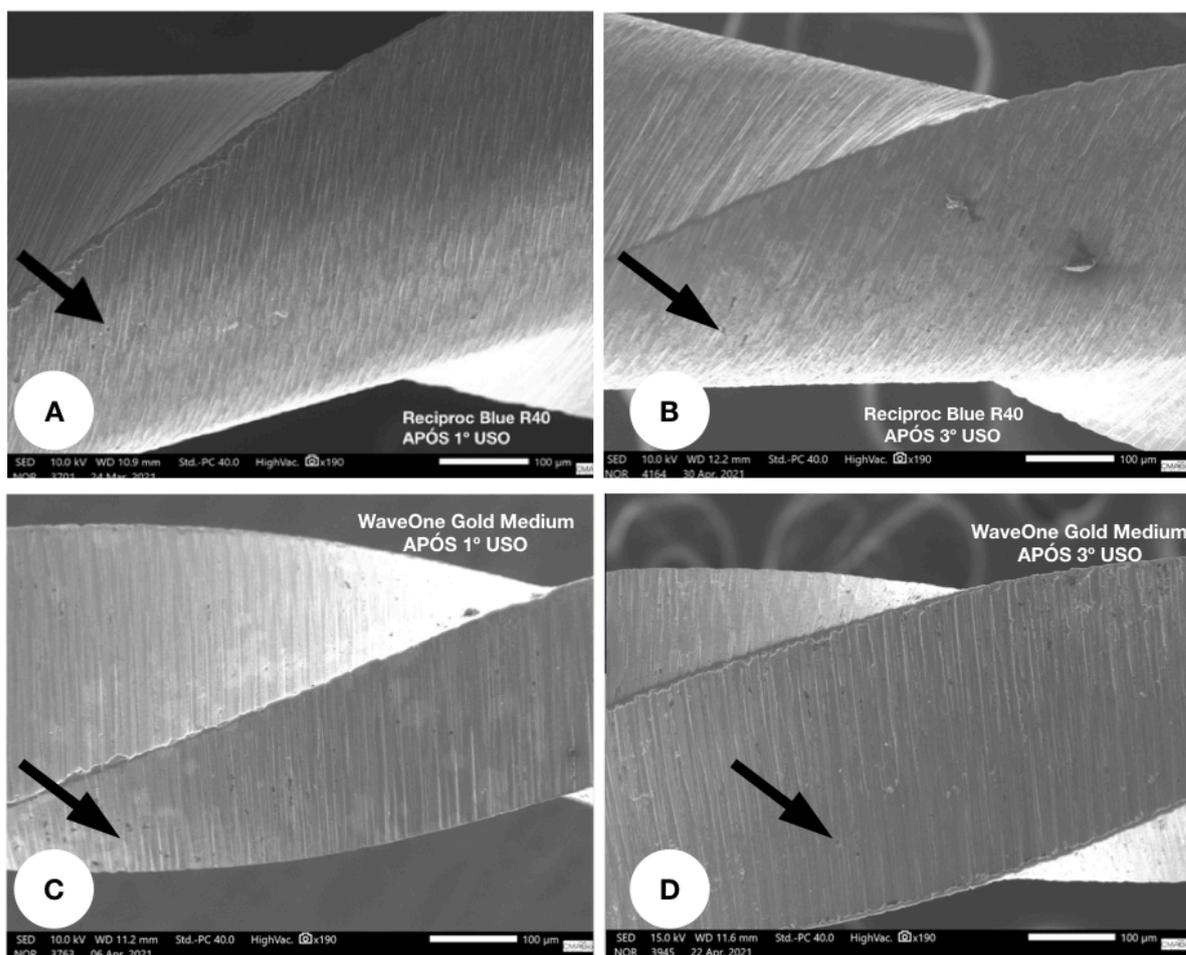


Figura 9: Presença do defeito tipo Microcavidade nos 4 mm do instrumento WOG Medium após o primeiro (A) e terceiro uso (B). Microcavidades observadas nos instrumentos Reciproc Blue R40 após o primeiro (C) e terceiro uso (D).

5.2.4 Defeito tipo Rebarbas

Os resultados relativos à presença do defeito tipo Rebarba, observados nas eletromicrografias dos instrumentos (n=42), nos três tempos de uso, estão presentes no gráfico 5. Os resultados acusam que no grupo WOGM foram encontrados um maior número do defeito tipo Rebarba (Figura 12), em todos os momentos do estudo, quando comparados com o grupo RB. Já nos resultados dos instrumentos Reciproc Blue[®], este defeito apresentou maior prevalência antes de qualquer uso.

Resultados antes e após o uso quanto a presença do defeito tipo Rebarba

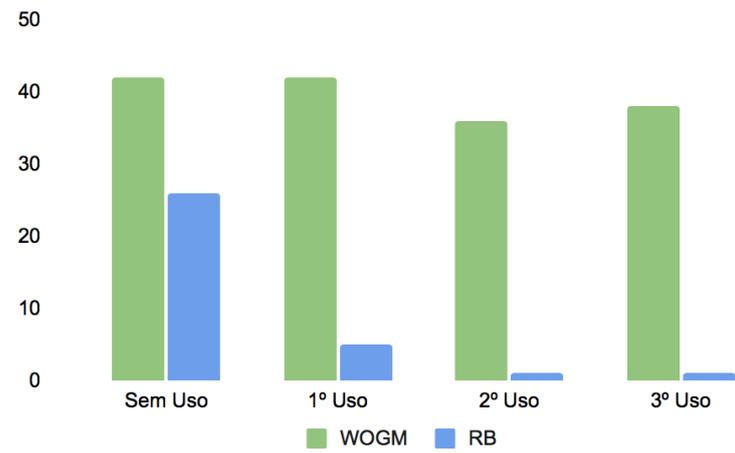


Gráfico 5: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Rebarba.

