

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS DE NITI TRATADOS TERMICAMENTE

MECHANICAL PROPERTIES OF HEAT-TREATED NITI ENDODONTIC INSTRUMENTS

VICTOR TALARICO LEAL **VEIRA**^{1*}, MARCELLE VIEIRA **ALBUQUERQUE**², MILLENA FRANCCESCA MONTANO **PESTANA**², LIVANEA MACHADO **RIBEIRO**³, CÁSSIA CHAVES **GOLDSCHMIDT**³, EMMANUEL JOÃO NOGUEIRA LEAL DA **SILVA**⁴, CARLOS NELSON **ELIAS**⁵, GUSTAVO **DE-DEUS**⁶

1. Professor do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade UNIGRANRIO, colaborador do Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais no IME, e aluno do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFF; 2. Aluna de graduação em Odontologia da Universidade UNIGRANRIO; 3. Aluna do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade UNIGRANRIO; 4. Professor do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFF e Professor do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade UNIGRANRIO; 5. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais no IME; 6. Professor do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFF.

* Rua Professor José de Souza Herdy, 1160, Jardim Vinte e Cinco de Agosto, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil, CEP: 25071-202. victortalarico@gmail.com

Recebido em 08/07/2024. Aceito para publicação em 16/07/2024

RESUMO

Introdução: O tratamento endodôntico mecanizado é um advento que vem evoluindo constantemente. **Objetivo:** caracterizar os instrumentos através da microscopia eletrônica de varredura e realizar os ensaios mecânicos de flexão em 45°, flambagem e microdureza de instrumentos ProTaper. **Materiais e Métodos:** Foram utilizados 10 instrumentos de níquel titânio de cada Sistema: ProTaper Universal (PTUN), ProTaper Gold (PTGO), Protaper Ultimate (PTUL) e Protaper Next (PTNE). A análise em MEV foi realizada utilizando um MEV FEG quanta FEI 250. Para os ensaios de flexão em 45° e flambagem, foi utilizada uma máquina de ensaio universal EMIC LD 200MF. A microdureza Vickers foi realizada utilizando um microdurômetro Micromet 2003 Bueler. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilks para posterior teste de ANOVA, o nível de significância adotado foi de 5%. **Resultados:** Os instrumentos estudados apresentaram a seguinte ordem em relação a flexibilidade: PTUL>PTGO>PTUN>PTNE. A resistência a flambagem dos instrumentos apresentou a seguinte ordem: PTUN>PTGO>PTNE=PTUL. A microdureza vickers apresentou a seguinte ordem PTUN=PTNE>PTGO=PTUL. **Conclusão:** Os instrumentos PTUL foram os mais flexíveis e os PTUN os mais resistentes a flambagem. A microdureza dos instrumentos de memória controlada (gold wire) apresentam uma liga mais macia. Os instrumentos apresentaram bom acabamento superficial.

PALAVRAS-CHAVE: Instrumentos endodônticos; liga de NiTi; flexibilidade, flambagem, microdureza vickers.

ABSTRACT

Introduction: Mechanized endodontic treatment is an advent that has been constantly evolving. **Objective:** to characterize the instruments through scanning electron microscopy and perform mechanical tests of 45° bending, buckling and microhardness of ProTaper instruments. **Materials and Methods:** 10 nickel titanium instruments from each System were used: ProTaper Universal (PTUN), ProTaper Gold

(PTGO), Protaper Ultimate (PTUL) and Protaper Next (PTNE). The SEM analysis was carried out using a SEM FEG quanta FEI 250. For the 45° bending and buckling tests, an EMIC LD 200MF universal testing machine was used. Vickers microhardness was performed using a Micromet 2003 Bueler microhardness meter. The results were subjected to the Shapiro-Wilks normality test for subsequent ANOVA testing, the significance level adopted was 5%. **Results:** The instruments studied presented the following order in relation to flexibility: PTUL>PTGO>PTUN>PTNE. The buckling resistance of the instruments presented the following order: PTUN>PTGO>PTNE=PTUL. The Vickers microhardness presented the following order PTUN=PTNE>PTGO=PTUL. **Conclusion:** PTUL instruments were the most flexible and PTUN were the most resistant to buckling. The microhardness of controlled memory instruments (gold wire) presents a softer alloy. The instruments had a good surface finish.

