

Roberta de Salles Bastos

Thamires de O. Vidal da Silva

**Avaliação de propriedades mecânicas de instrumentos reciprocantes originais e
réplicas**

Rio de Janeiro, RJ

2023

Roberta de Salles Bastos
Thamires de O. Vidal da Silva

**Avaliação de propriedades mecânicas de instrumentos reciprocantes originais
e réplicas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade do Grande Rio “Professor José de
Souza Herdy”, como parte dos requisitos
parciais para obtenção do grau de bacharel em
Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Emmanuel João Nogueira
Leal da Silva

Rio de Janeiro – RJ

2023

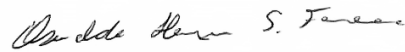
Roberta de Salles Bastos
Thamires de O. Vidal da Silva

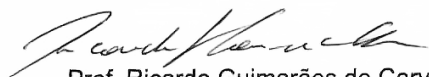
**Avaliação de propriedades mecânicas de instrumentos reciprocantes originais
e réplicas**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Grande
Rio "Professor José de Souza Herdy",
como parte dos requisitos parciais para
obtenção do grau de bacharel em
Odontologia

Aprovado em 05 de dezembro de 2023.


Banca Examinadora
Prof. Emmanuel João Nogueira Leal da Silva
Universidade do Grande Rio


Prof. Oswaldo Henrique dos Santos Fonseca
Universidade do Grande Rio


Prof. Ricardo Guimarães de Carvalho
Universidade do Grande Rio

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional, à flexibilidade e à flambagem dos instrumentos Only One File Blue e do sistema Reciproc Blue. Um total de 80 instrumentos de NiTi reciprocantes novos de 25 mm (Only One File Blue 25/.08v [Denco] e Reciproc Blue R25 25/.08v [VDW]) (n=40 por grupo) foram selecionados aleatoriamente e avaliados quanto ao seu desempenho mecânico. Ensaios de resistência à fadiga cíclica, fadiga torcional, resistência à flexão e resistência à flambagem foram realizados. A análise estatística foi realizada utilizando os testes One-way Anova e post hoc Tukey para dados paramétricos, enquanto o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Student-Newman-Keuls, com um nível de significância estabelecido em 5%. Os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significantes na resistência à fadiga cíclica entre os instrumentos Reciproc Blue e Only One File Blue ($P>0.05$). No entanto, o instrumento Reciproc Blue apresentou o maior torque até a fratura e maior ângulo de rotação que o instrumento Only One File Blue ($P<0.05$). O instrumento Only One File Blue foi mais flexível, porém menos resistente à flambagem que o instrumento Reciproc Blue ($P<0.05$). Pode-se concluir que os instrumentos testados apresentaram diferenças nas propriedades mecânicas, mas de maneira geral o instrumento Reciproc Blue apresenta maiores vantagens que a sua réplica Only One File Blue.

Palavras-chave: Endodontia; Sistema reciprocante; Teste de materiais; Resistência à fratura; Fadiga cíclica; Reciproc Blue; Only One File Blue.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the resistance to cyclic and torsional fatigue, flexibility and buckling of the Only One File Blue instruments and the Reciproc Blue system. A total of 80 new 25 mm reciprocating NiTi instruments (Only One File Blue 25/.08v [Denco] and Reciproc Blue R25 25/.08v [VDW]) (n=40 per group) were randomly selected and evaluated for its mechanical performance. Cyclic fatigue resistance, torsional fatigue, flexural resistance and buckling resistance tests were carried out. Statistical analysis was performed using the One-way Anova and post hoc Tukey tests for parametric data, while the non-parametric Kruskal-Wallis test, followed by the Student-Newman-Keuls test, with a significance level set at 5%. The results showed no statistically significant differences in resistance to cyclic fatigue between the Reciproc Blue and Only One File Blue instruments ($P>0.05$). However, the Reciproc Blue instrument presented greater torque to fracture and greater rotation angle than the Only One File Blue instrument ($P<0.05$). The Only One File Blue instrument was more flexible, but less resistant to buckling than the Reciproc Blue instrument ($P<0.05$). It can be concluded that the tested instruments present differences in mechanical properties, but in general the Reciproc Blue instrument presents greater advantages than its Only One File Blue replica.

