

# **Centro Universitário do Sagrado Coração**

**Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos  
reciprocantes Univy One 25.08 e Reciproc Blue 25.08**

**Bauru**

**2022**

# **Centro Universitário do Sagrado Coração**

## **Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos reciprocantes Univy One 25.08 e Reciproc Blue 25.08**

Monografia de Iniciação Científica do Curso de Odontologia do Centro de Ciências da Saúde apresentado à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação no Centro Universitário Sagrado Coração.

**Bauru**

**2022**

M538c

Mendes, Julia Mancini

Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos reciprocantes Univy One 25.08 e Reciproc Blue 25.08/ Julia Mancini Mendes. -- 2022.

18f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ferreira da Silva

Monografia (Iniciação Científica em Odontologia) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Endodontia. 2. Níquel Titânio. 3. Fadiga Cíclica. 4. Fadiga Torsional. I. Silva, Guilherme Ferreira da. II. Título.

## Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional de um novo instrumento recíprocante Univy One 25.08 (UO 25.08 – Universo Odonto, São Paulo, Brasil) e compará-lo com o instrumento Reciproc Blue 25.08 (RB 25.08 – VDW, Munique, Alemanha). Para a realização dos ensaios mecânicos deste estudo foi necessário um total de 40 instrumentos (n=20). O teste de fadiga cíclica foi realizado em um canal artificial com curvatura de 60° de curvatura e 5 mm de raio com a finalidade de avaliar o tempo e número de ciclos para a fratura (n=10). Os instrumentos foram ativados de acordo com recomendações dos fabricantes. O ensaio de torção foi realizado de acordo com a especificação ISO 3630-1. Este teste teve como o objetivo de avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular (°) necessária para a fratura dos 3mm iniciais das pontas dos instrumentos (n=10). Ao final dos ensaios, os instrumentos foram avaliados por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para verificar as características topográficas das superfícies dos instrumentos fraturados. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student, com nível de significância de 5%. O instrumento RB 25.08 demandou maior tempo e número de ciclos para a fratura em comparação com o instrumento UO 25.08 (P<0.05). O teste de torção demonstrou que o instrumento RB 25.08 apresentou menor torque para a fratura do que o Instrumento UO 25.08 (P<0.05). Em relação a deflexão angular, o instrumento RB 25.08 apresentou maiores valores do que o UO 25.08 (P<0.05). As microscopias eletrônicas de varredura demonstraram que ambos os sistemas recíprocantes apresentaram características típicas de fadiga cíclica e torcional. O instrumento RB 25.08 apresentou maior resistência à fadiga cíclica e maior deflexão angular para a fratura do que o instrumento UO 25.08. Entretanto, o instrumento UO 25.08 apresentou maior torque para a fratura do que o RB 25.08.

**Palavras-chave:** Endodontia, Níquel-Titânio, Fadiga cíclica, Fadiga torcional.

## Abstract

The aim of this study was evaluate the cyclic and torsional fatigue resistance of new reciprocating instrument Univy One 25.08 (UO 25.08 – Universo Odonto, São Paulo, Brazil) and compare with Reciproc Blue 25.08 (VDW, Muchen, Germany). A total of 40 instruments were used to perform the mechanical tests (n=20). The cyclic fatigue test was performed in artificial canal with 60° angle and 5 mm radius of curvature to evaluate the time and number of cycles to instruments fracture (=10). The instruments were activated according to the manufacturer's instructions. The torsional test aims to evaluate the torsional strength (N.cm) and angular deflection (°) to instruments fracture at 3 mm from the tip (n=10). After the mechanical testes, the instruments were assessed by Scanning Electron Microscopy (SEM) to analyze the topographic features of the fractured surface of the instruments. The data was statistically analyzed using Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student test, using a significance level of 5%. RB 25.08 presented greater time and number of cycles to fracture than UO 25.08 (P<0.05). The torsional test showed that RB 25.08 presented higher angular deflection and lower torque to fatigue than UO 25.08. The scanning electron microscopy showed that all instruments had typical features of cyclic and torsional fatigue fracture. The RB 25.08 instruments presented higher cyclic fatigue resistance and angular deflection than UO 25.08 instrument. However, UO 25.08 presented higher torque to fatigue.