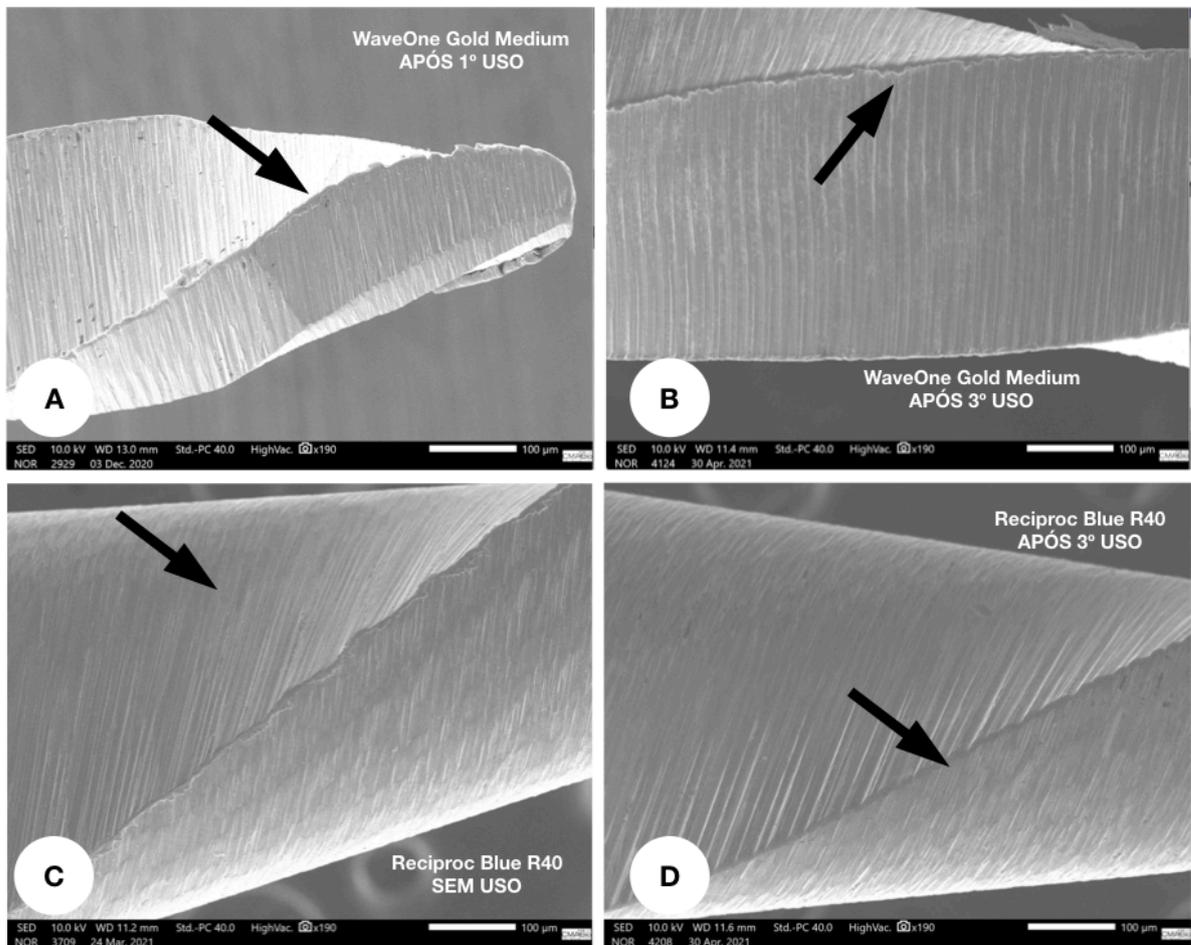


Figura 10: Presença do defeito tipo Rebarba na ponta do instrumento WaveOne Gold Medium após o primeiro uso (A) e 2 mm do instrumento WaveOne Gold Medium após o terceiro uso (B). Rebarbas em 4mm do instrumento Reciproc Blue R40 sem uso (C) e após o terceiro uso (D).

5.2.5 Defeito tipo Mancha ou material aderido

O gráfico 6 indica os resultados relativos à presença do defeito tipo Mancha ou material aderido que foram observados nas eletromicrografias (n=42) nos instrumentos. Os resultados acusam que em todos os momentos do estudo foi encontrado o defeito mancha ou material aderido nos instrumentos WaveOne Gold® *Medium* e Reciproc Blue® *R40* (imagem 11), sendo que no grupo WOGM foi observado um número menor deste defeito antes do uso.

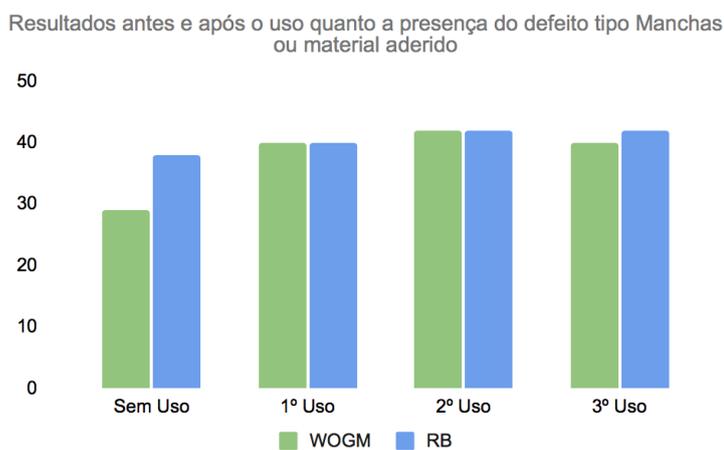


Gráfico 6: Resultados antes e após o uso quanto à presença do defeito tipo Manchas ou material aderido.

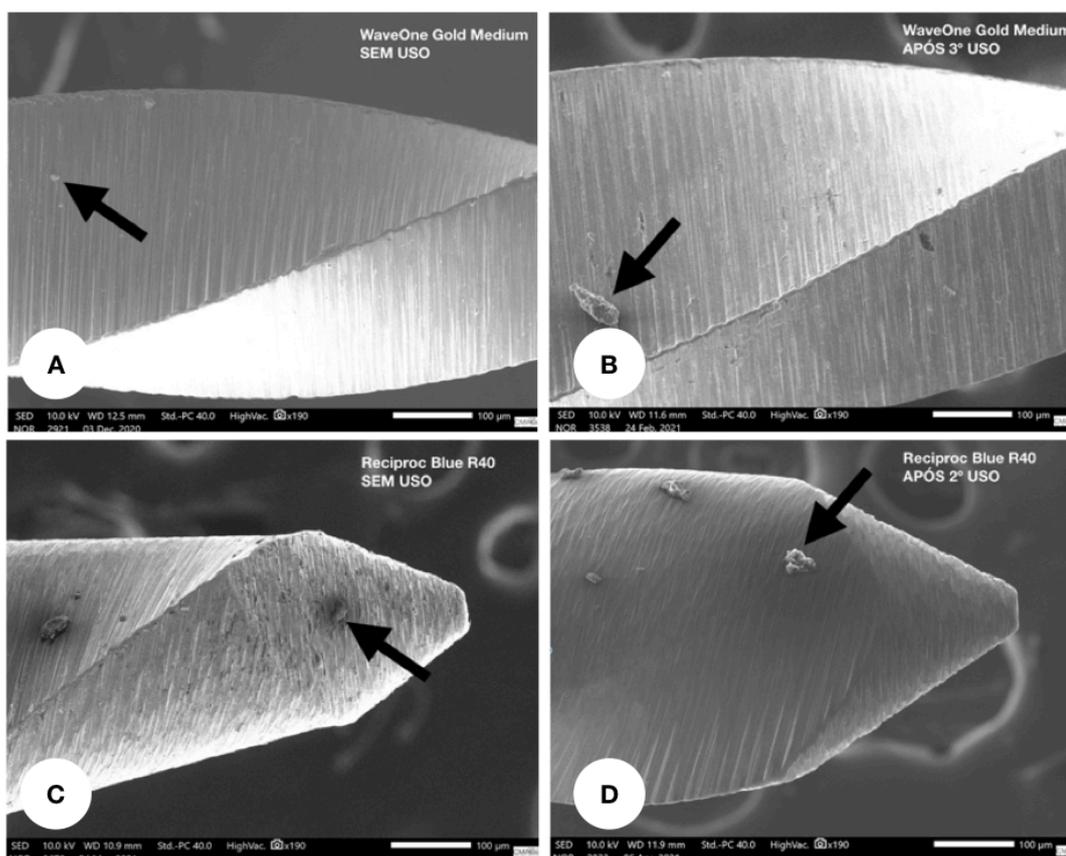


Figura 11: Presença do defeito tipo Manchas ou material aderido nos instrumentos WaveOne Gold Medium antes (A) e após o terceiro uso (B). Manchas ou material aderido nos instrumentos Reciproc Blue R40 antes (C) e após o segundo uso (D).