KEYWORDS: Endodontic instruments, NiTi alloy, flexibility, buckling resistance, Vickers microhardness.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades mecânicas estudadas *in vitro* são importantes para uma utilização segura dos instrumentos endodônticos de NiTi em âmbito clínico. A combinação de alguns modelos experimentais permite verificar quais sistemas apresentam melhor desempenho e grau de segurança em relação à sua utilização. Uma grande quantidade de instrumentos é lançada no mercado prometendo melhores propriedades e desempenho do que seus antecessores, porém pouca ou nenhuma evidência sobre isso é fornecida pelos fabricantes.

As propriedades mecânicas das ligas de NiTi convencionais, fase-R, M-wire e de Memória Controlada (CM) vem sendo estudadas, porém os trabalhos avaliando a sua flexibilidade e resistência a flambagem utilizam metodologias distintas não permitindo comparação entre trabalhos quando um novo

sistema é lançado no mercado. Os instrumentos endodônticos de NiTi representam uma grande evolução clínica, que vem mudando paradigmas de trabalho. A demanda por trabalhos desta linha de pesquisa é constante, pois posiciona a indústria e torna os sistemas cada vez melhores.

Os novos instrumentos podem possuir ótimas propriedades de flexão e flambagem, resistência à torção, alta vida em fadiga, porém isso estará relacionado ao baixo risco de transporte tanto para os reciprocantes¹ quanto para os de rotação contínua². A utilização inadequada devido ao desconhecimento das propriedades mecânicas pode levar a fratura no interior do canal radicular, sendo a remoção do fragmento potencialmente difícil^{3,4}, podendo o instrumento fraturado, ou a tentativa de remoção, interferirem negativamente no sucesso do tratamento e, consequentemente, ser responsável pelo surgimento ou perpetuação de patologias.

Este trabalho objetivou realizar: (1) MEV da fratura e acabamento superficial dos instrumentos; (2) ensaio de flexão em 45°; (3) ensaio de flambagem; (4) ensaio de microdureza vickers.

Instrumentos endodônticos submetidos ao tratamento térmico são mais flexíveis por possuírem maior fração de fase martensita, o que torna a liga do instrumento mais macia e dúctil, esta configuração melhora as propriedades mecânicas do instrumento, aumenta sua resistência ao desgaste pelo preparo químico-mecânico, além de influenciar na sua capacidade de corte, melhorando sua eficiência⁵.

Sistema protaper universal (PTUN)

Em 2001 o sistema ProTaper foi lançado pela Dentsply⁶, superando o conceito de conicidade fixa⁷ empregando o movimento de rotação contínua. Em 2003 foi lançado o sistema ProTaper manual para viabilizar a utilização por profissionais que não possuíam motor endodôntico. Em 2006 o sistema ProTaper Universal entrou no mercado na versão manual e rotatória, apresentando as versões ProTaper Tratamento e ProTaper Retratamento⁶.

Os instrumentos ProTaper Universal têm seção reta transversal triangular convexa⁶ com ponta guia não cortante e ângulo helicoidal variável⁸. Estas características de design dos instrumentos PTUN de NiTi proporcionam maior resistência, flexibilidade e durabilidade, além de aumentar sua eficiência de corte, o que melhora a capacidade de limpeza e facilita a penetração do instrumento até a região apical do SCR, mesmo em canais curvos e atrésicos. Portanto, assumiram a posição de instrumentos mais popularmente usados em tratamentos endodônticos, pois tornaram o tratamento mais rápido, e mais seguro devido ao menos risco de fratura. Além disso, uma vez que o preparo do SCR ficou mais eficiente em menos tempo, observou-se a diminuição da ocorrência de dor pós-operatória⁸. Segundo o fabricante, a velocidade recomendada é de 250-350 rpm e a fase dominante da sua liga é a austenita, tendo a superelasticidade como

propriedade e característica⁹.

O sistema PTUN é composto por dois grupos de instrumentos: Instrumentos de modelagem (Shaping files): SX, S1 e S2 tem o objetivo de modelar e dar forma ao canal; trabalha a região mais coronal do SCR. E Instrumentos de acabamento (Finishing files): F1, F2, F3, F4 e F5; preparam o terço mais apical do canal e possuem características de conicidade variável decrescente na porção ativa¹⁰.