**Keywords:** Endodontics, Nickel-Titanium, Cyclic fatigue, Torsional Fatigue.

## Sumário

1. Introdução, revisão de literatura e justificativa.....	7
2. Proposição .....	10
3. Material e Métodos .....	12
4. Resultados.....	17
5. Discussão.....	19
6. Referência Bibliográfica.....	18

## 1. Introdução

A introdução dos instrumentos mecanizados de Níquel-Titânio (NiTi) possibilitou o preparo de canais curvos com segurança e eficiência devido a alta flexibilidade desta liga metálica em comparação com o aço-inoxidável, reduzindo erros durante a etapa da instrumentação (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016). No entanto, a possibilidade de fratura dos instrumentos devido a estresse cíclico e/ou torcional é uma preocupação constante do endodontista (Sattapan et al., 2000; Pedulla et al., 2016).

A fadiga cíclica ocorre quando os instrumentos encontram-se em rotação no interior do canal radicular curvo e são submetidos a forças de tensão e contração no seu ponto máximo de flexão, podendo levar a ruptura da liga metálica (Sattapan 2000; Pedulla et al. 2016). A fadiga torcional ocorre quando a ponta do instrumento fica aprisionada nas paredes dentinárias e este continua seu movimento de rotação, podendo causar uma deformação plástica ou ruptura (Sattapan2000; Pedulla et al. 2016).

As propriedades mecânicas dos instrumentos mecanizados de NiTi estão intimamente relacionadas com design dos instrumentos (secção transversal, diâmetro do núcleo, diâmetro da ponta e etc), tipo de cinemática (rotatória ou recíprocante), método de fabricação (usinagem, torção, eletroerosão) e tipos de ligas de NiTi (com ou sem tratamentos térmicos) (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Pedulla et al., 2016; Karatas et al., 2016; Ozyurek et al., 2016, Zupanc et al., 2018).

O tratamento térmico da liga de NiTi proporciona um melhor arranjo da estrutura cristalina da liga metálica, o que favorece o aparecimento da fase R ou martensítica (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Zupanc et al., 2018), fases mais flexíveis do que a fase Austenita. Portanto, o objetivo dos diferentes tratamentos térmicos presentes no mercado é melhorar a flexibilidade dos instrumentos, proporcionando maior resistência à fadiga cíclica, maior capacidade de deformação e preparos dos canais mais centralizados (Shen et al., 2013; Zupanc et al., 2018).

A cinemática recíprocante, também conhecida como rotação alternada, é mais segura que a rotação contínua para o preparo de canais curvos e atresícos, pois gera menor estresse cíclico e torcional (De-Deus et al., 2010; Kim et al., 2011; Pedulla et al., 2016; Ozyuek et al., 2016). Atualmente, há diversos sistemas recíprocantes confeccionados com NiTi tratado termicamente. O Reciproc Blue (RB, VDW, Munique, Alemanha) é um dos sistemas recíprocantes mais conhecidos e utilizados mundialmente. Estudos prévios demonstraram que o instrumento 25.08 deste sistema apresenta alta resistência à fadiga

cíclica e torcional em comparação com outros sistemas presentes no mercado nacional e mundial (Keskin et al., 2017; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018; Silva et al., 2018).

Embora este sistema seja considerado um padrão ouro dentre os sistemas reciprocantes, o alto custo dificulta a aquisição deste sistemas pela maioria dos Endodontista brasileiros, ou seja, não é uma realidade para todos os clínicos. Por isso, diversas empresas nacionais tem buscado desenvolver instrumentos ou importar instrumento e comercializá-los em um custo reduzido, acessível a realidade nacional e mantendo a qualidade do produto.