5.3 Análise por meio do score de defeitos e deformações.

Os resultados referentes à análise estatística por meio dos *scores* foi realizada pela média dos valores registrados pelos avaliadores antes e após o primeiro, segundo e terceiro uso na ponta, 2 mm e 4 mm dos instrumentos. Os dados originais do teste encontram-se no Apêndice 2.

A análise estatística em relação aos defeitos apresentados após os diferentes tempos de uso dos instrumentos apontou os seguintes resultados:

- Quando comparou-se os instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium* no tempo sem uso, com os instrumentos Reciproc Blue[®] *R40*, sem uso e após dois usos, diferença estatística significativa foi apontada ($p < 0,001$), sendo que o instrumento WOGM apresentou maiores índices de defeito;

- Comparando-se os instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium* com apenas um uso, com os instrumentos Reciproc Blue[®] *R40* nos tempos sem uso e após dois usos, foi encontrada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$), onde a maior quantidade de defeitos foi encontrada nos instrumentos WOGM;
- Os instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium* após a sua segunda utilização, apresentaram uma quantidade de defeitos e deformações estatisticamente significativa ($p < 0,001$), quando comparados aos instrumentos Reciproc Blue[®] sem uso e após dois usos.
- Já quando comparados entre si, antes e após o primeiro, segundo e terceiro uso, os instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium* não apresentaram defeitos e deformações significativas.
- Os instrumentos Reciproc Blue[®] *R40*, quando avaliados entre si antes e após a primeira e segunda instrumentação, apresentaram defeitos e deformações estatisticamente significativas ($p < 0,001$), quando comparados ao seu terceiro uso, que apresentou maior quantidade de defeitos.

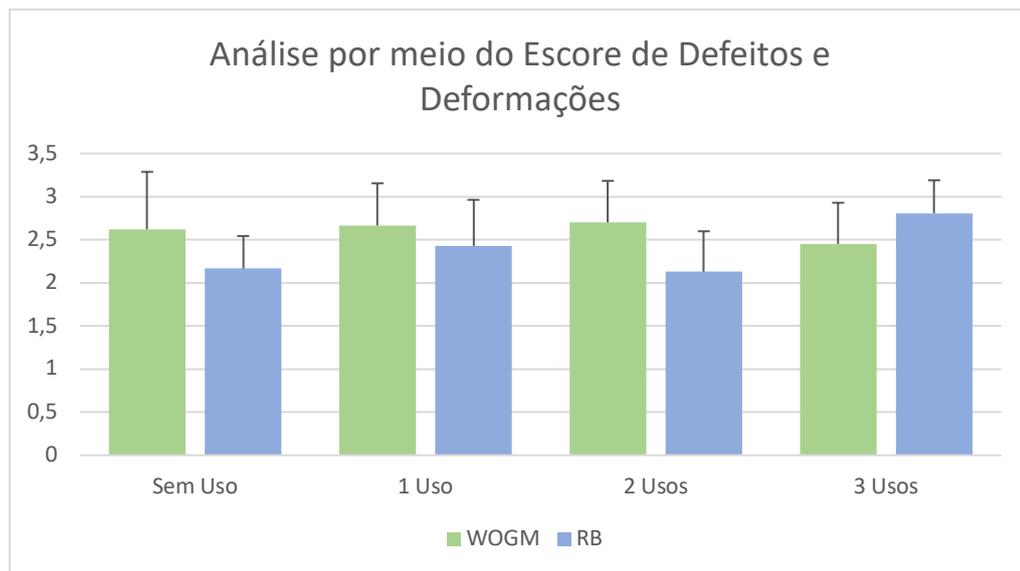


Gráfico 7: Análise por meio do Escore de Defeitos e Deformações encontrados nos grupos WaveOne Gold Medium(WOGM) e Reciproc Blue R40 (RB).

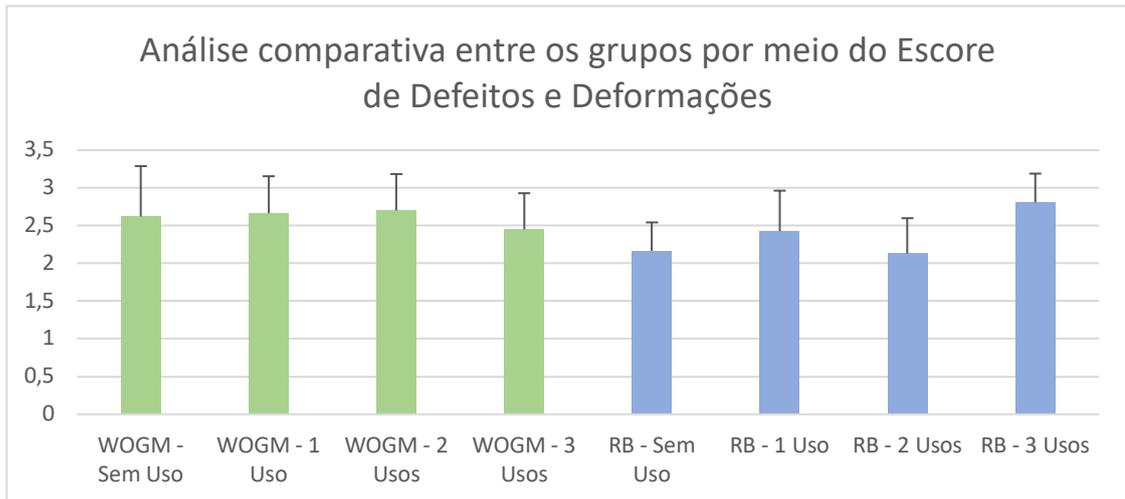


Gráfico 8: Análise comparativa entre os grupos WaveOne Gold Medium(WOGM) e Reciproc Blue R40 (RB) por meio do Escore de Defeitos e Deformações.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a presença de desvio apical após reintervenção endodôntica com instrumentos reciprocantes de níquel titânio em canais curvos simulados, e suas características de superfície após uso contínuo. Nesta pesquisa foram utilizados blocos de canais simulados de acrílico, visando a padronização do diâmetro, comprimento e ângulo de curvatura, contribuindo para a comparação do desvio apical entre os blocos.

Embora o uso de canais simulados em blocos de acrílico possam fornecer limitações como dureza superficial muito menor em comparação com a dentina, e possibilidade de amolecimento da resina devido ao atrito durante o preparo, o uso de dentes naturais exibem uma grande variabilidade na dimensão, tamanho e forma, o que não seria apropriado para o presente estudo, que visava a padronização das dimensões ao longo de todo o canal (Keskin *et al.*, 2018). Além disso, a escolha dos blocos em resina se deu em função dos mesmos possibilitarem a observação ao longo de todo o trajeto, facilitando o registro fotográfico que seria realizado posteriormente.

No presente estudo, para análise do desvio apical, foi usado o método de sobreposição de imagens após obturação e após reintervenção endodôntica, assim como realizado nos estudos de Keskin *et al.* (2018) e Rebeiz *et al.* (2020), Ozyurek *et al.* (2017), Christofzik *et al.* (2017).

Para evitar acúmulo de raspas de acrílico no interior dos blocos e aproximar da realidade clínica foi empregada irrigação durante a instrumentação dos canais, além disso, a irrigação constante tornou possível a diminuição do calor gerado devido ao atrito dos instrumentos contra as paredes de resina, que poderia diminuir a eficiência de corte dos instrumentos, assim como nos estudos realizados por Schafer e Vlassis (2004).