Protaper Gold (PTGO)

Os instrumentos ProTaper Gold, foram lançados no mercado em 2014, são fabricados com liga de NiTi pelo método de usinagem e com o emprego de tratamento térmico¹¹. Apresentam design semelhante ao da PTUN, cônico com seção transversal triangular convexa, características que proporcionam a diminuição do atrito rotacional entre a lâmina do instrumento e as paredes do canal radicular e o aumento da ação de corte¹⁰. A cinemática indicada é de rotação contínua a uma velocidade de 250-350 rpm. Os instrumentos PTGO e PTUN possuem a mesma geometria, porém o tratamento térmico aplicado ao PTGO aumenta sua flexibilidade, resistência a fadiga cíclica e ductilidade, consequentemente a facilidade de acompanhar a trajetória de canais radiculares curvos¹².

O Sistema PTGO é composto por 8 instrumentos, sendo 3 *shapers*, para moldelar os terços coronário e médio do canal radicular - SX, S1 S2, e 5 *finishers*, para o acabamento apical - F1, F2, F3, F4 e F5⁶. Embora esses instrumentos sejam mais resistentes à fadiga cíclica, fraturas ainda podem ocorrer¹³.

O tratamento térmico aplicado aos instrumentos PTGO aumenta a fração de fase martensítica da liga de NiTi, responsável pelo aumento do módulo de elasticidade da liga que possibilita uma maior capacidade de deformação e menor tensão em comparação com a fase austenítica, que lhe confere a melhor performance em relação a flexibilidade e resistência a fadiga cíclica¹².

Protaper Next (PTNE)

Este sistema adota o tratamento térmico M-Wire. Apresenta movimento rotatório assimétrico cujo objetivo é diminuir o efeito de parafuso, reduzindo o travamento do instrumento à parede do canal radicular, aumentando a resistência à fratura. É um sistema de conformação rotativa, seção transversal retangular simétrica bilateral com um deslocamento do eixo central de rotação, melhorando também a flexibilidade ao longo da parte ativa do instrumento^{11,14}. Os instrumentos ProTaper Next apresentam conicidades variáveis, e de seção transversal retangular descentrada para maior resistência do instrumento¹⁵. As ligas M-Wire desenvolvidas a partir de 2009, caracterizam-se por uma fase martensítica mais estável a temperatura ambiente, permitiram que os novos instrumentos endodônticos fabricados apresentassem melhores propriedades mecânicas, incluindo o aumento das resistências à fadiga cíclica e à fadiga torcional¹⁴. Ao se comparar a

liga com fio M-Wire com instrumentos similares fabricados a partir de ligas convencionais de níquel-titânio, observou-se uma redução da fadiga cíclica em 400%¹⁶. Essa evolução é possível graças à composição de fase modificada contendo quantidades variáveis de R-phase e martensita¹².

Protaper Ultimate (PTUL)

Pro Taper Ultimate é um sistema que evoluiu dos sistemas PTUN e PTGO, preservando a mesma filosofia e técnica, mas aproveitando as vantagens das diferentes disposições cristalográficas obtidas através do tratamento térmico, de forma a alcançar um equilíbrio das propriedades elásticas e de resistência, isto é, a adição dos benefícios de flexibilidade estendida e maior resistência à fadiga cíclica. Através da usinagem offset alternados, os instrumentos apresentam uma geometria em que o centro de massa do instrumento não está alinhado com o centro de rotação, o que reduz o nível de tensão durante o corte e aumenta o espaço disponível para remoção de detritos (Dentsply Sirona, 2022). Devido a sua flexibilidade: maior em 30% para Pro Taper Ultimate F2 quando comparada com Pro Taper Gold F2, este sistema possui uma Sequência de instrumentos progressiva e rápida (um Slider, um Shaper e três Finishers).