Keywords: Endodontic; Reciprocating system; Materials Testing; Fracture Strength; Cyclic Fatigue; Reciproc Blue; Only One File Blue.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	7
3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	9
4 RESULTADOS	10
5 DISCUSSÃO	11
6 CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

1 INTRODUÇÃO

O desbridamento efetivo e a desinfecção do sistema de canais radiculares são os objetivos mais importantes do tratamento do canal radicular¹. O aspecto mecânico envolvido neste processo passou do uso de limas manuais de aço inoxidável para instrumentos rotatórios de níquel-titânio (NiTi), altamente flexíveis, no início da década de 1990. Com essa nova tecnologia, erros processuais associados à instrumentação manual, como a criação de degraus ou transporte de canal, tornaram-se menos comuns². No entanto, um aumento na incidência de fratura dos instrumentos foi observado em um momento inicial³. Para superar essa limitação, esforços têm sido feitos para melhorar o desempenho mecânico de instrumentos de NiTi, incluindo tratamentos térmicos^{4,5}, eletropolimento de superfície⁶, mudanças de *design*⁶ e cinemática⁷. Em relação a este último, a aplicação do conceito de movimento oscilatório assimétrico, o chamado movimento reciprocante⁸, tem sido sugerido como superior ao movimento de rotação contínua de várias maneiras, incluindo resistência à fadiga cíclica^{7,9}, extensão da vida útil dos instrumentos¹⁰ e redução da ocorrência de deformação plástica e fratura¹¹.

Os primeiros sistemas reciprocantes introduzidos no mercado foram os sistemas Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e WaveOne (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça). Os instrumentos Reciproc são feitos de uma liga metálica proprietária M-Wire tratada termicamente com conicidade regressiva e um design transversal em forma de S invertido. O sistema Reciproc Blue (VDW) foi lançado mais recentemente e, embora tenha um design geométrico semelhante ao seu predecessor, seu tratamento térmico diferente dá ao instrumento uma cor azulada e o torna altamente flexível e mais resistente à fadiga cíclica^{12,13}. A aceitação global do movimento reciprocante levou ao desenvolvimento de instrumentos NiTi com características semelhantes aos sistemas de marca bem conhecidos, os chamados replica-like¹⁴, como o Only One File Blue (Denco, Shenzhen, China). Esses sistemas estão sendo comercializados em todo o mundo através de comércio eletrônico ou empresas de distribuição bem conhecidas. No entanto, até o momento, a maioria deles não tem evidências científicas para apoiar sua eficácia ou segurança. Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional, à flexibilidade e à flambagem dos instrumentos Only One File Blue e do sistema Reciproc Blue.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Um total de 80 instrumentos de NiTi reciprocantes novos de 25 mm (Only One File Blue 25/.08v [Denco] e Reciproc Blue R25 25/.08v [VDW]) (n=40 por grupo) foram selecionados aleatoriamente e avaliados quanto ao seu desempenho mecânico. Antes das avaliações, os instrumentos foram cuidadosamente inspecionados quanto a defeitos importantes (descontinuidade da lâmina e/ou desenrolamento) por meio de um microscópio operatório odontológico (DF Vasconcelos, São Paulo, Brasil) com ampliação de x16. Nenhum instrumento foi excluído nesta etapa.