Tanto na instrumentação quanto no processo de reintervenção endodôntica, foi realizada a limpeza das hastes cortantes dos instrumentos, pois o acúmulo de resíduos na superfície poderia diminuir a eficiência de corte dos mesmos, favorecendo o travamento dentro do canal e aumentando as chances de fratura ou deformação (Calberson *et al.*, 2004).

A manutenção da trajetória anatômica original do canal radicular ainda é considerada um fator relevante para o sucesso do terapia endodôntica, principalmente em canais radiculares portadores de curvaturas acentuadas. Para este estudo foram estabelecidos 4 pontos de referência para mensuração dos desvios após reintervenção endodôntica, correspondente ao 1°, 2°, 3°, 5° milímetros aquém do ápice radicular. Analisando os resultados em relação ao desvio apical, nenhum instrumento foi capaz de manter a trajetória original do canal simulado,

provocando desvio em diferentes níveis, corroborando com os resultados de Rebeiz *et al.* (2021) e Costa *et al.* (2017), que avaliaram diferentes níveis de desvio apical promovidos por instrumentos rotatórios e reciprocantes de níquel titânio em blocos de canais simulados.

Os resultados deste estudo demonstraram que o grupo WOGM apresentou os maiores valores de desvio apical em grande parte dos milímetros avaliados, em relação ao grupo RB, porém sem diferença estatisticamente significativa, semelhante aos resultados encontrados por Kataia *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2018). Em discordância com os achados do presente estudo, Burklein *et al.* (2019) e Elashiry *et al.* (2020), demonstraram que os instrumentos WaveOne Gold[®] mantêm-se mais centrados no interior do canal radicular quando comparados aos instrumentos do sistema Reciproc Blue[®].

Os blocos de canais simulados que passaram por reintervenção endodôntica pelo grupo WOGM apresentaram um nível de desvio apical significativo ($p < 0.001$) relativo ao seu 1º milímetro quando comparado com o grupo RB no 3º e 5º milímetros do canal, em concordância com os resultados do estudo realizado por Keskin *et al.* (2018), que observou que na porção apical e no início da curvatura dos canais simulados, houveram variações significativas de desvio apical dos instrumentos WaveOne Gold[®] quando comparados aos instrumentos Reciproc Blue[®]. Tal fato pode ser justificado pelo menor diâmetro da ponta do instrumento WaveOne Gold Medium[®] (350 μm) e também pela diferente secção transversal em paralelogramo que este instrumento possui (Kataia *et al.*, 2018).

Quando comparados os desvios no terço apical, foi observado que os instrumentos dos sistemas reciprocantes apresentaram uma tendência de deslocamento em direção à porção interior da curvatura. Essa tendência também foi confirmada em outros estudos realizados por Ahmadi *et al.* (2018) e Keskin *et al.* (2018). Alguns autores relataram que isto pode ser explicado pela tendência destes instrumentos de recuperarem a sua forma reta dentro do canal, levando à remoção assimétrica de dentina ao longo do conduto radicular e a translação não uniforme ao longo do caminho original do conduto (Ahmadi *et al.*, 2018, Burklein *et al.*, 2019, Saber *et al.* 2015).

Os baixos índices de desvio apical encontrados neste estudo, podem estar relacionados ao fato de ser uma reintervenção endodôntica, onde o canal encontrava-se previamente ampliado pela instrumentação anterior, e também devido aos instrumentos avaliados serem bastante flexíveis, visto que são feitos de uma liga de níquel titânio termicamente tratada, melhorando suas propriedades mecânicas (Pinheiro *et al.*, 2018).

Os resultados encontrados no presente estudo possuem importância para o conhecimento na prática clínica frente ao uso de instrumentos reciprocantes de NiTi de lima única, seu comportamento e capacidade de instrumentação em reintervenções endodônticas.

Para determinação dos defeitos e deformações presentes nos instrumentos antes e após cada uso, os espécimes foram avaliados no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). A escolha do MEV como método de avaliação foi usada por diversos autores como Pedulla *et al.* (2013), Hanan *et al.* (2015), Bennet *et al.* (2017) e Generali *et al.* (2019), pois é considerado o método mais indicado para visualização topográfica da superfície dos instrumentos, podendo ser visualizados em maiores resoluções, indicando possíveis alterações que não seriam demonstradas por outros métodos de magnificação.

Neste estudo as eletromicrografias dos instrumentos WaveOne Gold[®] *Medium* e Reciproc Blue[®] *R40* obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) demonstraram a presença dos seguintes defeitos e deformações: bordas irregulares, ranhuras, microcavidades, rebarbas e manchas ou material aderido. Dos referidos defeitos analisados por meio das eletromicrografias, foram observados um maior número de manchas ou material aderido, seguidas de bordas irregulares, microcavidades, rebarbas e ranhuras. A presença de material aderido nos instrumentos novos, assim como microcavidades, ranhuras e outras imperfeições podem ser originadas pelo processo de fabricação e usinagem, corroborando com os achados de Chianello *et al.* (2008), Drago *et al.* (2011), Hanan *et al.* (2015) Bastos *et al.* (2017), e diferindo dos resultados de Carreño *et al.* (2012), que observou uma maior prevalência de microcavidades.

Um fato importante sobre a presença de defeitos encontrados sob a superfície de instrumentos novos, é que estes podem resultar no aparecimento de alterações maiores, a exemplo dos instrumentos Reciproc[®] *R25*, onde foi observado a presença de linhas de usinagem ao longo dos usos clínicos, ocasionando grandes modificações, originando microfraturas (Carreño 2012). O eletropolimento, por outro lado, causaria uma redução nas irregularidades e defeitos encontrados na superfície dos instrumentos, após o processo de usinagem, diminuindo áreas concentradoras de tensão e de nucleação de trincas. (Bonaccorso *et al.* 2008, Lopes *et al.* 2016).

O defeito tipo bordas irregulares foi observado nos dois grupos estudados, sendo resultado da fricção dos instrumentos contra as paredes do canal, ou ainda derivadas do processo de usinagem, corroborando com os estudos de Chianello *et al.* (2008), Caballero *et al.*

(2014). Neste estudo, observou-se a diminuição das bordas irregulares ao longo dos usos, devido ao desgaste da lâmina, ocasionando o aplainamento da mesma.p

Pôde-se constatar uma maior prevalência do defeito tipo microcavidades no presente estudo, semelhante aos resultados obtidos por Carreño *et al.* (2012) e Caballero *et al.* (2014), por sua vez diferindo dos achados de Hanan *et al.* (2015) e Bastos *et al.* (2017). A frequência deste defeito pode ser explicado pelo constante contato do instrumento com a solução irrigadora de hipoclorito de sódio, empregada ao longo dos usos dos instrumentos e pela perda de átomos de Ni e Ti durante a instrumentação (Bastos *et al.* (2017).

No presente estudo foi encontrado um grande número de defeitos do tipo rebarba nos instrumentos WaveOne Gold Medium[®] (WOGM), quando comparados ao grupo Reciproc Blue[®] R40 (RB). Este defeito pode comprometer a habilidade de corte dos instrumentos pois alteram o ângulo da aresta de corte. Além disso, podem permanecer no interior do canal, alcançando a região periapical quando liberadas durante a instrumentação (Murucci, 2020).