Os instrumentos PTUL tornaram possível a modelagem de uma maior variedade de casos de dentes com anatomia do conduto radicular complexa na rotina clínica, bem como permitiram que o clínico realize preparos de canais minimamente invasivos com este sistema sua ponta não cortante permite a preservação da forma anatômica original do canal radicular¹³.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Instrumentos utilizados

Os instrumentos estudados foram: Protaper Universal F2 (25/0,08v) liga NiTi convencional. Protaper Gold F2 (25/0,08v) liga gold-wire. Protaper Next X2 (25/0,06v) liga M-wire. Protaper Ultimate liga gold wire (25/0,08v).

Microscopia eletrônica de varredura

Foi utilizado um MEV Quanta FEI 250. Onde foi avaliado o acabamento dos instrumentos para detectar defeitos críticos. A aresta lateral de corte dos instrumentos também foi observada. A microscopia foi realizada com uma voltagem de 5 kV, e spot size de 5,5. O aumento utilizado foi de 100 X.

Ensaio de flexão em 45°

Foi utilizada uma máquina EMIC DL200 MF, com uma célula de carga de 20 N. Os ensaios foram realizados de acordo com a norma nº 28 da American Dental Association (ADA)¹⁷. A velocidade do ensaio foi de 15mm/min. Os resultados foram analisados pelo programa Tesc onde foi registrada a força (gf) em três ângulos (21°, 37° e 45°) e a deformação na força máxima (mm). O ângulo utilizado foi o de 45° como estabelecido pela norma.

Ensaio de flambagem

Para realização deste teste uma carga compressiva axial foi aplicada utilizando uma máquina EMIC DL 200 MF até a flambagem dos mesmos (deformação elástica lateral). A carga máxima para que isso ocorra foi registrada pelo programa Tesc. O ensaio utilizou uma célula de carga de 20N e a velocidade do ensaio foi de 15mm/min.

Ensaio de microdureza Vickers

A microdureza das ligas dos instrumentos foi realizada para verificar o impacto do tratamento térmico nas ligas de NiTi. Foi utilizado o microdurômetro Micromet 2003 Bueler, as indentações foram feitas com 100gf durante 15s e observadas com um aumento de 40x. Os instrumentos foram embutidos em resina acrílica e lixados até seu núcleo. O preparo metalográfico utilizou lixas Norton de granulação 200, 400, 600 e 1200 e alumina de 1µm de granulação para polimento.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro wilks utilizando o programa Minitab Student, aonde foi constatada distribuição normal dos dados. Assim o foi realizado o teste ANOVA complementado com o teste de comparações múltiplas de Student-Newman-Keuls. Todos os testes foram realizados com nível de significância ajustado em 5%.

3. RESULTADOS

As micrografias da microscopia eletrônica de varredura para avaliação do acabamento superficial e a aresta lateral de corte instrumentos estão apresentadas na figura 1. De uma maneira geral, os instrumentos apresentaram acabamento superficial bom e boa definição da aresta de corte, o que provavelmente estaria relacionado a uma boa capacidade de corte e vida em fadiga¹⁸. Qualitativamente o acabamento dos instrumentos estudados foi equivalente, todos apresentaram aresta lateral de corte bem definidas, sem rebarbas e/ou defeitos.

Foi possível observar a semelhança na geometria dos sistemas PTGO e PTUN (secção triangular modificada). Os instrumentos PTNE e PTUL apresentaram semelhanças em sua seção quadrangular. Nos instrumentos PTGO e PTUN foi possível observar o ponto aonde a secção reta transversal muda (deixa de ser triangular convexa e passa a ser triangular modificada), esta mudança reduz a massa metálica dos instrumentos proporcionando uma maior flexibilidade. Em todos os sistemas Protaper foi possível observar marcas de usinagem, deletérias para o ensaio de fadiga funcionam como concentradores de tensão e pioram a vida dos mesmos¹⁸.

O ensaio de flexão em 45° foi realizado para avaliar a flexibilidade dos instrumentos, esta propriedade está ligada a capacidade do instrumento trafegar em canais curvos sem desviar¹⁹ e, também, é diretamente

proporcional a vida em fadiga¹⁸. O ensaio de flambagem possui correlação direta com a resistência axial dos instrumentos, em condições de retratamento endodôntico e negociação de canais calcificados esta propriedade pode ser solicitada.