O teste de fadiga cíclica foi realizado em um tubo curvo de aço inoxidável (com um raio de 6 mm e ângulo de 86°), usando glicerina como lubrificante. Os instrumentos testados foram adaptados a um contra-ângulo de redução 6:1 (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha) acionado por um motor controlado por torque (VDW Silver; VDW GmbH) ajustado no modo RECIPROC ALL e ativado em uma posição estática. O teste foi realizado à temperatura ambiente (20 °C), seguindo as diretrizes da Sociedade Americana para Testes e Materiais aplicados a testes de materiais NiTi superelásticos¹⁵ e a proposta de uma revisão da norma ISO 3630-1¹⁶. O momento da fratura foi detectado por inspeção visual e auditiva. O tempo até a fratura (em segundos) foi registrado usando um cronômetro digital (**Figura 1A**). Os testes de resistência à torção e flexão foram conduzidos seguindo diretrizes internacionais (ISO 3630-3631, 2008), e os parâmetros de torque máximo (N.cm) e ângulo de rotação (°) suportados até a fratura, bem como a carga máxima de flexão (gf), foram subsequentemente registrados (**Figura 1B e 1C**). A carga máxima de flambagem (N) foi obtida no teste de flambagem usando uma máquina de ensaios universais equipada com uma célula de carga de 1 kN (Instron Corporation 4502; número de série H3307), seguindo a metodologia proposta por Lopes et al. (2012) (**Figura 1D**).