Os defeitos ranhuras foi observado no grupo WOGM em uma quantidade maior em seu primeiro e segundo uso, em comparação com o grupo RB, que teve uma maior quantidade deste defeito após o primeiro uso. Essa deformação pode ter sido originada pela fricção constante do instrumento em um área de tensão. A presença de ranhuras aumenta o estado de tensão em relação a uma haste polida e pode funcionar como pontos concentradores levando os instrumentos à falha prematura. Além disso, a dentina aderida às ranhuras do instrumento, pode também contribuir no excesso de carga de torção (Hanan *et al.*, 2015; Alapati *et al.*, 2005).

A análise realizada em conjunto, por meio dos *scores*, demonstrou que os instrumentos WaveOne Gold Medium[®] quando avaliados antes e após a primeira e segunda utilização, apresentaram maior quantidade de defeitos e deformações quando comparados aos instrumentos Reciproc Blue[®] antes e após o segundo uso ($p < 0,001$), estando em concordância com Hamdy *et al* (2019), Plotino *et al.* (2014), Hanan *et al.* (2015), que demonstraram que as limas Reciproc possuem melhores propriedades físicas e menores alterações superficiais quando comparadas às limas WaveOne[®].

No presente estudo não foi observada a ocorrência de fratura dos instrumentos, semelhante ao estudo de Howait (2021), Raj *et al.* (2018) Hanan *et al.* (2015) e Saber *et al.* (2014). Este fato provavelmente se deve ao presente estudo ter conduzido a instrumentação com apenas um operador, especialista em Endodontia e com experiência no uso de sistemas reciprocantes. A experiência do operador, e o uso excessivo de pressão parecem ser fatores que influenciam na resistência do instrumento à fratura (Keskin *et al.*, 2017).

O presente estudo apresentou limitações como o uso de blocos de canais simulados de acrílico, que possuem menor dureza superficial em comparação com a dentina e ainda apresentam o efeito de aquecimento promovido pela instrumentação nos blocos, que favorece o corte deste material. Outros métodos de avaliação do desvio apical, como o uso de microtomografia, são mais comumente usados atualmente, ao invés do método fotográfico de sobreposição de imagens, que foi utilizado nesta pesquisa (Canga et al., 2020; Ajina et al., 2021).

Com as limitações deste estudo, podemos sugerir a implementação de instrumentos reciprocantes com tratamentos de superfície no procedimento de reintervenção endodôntica, com o objetivo de melhorar sua capacidade de corte e resistência mecânica, como por exemplo o eletropolimento empregado após o processo de usinagem, como também a realização de estudos adicionais comparando as características de superfície de outros instrumentos de NiTi empregados no retratamento endodôntico.

7 CONCLUSÕES

- Nenhum dos sistemas testados foi capaz de se manter na trajetória original dos canais simulados testados após reintervenção;
- Os instrumentos recíprocos testados apresentaram valores estatisticamente semelhantes de desvio, exceto quando comparados o 1º milímetro do grupo WaveOne Gold[®] *Medium* ao 3º e 5º milímetros do grupo Reciproc Blue[®] R40 ($p < 0.001$).
- Todos os instrumentos avaliados apresentaram defeitos e deformações em sua estrutura antes e após os tempos de uso.
- Dentre os defeitos e deformações avaliados, as manchas ou material aderido foram os mais frequentes, seguidos de bordas irregulares, microcavidades, rebarbas e ranhuras, antes e após o uso.
- O grupo WaveOne Gold[®] *Medium* apresentou estatisticamente maior presença de defeitos e deformações do tipo bordas irregulares e rebarbas quando comparado ao grupo Reciproc Blue[®] R40, em todos os tempos de uso.

6 REFERÊNCIAS

ALSILANI, R.; JADU, F.; BOGARI, D.F.; JAN, A.; ALHAZZAZI, T. Single file reciprocating systems: A systematic review and meta-analysis of the literature: Comparison of reciproc and WaveOne. **J Int Soc Prev Community Dent.** v.6, n.5, p.402-409, 2016.

ALBUQUERQUE, M.S.; NASCIMENTO, A.S.; MENDES, C.L.; OLIVEIRA, L.J.R.; SOARES, M.L.; LAGO M.C.; NASCIMENTO A.; SILVA D.F.L.; BRAZ R. Endodontic Retreatment due to secondary periapical injury: case report. **Arch Health Invest.** V.9, n.6, p. 555-558, 2020.

AHMADI M. Cone-beam computed tomographic analysis of canal transportation and centering ability of single-file systems. **J Endod.** V.44, p.1788–91, 2018.

AJINA, M.A.; SHAH, P.K.; CHONG, B.S. A critical analysis of research methods and experimental models to study removal of root filling materials. **Int Endod J.** Oct 21. doi: 10.1111/iej.13650. Epub ahead of print. PMID: 34674279.

AZEVEDO, M.A.D.; SILVA, T.G.D.; FERNANDES Â.; PIASECKI L.; FARINIUK L.F.; SILVA U.X.D. Endodontic Retreatment Using a Single Instrument from four Nickel-Titanium Systems - A Micro-CT Study. **Braz Dent J.** V.31, n.6, p. 605-610, 2020.

BÜRKLEIN S.; SCHAFFER E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. **Endod Top** V.29, p110-24. 2013.

BASTOS, M.M.B.; HANAN, A.R.A.; BASTOS, A.M.B.; MARQUES, A.A.F.; GARCIA L.D.F.R.; SPONCHIADO JÚNIOR, E.C. Topographic and Chemical Analysis of Reciprocating and Rotary Instruments Surface after Continuous Use. **Braz Dent J.** v. 28, n. 4, p.461-466, 2017.

BENNETT J.; CHUNG K.H.; FONG H.; JOHNSON J.; PARANJPE A. Analysis of Surface Characteristics of ProTaper Universal and ProTaper Next Instruments by Scanning Electron Microscopy. **J Clin Exp Dent.** V.9, n.7, p.879-885, 2017.

BURKLEIN, S.; FLUCH, S.; SCHAFFER, E. Shaping ability of reciprocating single-file systems in severely curved canals: WaveOne and Reciproc versus WaveOne Gold and Reciproc blue. **Odontology.** V. 107, p.96-102, 2019.

BUENO, C.R.E, et al . Cleaning effectiveness of a nickel-titanium ultrasonic tip in ultrasonically activated irrigation: a SEM study. **Braz. oral res.** V.33, 2019.

CANGA, M.; MALAGNINO, V.A.; RROCO, R.; XHEMNICA, L.; BUDINA, R.; ÇELAJ, H.; KURTI, R. Maintenance Evaluation of the Original Anatomy of the Root Canal Diameters Instrumented with Mtwo and BioRace Systems. **Maedica.** V.15, n.4, p.484–489, 2020.

CARREÑO, D.N.R. Evaluación bajo microscopía electrónica de barrido de la superficie de instrumentos Reciproc® posterior al uso [Monografía de Especialização]. Caracas Zelândia: Universidade Central da Venezuela; 2012.

COSTA, E.L.; SPONCHIADO JUNIOR, E.C.; CARVALHO, F.M.A.; GARCIA, L.D.F.R.; MARQUES, A.A.F. Desvio apical promovido por sistemas rotatórios e reciprocantes: estudo piloto em canais simulados. **Rev Odontol Bras Central**. V.26, n.79, p.32-36, 2016.

CHIANELLO G.; SPECIAN V.L.; HARDT L.C.; RALDI D.P.; LAGE-MARQUES J.L.; HABITANTE S.M. Surface finishing of unused rotary endodontic instruments: a SEM study. **Braz Dent J**. V.19,n.2, p.109-13, 2008.