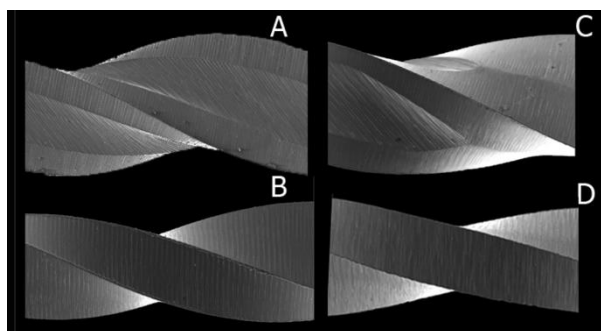


Figura 1. Instrumentos de rotação contínua com aumento de 150x. Protaper Universal (A), Protaper Gold (B), Protaper NEXT (C) Protaper Ultimate (D). Pode-se observar a geometria dos instrumentos e o acabamento superficial dos mesmos. **Fonte:** os Autores.

O ensaio de microdureza Vickers possui uma correlação direta com a liga de NiTi na qual o instrumento foi fabricado, excluindo a variável como geometria.

Tabela 1. Média + Desvio padrão dos ensaios mecânicos realizados nos instrumentos Protaper. PTUN = Protaper Universal, PTGO = Protaper Gold, PTNE = ProTaper Next, e PTUL = Protaper Ultimate. Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). **Fonte:** os Autores.

Instrumento	Flexão (gf)	Flambagem (gf)	Microdureza (HV)
PTUN	436,3 ± 17,80 ^A	752,5 ± 45,62 ^A	348,61 ± 23,92 ^A
PTGO	300,1 ± 22,60 ^B	354,4 ± 37,08 ^B	320,98 ± 20,72 ^B
PTNE	486,7 ± 5,90 ^C	280,4 ± 12,66 ^C	355,28 ± 25,70 ^A
PTUL	249,7 ± 21,17 ^D	254,1 ± 20,22 ^C	317,32 ± 24,51 ^B

Os instrumentos PTUL foram os mais flexíveis ($p < 0,05$) sendo os mais indicados para canais com grande curvatura, possivelmente, se utilizados clinicamente este instrumento iria gerar o menor desvio entre os estudados. Possivelmente o tratamento térmico gold (que aprisiona mais martensita) reduziu o módulo de elasticidade da liga proporcionando maior flexibilidade ao PTUL. O instrumento que apresentou maior rigidez estrutural foi o PTNE, possivelmente devido sua seção reta transversal quadrada, que proporciona um maior núcleo metálico.

Os PTUN foram os que apresentaram melhor performance em relação a resistência a flambagem ($p < 0,05$). Eles seriam os mais indicados para canais atresicos e retratamentos. Estas condições necessitam que o instrumento resista a tensões axiais sem que se curvem. Os PTUN apresentaram boa resistência possivelmente devido sua liga sem tratamento térmico com um maior módulo de elasticidade. Os instrumentos que apresentaram menor resistência (PTGO e PTUL) são os que possuem tratamento térmico gold wire, mais flexíveis.

A liga dos instrumentos PTUN e PTNE (Convencional e M-wire respectivamente) apresentaram maior microdureza em relação aos PTUL e PTGO (Liga

Gold). As ligas convencionais são predominantemente austeníticas, enquanto a M-wire (martensite wire) possui uma pequena fração de martensita, esta pequena fração não foi suficiente para gerar diferença estatística entre os PTUN e PTNE ($p > 0,05$). A liga gold wire (PTUL e PTGO) apresentou menor microdureza Vickers, como esperado, devido ao maior aprisionamento de fase martensita, tornando esta liga menos dura que as demais ($p < 0,05$).

5. CONCLUSÃO

Os instrumentos PTUL foram os mais flexíveis, sendo mais indicados nos casos de canais curvos. Os PTUN foram os mais resistentes a flambagem sendo os mais indicados para retratamentos e canais atresicos. A microdureza dos instrumentos fabricados com tratamento termo-mecânico gold wire apresentaram menor dureza do que os fabricados com liga convencional e M-wire. Os instrumentos estudados apresentaram bom acabamento superficial.

6. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FPAREJ, CNPq e FUNADESP pelo financiamento concedido à este trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Razcha C; Zacharopoulos A; Anestis D; et al. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Canal Transportation and Centering Ability of 4 Heat-Treated Nickel-Titanium Systems. *J Endod.* 2020; 46:675-681.
- [2] Yilmaz F, Eren I, Eren H, et al. Evaluation of the Amount of Root Canal Dentin Removed and Apical Transportation Occurrence after Instrumentation with ProTaper Next, OneShape, and EdgeFile Rotary Systems. *J Endod.* 2020; 46:662-667.
- [3] Parashos P; Messer HH. Rotary NiTi Instrument Fracture and its Consequences. *J Endod.* 2006; 32:1031-1043.
- [4] Ward JR, Parashos P, Messer HH, Evaluation of an ultrasonic technique to remove fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: an experimental study. *J Endod.* 2003; 29:756-63.
- [5] Scardini IL (2019). Evaluation of the surface of endodontic instruments after multiple uses using environmental scanning microscopy and optical profilometry Dissertação Mestrado em ciências com ênfase em endodontia. Faculdade de Odontologia de São Paulo .135p.
- [6] Dalcastagner A. Several Generations of Protaper® System- Narrative Review. Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária. 2022 Porto.37p.
- [7] Arias A, Peters OA. Present status and future directions: Canal shaping. *International Endodontic Journal.* 2022; 55:637-655.
- [8] Jethi N, Beniwal J, Yadav R, Kaur S, Nain VJ, Gupta C. The Effect of Speed and Rotation for Protaper File Systems on Postobturation Pain in a Single Visit and Multiple (Two) Visits in Root Canal Therapy: An In Vivo Study. *Journal Int Soc Prev Community Dent.* 2021; 11(6):695-702.

- [9] Cinelli RF. Effect of Heat Treatment on Resistance to Cyclical Fatigue of Automated Instruments: literature Review. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Odontologia. 2021 Universidade Federal de Santa Catarina.31p.
- [10] Miguéns VR, Martín BB, De-Deus, G, Belladonna FG, Peña LA, Castelo BP. Micro-computed Tomographic Evaluation of Dentinal Microcracks after Preparation of Curved Root Canals with ProTaper Gold, WaveOne Gold, and ProTaper Next Instruments. *Journal of Endodontics*. 2021; 47(2):309–314.
- [11] Ferraz KG, Ferraz MN, Meira GF, Barbosa KAG, João MMBP, Silva ALC. The Evolution of Endodontic Files – literature review *Research, Society and Development*. 2022; 11(17):1-11.
- [12] Zupanc J, Vahdat-PajouhN, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod Journal* 2018; 51(10):1088-1103.
- [13] Silva E, Oliveira LC, Vieira V, Antunes H, Lima MEJ, Versiani M. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Four Martensite-Based Nickel Titanium Reciprocating Instruments. *Eur Endod Journal*. 2020; 5(3):231-235.
- [14] Dioguardi M, Sovereto D, Aiuto R, Laino L, Illuzzi G., Laneve E, Lo ML. Effects of Hot Sterilization on Torsional Properties of Endodontic Instruments: Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal Materials*. 2019; 12(13):2190-2215.
- [15] Ali M, Ahmed MA, Syed AU, Jamil A, Khan SP, Al-Mokhatieb AA, Abdulwahed A, Al-Aali KA, Vohra F, Abduljabbar T. Quantitative Evaluation of Apically Extruded Debris of Root Canal Dentin Layer with WaveOne, ProTaper Next, ProTaper Gold Rotary File Systems. *Coatings*. 2022; 12:451-461.
- [16] Van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, Wet FA. 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. *Journal of Endodontics*. 2019; 45(1):62–67.
- [17] ANSI/ADA. Root Canal Instruments: General Requirements. Council on Scientific Affairs 2001: 18 p.
- [18] Lopes HP, Elias CN, Vieira MVB, Vieira VTL, Souza LC, Santos AL. Influence of Surface Roughness on the Fatigue Life of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments. *J Endod*. 2016; 42(6):965-8.
- [19] Martins JNR, Silva EJNL, Marques D, et al. Influence of Kinematics on the Cyclic Fatigue Resistance of Replicalike and Original Brand Rotary Instruments. *J Endod*. 2020; 46:1136-1143.