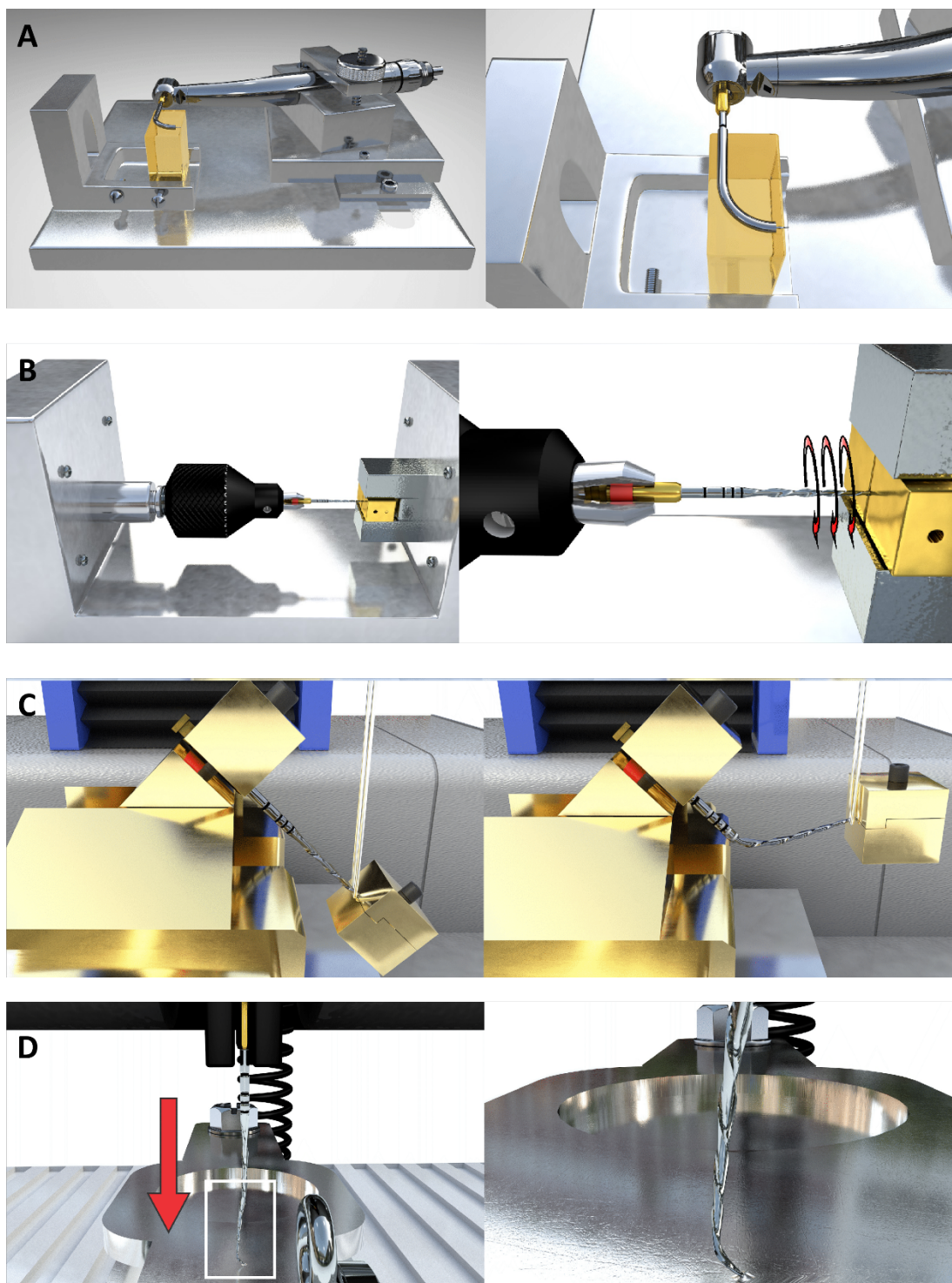


Figura 1. Ilustrações esquemática em 3D dos dispositivos utilizados para realizar os testes de (A) resistência à fadiga cíclica, (B) resistência à fadiga torcional, (C) teste de flexibilidade, e (D) teste de flambagem.

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi avaliada usando o teste de Shapiro-Wilk e os resultados foram apresentados em termos de média e desvio padrão (para dados normais), e mediana juntamente com sua amplitude interquartil (para dados não normais). Para comparar o ângulo de rotação e o torque máximo para a fratura, a resistência à flexão e à flambagem, foram empregados os testes One-way Anova e post hoc Tukey, enquanto o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Student-Newman-Keuls, foi utilizado para comparar o tempo máximo para fratura durante o ensaio de fadiga cíclica (SPSS v22.0 para Windows; SPSS Inc.), com um nível de significância estabelecido em 5%.

4 RESULTADOS

Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes na resistência à fadiga cíclica entre os instrumentos Reciproc Blue e Only One File Blue ($P>0.05$). No entanto, o instrumento Reciproc Blue apresentou o maior torque até a fratura (2.0 N.cm), estatisticamente superior aos resultados obtidos pelo instrumento Only One File Blue (1.4 N.cm) ($P<0.05$). O instrumento Reciproc Blue também demonstrou maior ângulo de rotação (746°), estatisticamente superior aos apresentados pelo instrumento Only One File Blue (541°) ($P<0.05$). O teste de flexão apontou o instrumento Only One File Blue (213 gf) como mais flexível que o instrumento Reciproc Blue (261 gf) ($P<0.05$). Na resistência à flambagem, o instrumento Reciproc Blue (303 gf) exibiu valores estatisticamente superiores ao do instrumento Only One File Blue (250 gf) ($P<0.05$) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Resultados médios (desvio padrão) ou mediana [intervalo interquartil] de fadiga cíclica, resistência à torção, flexão e flambagem, e capacidade de corte dos instrumentos testados.

	Tempo para fratura(s)	Torque máximo (N.cm)	Ângulo de rotação ($^\circ$)	Resistência à flexão (gf)	Resistência à flambagem (gf)
Only One File Blue	158 [139] ^A	1.46 $\pm$ 0.17 ^A	541 $\pm$ 149 ^A	213 $\pm$ 35 ^A	250 $\pm$ 38 ^A
Reciproc Blue	252 [50] ^A	2.03 $\pm$ 0.10 ^B	746 $\pm$ 105 ^B	261 $\pm$ 16 ^B	303 $\pm$ 17 ^B

Letras sobrescritas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas na mesma coluna ($p < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