DE-CARVALHO. G.M.; SPONCHIADO-JUNIOR E.C.; GARRIDO, A.D.; LIA, R.C.C.; GARCIA, L.D.F.R, MARQUES A.A.F. Apical transportation, centering ability, and cleaning effectiveness of reciprocating single-file system associated with different glide path techniques. **J Endod**. V.41, n.12, p.2045–2049, 2015.

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

GAMBARINI .G.; PLOTINO, G.; GRANDE, N.M.; AL-SUDANI, D.; DE LUCA, M.; TESTARELLI, L. Mechanical properties of nickel titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. **Int Endod J**. V.44, n.4, p.337-41, 2011.

DRAGO, M.; SCHETTINO, M.A.; CIPRIANO, D.F.; OLIVEIRA, F.J.P.; PEREIRA, R.S. Deformação da superfície externa dos alargadores ProTaper® Universal. **Rev Pós Grad**. V18, n.3, p.160-9, 2011.

FAUS-LLÁCER V.; PÉREZ R.L.; FAUS-MATOSES I.; RUIZ-SÁNCHEZ C.; ZUBIZARRETA-MACHO Á.; SAURO S.; FAUS-MATOSES V. Efficacy of Removing Thermafil and GuttaCore from Straight Root Canal Systems Using a Novel Non-Surgical Root Canal Re-Treatment System: A Micro-Computed Tomography Analysis. **J Clin Med**. V.10, n.6,p.1266, 2021.

GENERALI, L.; BORGHI, A.; LUSVARGHI, L.; BOLELLI, G.; VERONESI, P.; VECCHI, A.; CONSOLO, U.; BECCE, C.; BERTOLDI, C.; SASSATELLI, P. evaluation os the usage-induced degradation of genius and reciproc nickel-titanium reciprocating instruments. **Odontology**. V.107, n.4, p. 473-481, 2019.

GÜNDOĞAR, M.; ZYÜREK, T.Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM,WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. **J Endod**. V.43, n.7, p. 1192-1196, 2017.

GONÇALVES, N.A.; FRANCO, M.F.; SPONCHIADO-JÚNIOR, E.C.; CARVALHO, F.M.A.; GARCIA, L.D.F.R.; MARQUES, AAF. Apical transportation of manual NiTi instruments and a hybrid technique in severely curved simulated canals. **J Conserv Dent**. V.18, n. 6, p.436-439, 2015.

HANAN, A.R.A; MEIRELES, D.A, SPONCHIADO-JUNIOR, E.C; HANAN, S; KUGA, C.M; BONETTI-FILHO, I. Surface Characteristics of Reciprocating Instruments Before and After Use- A SEM Analysis. **Brazilian Dental Journal**. V. 26, n. 2, p. 121-127, 2015.

HIGUERA, O.; PLOTINO, G.; TOCCI, L.; CARRILLO, G.; GAMBARINI, G.; JARAMILLO, D.E. Cyclic Fatigue os 3 Different Nickel -Titanium Reciprocating Instruments in Artificial Canals. V.41, n.6, p.913-915, 2015.

HOLLAND, R.; GOMES, J. E.; FILHO, CINTRA, L.; QUEIROZ, Í.; ESTRELA, C. Factors affecting the periapical healing process of endodontically treated teeth. **Journal of applied oral science**. V. 25, n.5, p. 465–476, 2017.

JORGENSEN, B.; WILLIAMSON, A.; CHU, R.; QIAN, F. The Efficacy of the WaveOne Reciprocating File System versus the ProTaper Retreatment System in Endodontic Retreatment of Two Different Obturating Techniques. **J Endod**. V.43, n.6, p.1011-1013, 2017.

KATAIA, M.M.; ROSHDY N.N.; NAGY M.M. Comparative analysis of canal transportation using reciproc blue and wave one gold in simulated root canals using different kinematics. **Future Dental Journal**. V. 4, n.2, p. 156-159, 2018.

KIM, H.C.; KWAK, SW.; CHEUNG, G.S.P.; KO, DH.; CHUNG, SM.; LEE, W.C. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocation Motion: Reciproc Versus WaveOne. **Journal of Endodontics**. V. 38, n. 4, p.541-4, 2012.

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

KESKIN C.; SARIYILMAZ E.; DEMIRAL M. Shaping ability of Reciproc Blue reciprocating instruments with or without glide path in simulated S-shaped root canals. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects**. V.12, n.1, p.63-67, 2018.

LIM, Y.J.; PARK, S.J.; KIM, H.C.; MIN, K.S. Comparison of the centering ability of WaveOne and Reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. **Restor Dent Endod**. V.38, n.1, p. 21-25, 2013.

LOPES H.P.; VIEIRA M.V.B.; ELIAS C.N.; SIQUEIRA JR J.F.; MANGELLI M.; LOPES W.S.P. Fatigue life of WaveOne and ProTaper instruments operated in reciprocating or continuous rotation movements and subjected to dynamic and static tests. **Lond Engl**. V.7,n.3, p. 217–22, 2013.

LOPES H.P.; ELIAS C.N.; VIEIRA M.V.; VIEIRA V.T.; DE SOUZA L.C.; DOS SANTOS A.L. Influence of Surface Roughness on the Fatigue Life of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments. **J Endod**. V.42, n.6, p.965-968, 2016.

MURUCCI M.D. Instrumentos endodônticos de NiTi M-Wire e memória controlada: avaliação mecânica e da citotoxicidade in vitro. [Dissertação de mestrado]. Duque de Caxias: Universidade do Grande Rio; 2020.

NEVARES, G.; ROMEIRO, K.; ALBUQUERQUE, D.; XAVIER, F.; FOGEL, H.; FREIRE, L.; CUNHA, R. Evaluation of Apically Extruded Debris during Root Canal Retreatment Using ProTaper Next and Reciproc in Severely Curved Canals. **Iran Endod J.** V. 12, n.3, p. 323-328, 2017.

PARK S.Y.; KANG M.K.; CHOI H.W.; SHON W.J. Comparative Analysis of Root Canal Filling Debris and Smear Layer Removal Efficacy Using Various Root Canal Activation Systems during Endodontic Retreatment. **Medicina (Kaunas).** v.56, n.11, p.615, 2020.

PINHEIRO S.R.; ALCALDE M.P.; VIVACQUA-GOMES N.; BRAMANTE C.M.; VIVAN R.R.; DUARTE M.A.H. Evaluation of apical transportation and centring ability of five thermally treated NiTi rotary systems. **IntEndod J.** V.51, p.705–13, 2018.

PINHEIRO, S.L.; FOGEL, H.M.; CICOTTI, M.P.; RODILLO, M.B.; BUENO, C.E.S.; CUNHA, R.S. Avaliação do sistema WaveOne Gold e ProTaper Retratamento para remoção de guta-percha clínico. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.** V.70, n.2, p.181-186, 2016.

RAJ P.K.T.; MUDRAKOLA D.P.; BABY D.; GOVINDANKUTTY R.K.; DAVIS D.; SASIKUMAR T.P.; EALLA K.K.R. Evaluation of Effectiveness of Two Different Endodontic Retreatment Systems in Removal of Gutta-percha: An in vitro Study. **J Contemp Dent Pract.** V.19,n.6, p. 726-731, 2018.

ROMEIRO, K; DE ALMEIDA, A; CASSIMIRO, M; GOMINHO, L; DANTAS, E; CHAGAS, N; VELOZO, C; FREIRE, L; ALBUQUERQUE, D. Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. **Clin Oral Investig.** V. 24, n.1, p. 405-416, 2020.

RUDDLE, C.J. Single-file shaping technique: achieving a gold medal result. **Dent Today.** V. 34, n. 1, p. 102-104, 2016.

SABER, S.E.D.M.; NAGY, M.M.; SCHÄFER, E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod J.** V. 48, n. 1, p. 109-14, 2015.

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

SIQUEIRA-JUNIOR, J.F.; RÔÇAS, I.N.; LOPES, H.P.; ALVES, F.R.F.; OLIVEIRA, J.C.M.; ARMADA, L.; PROVENZANO, J.C. Biological principles of endodontic treatment of teeth with pulp necrosis and apical lesions. **Rev Bras Odontol.** V.69, n.1, 2012.

SIQUEIRA, J.; RÔÇAS, I.; RICUCCI, D.; HUSMANN M.. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. **Br Dent J.** v. 216, p.305–312, 2014.

SILVA, E.J.N.L.; MUNIZ, B.L.; PIRES, F.; BELLADONNA, F.G.; NEVES, A.A.; SOUZA, E.M.; DE-DEUS, G. Comparison of canal transportation in simulated curved canals prepared with ProTaper Universal and ProTaper Gold systems. **Restor Dent Endod.** V.41, n.1, p. 1-5, 2016.

SILVA P.F.; COELHO E.; ALVES N.C.C.; SILVA S.A.; PEREIRA F.C.; ALBUQUERQUE BS. Canal Transportation and Centering Ability of Reciproc Blue, WaveOne Gold and ProTaper Next in Simulated Curved Canals. **Iranian Endodontic Journal**. V.13, n.4, p.498-502, 2018.

TROIAN, C.H.; SÓ, M.V.R.; FIGUEIREDO, J.A.P.; OLIVEIRA, E.P.M. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. **Int Endod J**. V.39, n.8, p.616–25, 2006.

TROIANO, G.; DIOGUARDI, M.; COCCO, A.; GIULIANI, M.; FABIANI, C.; D'ALESSANDRO, A.; CIAVARELLA, D. LO MUZIO, L. Centering Ability of ProTaper Next and WaveOne Classic in J-Shape Simulated Root Canals. **ScientificWorldJournal**. V.2016, p.1-5, 2016.

VAN DER VYVER, P.J.; PALEKER, F.; VORSTER, M.; DE WET, F.A. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. **J Endod**. V.45, n.1, p.62-67, 2019.

VOSTER, M.; VAN DER VYVER, P.J.; PALEKER, F. Influence of Glide Path Preparation on the Canal Shaping Times of WaveOne Gold in Curved Mandibular Molar Canals. **J Endod**. V.44, n.5, p. 853-855, 2018.

YILDIZ, E.D.; ARSLAN, H.; SUMBULLU, M.; BAYRAKDAR, I.S.; SUMBULLU, M.A.; KARATAS, E. Effect of instrument speed when used in reciprocating motion on root canal transportation and centering ability. **J Conserv Dent**. V.20,n.4, p.234-236,2017.

YARED G.M. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. **Int Endod J**. V. 41, n.4, p. 339–44, 2008.

WEBBER, J. Shaping canals with confidence: WaveOne Gold single-file reciprocating system. **Int Dent**. V.6, n.3, p.6-17, 2015.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Planilha usada na obtenção dos dados.

Imagens	Critérios					Escores			
	Borda Irregular	Ranhura	Microcavidades	Material aderido	Rebarbas	1	2	3	4
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Apêndice 2 –Dados originais referentes aos defeitos observados antes e após o uso dos instrumentos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Tempo	Examinador	Sulco entalhe	Posição	Bordas Irregulares	Microcavidades	Ranhas	Rebarbas	Manchas ou material aderido	Score
2	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	1	0	1	0	2
3	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
4	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	1	0	2
5	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	1	0	1	0	2
6	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	0	0	1	1	2
7	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
8	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	1	0	1	0	2
9	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	1	1	3
10	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
11	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	1	0	1	0	2
12	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	1	0	2
13	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
14	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	1	0	1	0	2
15	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	1	0	2
16	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
17	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	1	0	1	1	3
18	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	1	1	0	4
19	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	0	1	1	2
20	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	0	1	0	1	1	2
21	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	0	1	0	1	1	2
22	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	0	1	0	1	0	2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Tempo	Examinador	Sulco entalhe	Posição	Bordas Irregulares	Microcavidades	Ranhas	Rebarbas	Manchas ou material aderido	Score
2	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	0	1	1	1	3
3	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	1	1	0	4
4	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
5	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	0	0	1	0	2
6	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	1	1	3
7	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	0	1	1	2
8	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	0	1	0	1	1	2
9	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	0	1	1	2
10	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	0	0	1	0	2
11	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	2	1	2
12	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
13	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	0	0	0	1	0	2
14	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	0	0	1	0	2
15	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	0	1	1	2
16	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	0	1	0	1	1	2
17	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	1	0	2	0	2
18	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
19	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	4mm	1	0	0	1	1	2
20	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	0	0	2	1	2
21	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
22	Pré-instrumentação	1	Cima/Baixo	2mm	1	0	0	1	1	2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Tempo	Examinador	Sulco entalhe	Posição	Bordas Irregulares	Microcavidades	Ranhas	Rebarbas	Manchas ou material aderido	Score
2	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	1	1	1	3
3	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	1	0	0	1	0	2
4	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	1	0	0	1	0	2
5	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	0	1	1	1	1	3
6	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	0	0	0	1	1	2
7	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	0	0	0	1	1	2
8	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	0	0	0	1	1	2
9	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	0	0	0	1	1	2
10	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	0	0	0	1	1	2
11	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	0	1	1	2
12	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	0	1	0	1	1	2
13	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	0	0	0	1	1	2
14	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	0	0	0	1	1	2
15	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	0	0	0	1	1	2
16	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	0	0	0	1	1	2
17	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	1	0	0	1	1	2
18	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	1	0	0	1	1	2
19	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	0	0	0	1	1	2
20	1 uso	1	Cima/Baixo	Ponta	1	1	0	1	1	3
21	1 uso	1	Cima/Baixo	2mm	0	1	0	1	1	2
22	1 uso	1	Cima/Baixo	4mm	0	1	0	1	1	2

Apêndice 3: Dados originais dos valores referentes ao desvio apical dos instrumentos recíprocos de 1 a 5 mm.