A análise dos instrumentos NiTi tem ganhado destaque significativo por meio de métodos de teste mecânico, proporcionando *insights* valiosos sobre suas vantagens e limitações, orientando os clínicos na seleção de instrumentos apropriados para sua prática clínica^{14,17,18}. A fadiga cíclica de flexão é induzida quando um instrumento gira dentro de um canal curvo, submetido a estresses compressivos e tenséis repetitivos. Em contrapartida, a falha por torção ocorre devido à incrustação local de lascas dentinárias em sulcos usinados ou ao aprisionamento não intencional da ponta do instrumento contra a parede do canal. Durante o teste de torção, os instrumentos são avaliados quanto ao torque máximo e ao ângulo de rotação. O torque máximo reflete a capacidade de um instrumento resistir a altos estresses de torção, especialmente relevante em canais estreitos durante o corte de dentina, enquanto o ângulo de rotação avalia a capacidade do instrumento de desenrolar e compensar o estresse de torção, demonstrando sua capacidade de manter a funcionalidade sob condições desafiadoras^{17,18}. O teste de resistência à flexão avalia a flexibilidade do instrumento, oferecendo insights cruciais sobre sua capacidade de suportar a fadiga cíclica de flexão e reduzir desvios, preservando o trajeto original do canal radicular durante o uso clínico^{17,18}. O teste de resistência à flambagem avalia a capacidade de um instrumento resistir a forças compressivas, garantindo sua capacidade de resistir à deformação e manter a integridade estrutural durante a aplicação clínica^{17,18}. Em conjunto, esses parâmetros proporcionam uma compreensão abrangente dos instrumentos, especialmente crucial para sistemas de lima única destinados a modelar todo o canal radicular, como os instrumentos reciprocantes¹⁸.

Os resultados obtidos na análise da resistência à fadiga cíclica não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os instrumentos submetidos ao teste. No entanto, é intrigante destacar que o intervalo interquartil [139] e o desvio padrão (± 102) dos instrumentos Only One File Blue foram notavelmente superiores aos observados no instrumento Reciproc Blue. Essa disparidade sugere uma notável falta de uniformidade entre os instrumentos, indicando uma considerável variabilidade nos resultados obtidos. A amplitude de variação nos resultados pode sinalizar possíveis inconsistências ou heterogeneidades em sua fabricação. Essa variabilidade, por sua vez, pode ter implicações importantes no desempenho clínico desses instrumentos, potencialmente relacionadas à fraturas inesperadas durante sua

utilização. O destaque para a falta de padronização entre os instrumentos ressalta a importância crítica da consistência na produção desses dispositivos endodônticos. Diferenças significativas nos resultados, como indicado pelos valores mais elevados de intervalo interquartil e desvio padrão, instigam uma análise mais profunda sobre os processos de fabricação e controle de qualidade dos instrumentos Only One File Blue. Investigações detalhadas sobre o acabamento superficial, tratamentos térmicos e outros processos de fabricação podem fornecer *insights* valiosos para entender melhor e aprimorar a confiabilidade desses instrumentos no cenário clínico.

O torque máximo para fratura no teste de torção é alcançado prendendo o instrumento nos seus últimos 3 mm apicais. Assim, o resultado deste teste está predominantemente relacionado às dimensões centrais do instrumento nesse nível (D3), levando em consideração, evidentemente, as propriedades metalúrgicas e a qualidade do acabamento superficial dos instrumentos. Apesar de apresentarem dimensões semelhantes e o mesmo desenho de secção transversal, o instrumento Reciproc Blue demonstrou um desempenho superior tanto em termos de torque máximo para fratura quanto de ângulo de rotação. A performance inferior dos instrumentos Only One Files para ambos os quesitos testados pode também estar associada a um acabamento de superfície mais irregular, que, em conjunto com sua maior flexibilidade, pode contribuir para os resultados observados. Esse aparente paradoxo de desempenho pode ser explicado pela possibilidade de transformações de fase induzidas por estresse em certos instrumentos, um aspecto não abordado neste estudo, indicando a necessidade de pesquisas adicionais para explorar esse fenômeno.