	WAVE ONE MEDIUM	RECIPROC BLUE
	0,42	0,37
	0,45	0,24
	0,36	0,23
	0,28	0,34
	0,37	0,47
	0,38	0,22
	0,37	0,13
	0,31	0,21
	0,19	0,43
	0,4	0,16
1 MM	0,29	0,12
	-0,16	0,26
	-0,24	0,31
	0,13	0,42
	0,32	-0,56
	0,25	0,35
	0,28	0,24
	0,32	0,21
	0,37	0,19
	0,27	0
	0,32	0,37
	0,38	0,28
	0,4	0,14
	0,27	0,15
	0,21	0,26
2MM	0,34	0,42
	0,28	0,19
	0,34	0,11
	0,23	0,14
	0,17	0,34
	0,33	0,11
	0,2	0,05
	-0,14	0,17
	-0,17	0,39
	0,15	0,35
	0,26	-0,47
	0,26	0,32
	0,19	0,23
	0,26	0,18
	0,35	0,13
	0,22	-0,42
	0,23	0,26

3MM	0,21	0,30
	0,36	0,12
	0,2	0,09
	0,16	0,23
	0,2	0,35
	0,21	0,12
	0,28	0,12
	0,21	0,12
	0,18	0,25
	0,29	0,09
	0,22	0,01
	0,06	0,11
	0,32	0,15
	0,11	0,3
	0,16	-0,4
	0,17	0,28
	0,12	0,17
	0,2	0,1
	0,28	0,12
	0,21	-0,19
	0,28	0,21
5 MM	0,05	0,27
5 MM	0,05	0,27
	0,3	0,19
	0,2	0,09
	0,21	0,24
	0,2	0,25
	0,2	0,1
	0,22	0,11
	0,24	0,10
	0,22	0,21
	0,28	0,08
	0,31	-0,16
	0,2	-0,03
	0,13	0,11
	0,14	0,27
	0,12	-0,24
	0,3	0,19
	0,04	0,16
	0,23	0,11
	0,15	0,28
	0,17	0,24
	0,23	0,2

Apêndice 4 – Testes estatísticos realizados pelo programa *Graphpad Instat*.

Dunn's Multiple Comparisons Test			
Comparison	Mean Rank Difference	P value	
Wave 1mm vs. Rciproc 1 mm	20.190	ns	P>0.05
Wave 1mm vs. Wave 2mm	20.905	ns	P>0.05
Wave 1mm vs. Reciproc 2mm	42.548	ns	P>0.05
Wave 1mm vs. Wave 3 mm	38.190	ns	P>0.05
Wave 1mm vs. Reciproc 3mm	62.333	***	P<0.001
Wave 1mm vs. Wave 5mm	43.071	ns	P>0.05
Wave 1mm vs. Reciproc 5mm	63.429	***	P<0.001
Rciproc 1 mm vs. Wave 2mm	0.7143	ns	P>0.05
Rciproc 1 mm vs. Reciproc 2mm	22.357	ns	P>0.05
Rciproc 1 mm vs. Wave 3 mm	18.000	ns	P>0.05
Rciproc 1 mm vs. Reciproc 3mm	42.143	ns	P>0.05
Rciproc 1 mm vs. Wave 5mm	22.881	ns	P>0.05
Rciproc 1 mm vs. Reciproc 5mm	43.238	ns	P>0.05
Wave 2mm vs. Reciproc 2mm	21.643	ns	P>0.05
Wave 2mm vs. Wave 3 mm	17.286	ns	P>0.05
Wave 2mm vs. Reciproc 3mm	41.429	ns	P>0.05
Wave 2mm vs. Wave 5mm	22.167	ns	P>0.05
Wave 2mm vs. Reciproc 5mm	42.524	ns	P>0.05
Reciproc 2mm vs. Wave 3 mm	-4.357	ns	P>0.05
Reciproc 2mm vs. Reciproc 3mm	19.786	ns	P>0.05
Reciproc 2mm vs. Wave 5mm	0.5238	ns	P>0.05
Reciproc 2mm vs. Reciproc 5mm	20.881	ns	P>0.05
Wave 3 mm vs. Reciproc 3mm	24.143	ns	P>0.05
Wave 3 mm vs. Wave 5mm	4.881	ns	P>0.05
Wave 3 mm vs. Reciproc 5mm	25.238	ns	P>0.05
Reciproc 3mm vs. Wave 5mm	-19.262	ns	P>0.05
Reciproc 3mm vs. Reciproc 5mm	1.095	ns	P>0.05
Wave 5mm vs. Reciproc 5mm	20.357	ns	P>0.05

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)			
The P value is 0.0001, considered extremely significant.			
Variation among column medians is significantly greater than expected by chance.			
The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least one column has two or more identical values.			
<u>Calculation detail</u>			
Group	Number of Points	Sum of Ranks	Mean of Ranks
Wave 1mm	21	2537.5	120.83
Rciproc 1 mm	21	2113.5	100.64
Wave 2mm	21	2098.5	99.929
Reciproc 2mm	21	1644.0	78.286
Wave 3 mm	21	1735.5	82.643
Reciproc 3mm	21	1228.5	58.500
Wave 5mm	21	1633.0	77.762
Reciproc 5mm	21	1205.5	57.405
Kruskal-Wallis Statistic KW = 29.469 (corrected for ties)			

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)

The P value is < 0.0001, considered extremely significant.
Variation among column medians is significantly greater than expected by chance.

The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least one column has two or more identical values.

Calculation detail

Group	Number of Points	Sum of Ranks	Mean of Ranks
WOG 0 USO	45	8341.0	185.36
WOG 1 USO	42	8392.5	199.82
WOG 2 USOS	42	8651.0	205.98
WOG 3 USOS	42	6849.5	163.08
RCP 0 USO	42	4714.5	112.25
RCP 1 USO	42	6668.5	158.77
RCP 2 USOS	42	4546.5	108.25
RCP 3 USOS	42	9466.5	225.39

Kruskal-Wallis Statistic KW = 64.319 (corrected for ties)

Dunn's Multiple Comparisons Test

Dunn's Multiple Comparisons Test

Comparison	Mean Rank Difference	P value
WOG 0 USO vs. WOG 1 USO	-14.466	ns P>0.05
WOG 0 USO vs. WOG 2 USOS	-20.621	ns P>0.05
WOG 0 USO vs. WOG 3 USOS	22.272	ns P>0.05
WOG 0 USO vs. RCP 0 USO	73.106	** P<0.01
WOG 0 USO vs. RCP 1 USO	26.582	ns P>0.05
WOG 0 USO vs. RCP 2 USOS	77.106	** P<0.01
WOG 0 USO vs. RCP 3 USOS	-40.037	ns P>0.05
WOG 1 USO vs. WOG 2 USOS	-6.155	ns P>0.05
WOG 1 USO vs. WOG 3 USOS	36.738	ns P>0.05
WOG 1 USO vs. RCP 0 USO	87.571	*** P<0.001
WOG 1 USO vs. RCP 1 USO	41.048	ns P>0.05
WOG 1 USO vs. RCP 2 USOS	91.571	*** P<0.001
WOG 1 USO vs. RCP 3 USOS	-25.571	ns P>0.05
WOG 2 USOS vs. WOG 3 USOS	42.893	ns P>0.05
WOG 2 USOS vs. RCP 0 USO	93.726	*** P<0.001
WOG 2 USOS vs. RCP 1 USO	47.202	ns P>0.05
WOG 2 USOS vs. RCP 2 USOS	97.726	*** P<0.001
WOG 2 USOS vs. RCP 3 USOS	-19.417	ns P>0.05
WOG 3 USOS vs. RCP 0 USO	50.833	ns P>0.05
WOG 3 USOS vs. RCP 1 USO	4.310	ns P>0.05
WOG 3 USOS vs. RCP 2 USOS	54.833	ns P>0.05
WOG 3 USOS vs. RCP 3 USOS	-62.310	ns P>0.05
RCP 0 USO vs. RCP 1 USO	-46.524	ns P>0.05
RCP 0 USO vs. RCP 2 USOS	4.000	ns P>0.05
RCP 0 USO vs. RCP 3 USOS	-113.14	*** P<0.001
RCP 1 USO vs. RCP 2 USOS	50.524	ns P>0.05
RCP 1 USO vs. RCP 3 USOS	-66.619	* P<0.05
RCP 2 USOS vs. RCP 3 USOS	-117.14	*** P<0.001