O instrumento Only One File Blue exibiu médias mais baixas tanto na resistência à flexão quanto na resistência à flambagem, apontando para uma maior flexibilidade. Embora teoricamente compartilhem as mesmas dimensões e secção transversal, esses resultados sugerem variações nos tratamentos térmicos aplicados aos diferentes instrumentos testados. A flexibilidade é uma qualidade desejada em instrumentos endodônticos, porém, a notável redução na resistência à flambagem pode criar desafios no avanço desses instrumentos pelos canais radiculares. Vale ressaltar que, mesmo com sua maior flexibilidade, os instrumentos Only One File Blue não conseguiram traduzir essa característica em robustas propriedades de resistência à fadiga cíclica e torcional, apontando para a possibilidade de irregularidades no

acabamento superficial desses instrumentos. Este cenário destaca não apenas a importância da flexibilidade, mas também a necessidade de equilíbrio, garantindo que a flexibilidade não comprometa a capacidade do instrumento de resistir às demandas cíclicas e de torção inerentes aos procedimentos endodônticos. Isso ressalta a complexidade na otimização das propriedades mecânicas desses instrumentos para garantir desempenho eficaz durante o tratamento endodôntico.

6 CONCLUSÃO

Não foram encontradas diferenças estatísticas na resistência à fadiga cíclica. Contudo, os instrumentos Reciproc Blue superaram o sistema Only One File Blue no teste de resistência à fadiga torcional, exibindo maior ângulo de rotação e torque antes da fratura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*; 2005. 10: 77–102.
2. Gutmann JL, Gao Y. Alterations in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *International Endodontic Journal*; 2012. 45: 113–28.
3. Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the Dental School of Athens: a five-year retrospective clinical study. *Journal of Endodontics*; 2008. 34: 675–8.
4. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schafer E. New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. *International Endodontic Journal*; 2018. 51: 1088–103.
5. Silva E, Giraldes JFN, de Lima CO, Vieira VTL, Elias CN, Antunes HS. Influence of heat treatment on torsional resistance and surface roughness of nickel-titanium instruments. *International Endodontic Journal*; 2019. 52: 1645–51.
6. Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics*; 2007. 33: 1212–6.
7. De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *International Endodontic Journal*; 2010. 43: 1063–8.
8. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *International Endodontic Journal*; 2008. 41: 339–44.
9. Lee W, Hwang YJ, You SY, Kim HC. Effect of reciprocation usage of nickel–titanium rotary files on the cyclic fatigue resistance. *Australian Endodontic Journal*; 2013. 39: 146–50.
10. Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro Scelza M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *International Endodontic Journal*; 2017. 50: 143–52.
11. Plotino G, Grande NM, Porciani PF. Deformation and fracture incidence of Reciproc instruments: a clinical evaluation. *International Endodontic Journal*; 2015. 48: 199–205.

12. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of Reciproc files. *Journal of Endodontics*; 2017. 43: 462–6.
13. Generali L, Puddu P, Borghi A et al. Mechanical properties and metallurgical features of new and ex vivo used Reciproc Blue and Reciproc. *International Endodontic Journal*; 2020. 53: 250–64.
14. Martins JNR, Nogueira Leal Silva EJ, Marques D et al. Influence of kinematics on the cyclic fatigue resistance of replicalike and original brand rotary instruments. *Journal of Endodontics*; 2020. 46: 1136–43.
15. ASTM:F2516-07. Standard test methods for tension testing of nickel–titanium superelastic materials; 2007. pp. 1–3.
16. Peters, O.A., Arias, A. & Choi, A. Mechanical properties of a novel nickel-titanium root canal instrument: stationary and dynamic tests. *Journal of Endodontics*; 2020. 994–1001.
17. Silva EJNL, Martins JNR, Ajuz NC, Dos Santos Antunes H, Vieira VTL, Braz-Fernandes FM, Belladonna FG, Versiani MA. Design, metallurgy, mechanical properties, and shaping ability of 3 heat-treated reciprocating systems: a multimethod investigation. *Clinical Oral Investigations*; 2023. 27:2427-36.
18. Martins JNR, Silva EJNL, Marques D, Baruwa AO, Caramês J, Braz Fernandes FM, Versiani MA. Unveiling the performance of nickel-titanium endodontic instruments through multimethod research: a review. *Applied Science* 2003. 13: 7048.