Recentemente, uma empresa nacional, Universo Odonto (São Paulo, Brasil), iniciou a importação e comercialização de um novo sistema reciprocante denominado Univy One (IMD China Company LTDA). Este sistema é composto por 5 instrumentos: 20.06, 25.08, 35.06, 40.06 e 50.05, apresentam secção transversal em S e são confeccionados com uma liga de NiTi com tratamento térmico denominado X-Wire. De acordo com o fabricante, este tratamento térmico confere aos instrumentos uma coloração dourada devido a deposição de uma cama de óxidos produzida durante o processo fabril e , adicionalmente, confere uma alta flexibilidade e resistência à fadiga cíclica e flexural. Não há nenhum estudo avaliando suas propriedades mecânicas até o presente momento.

Estudos prévios demonstraram que os instrumentos mecanizados de NiTi possuem propriedades mecânicas modificadas quando expostos a temperatura corporal, pois ocorre uma transformação de fase cristalina dos átomos (de Vasconcelos et al., 2016; Jamleh et al., 2016; Dosanjh et al., 2017, Kymus et al., 2018). Portanto, os testes de fadiga cíclica devem ser sempre realizados com metodologias que simulem a temperatura corporal para possibilitar uma análise mais precisa e realista do comportamento mecânico do instrumento no interior dos canais radiculares (de Vasconcelos et al., 2016; Jamleh et al., 2016; Dosanjh et al., 2017, Kymus et al., 2018).

Para que haja segurança na utilização destes instrumentos na prática clínica e poder compará-los com o padrão de qualidade com outros instrumento disponíveis no mercado nacional, como o Reciproc Blue, é necessário a realização de ensaios mecânicos, os quais poderão fornecer informações para o preparo seguro de canais radiculares curvos e/ou atresicos. Não há dados na literatura referente a resistência a fadiga cíclica e torcional destes instrumentos, tornando-se oportuno a realização destes estudo e de grande importância.



## **2. Proposição**

O objetivo do presente estudo foi avaliar:

- 1- A resistência a fadiga cíclica (tempo e número de ciclos para a fratura) dos instrumentos reciprocantes Univy One 25.08 e Reciproc Blue 25.08
- 2- A resistência torcional (torque e o ângulo de rotação para a fratura) dos instrumentos reciprocantes Univy One 25.08 e Reciproc Blue 25.08
- 3- As características topográficas da superfície fraturada dos instrumentos submetidos ao teste de torção e resistência a fadiga cíclica.

### **3. Material e métodos**

Para realização ensaios mecânicos foi realizado um cálculo amostrar empregando o programa G\*Power v3.1 for Mac (Heinrich Heine University Düsseldorf (HHU) selecionando o test de Wilcoxon- Mann-Whitney da família do Test t. O erro do tipo alfa de 0,05, a potência beta 0,95 e uma razão N2/N1 de 1 também foram estipulados. Um total de 8 espécimes por grupo foi indicado como o tamanho amostral ideal. No entanto, será utilizado um adicional de 20% para compensar possíveis valores discrepantes que podem comprometer o teste estatístico.

#### **3.1 Ensaio de torção**

Para este ensaio foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10) dos sistemas reciprocantes Univy One 25.08 ( Universo Odonto, São Paulo, Brasil) e Reciproc Blue 25.08 ( VDW, Munique, Alemanha). Os testes de torção foram realizados de acordo com a especificação ISO 3630-1 (International Organization for Standardization, 1992) e foi descrita previamente por estudo prévios (Alcalde et al. 2017; Alcalde et at. 2018). A máquina de torção encontra-se localizada no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos da Faculdade de Odontologia de Bauru(Figura 1A). Este equipamento permitiu avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular (°) necessária para a fratura dos instrumentos.

Previamente aos testes, todos os instrumentos tiveram o mandril removido para possibilitar a fixação na máquina de torção. Então, as extremidades dos instrumentos foram fixadas em mandris parafusáveis, sendo os primeiros 3 mm da ponta do instrumento fixada em mandril acoplado a uma célula de torque e a outra, em um mandril conectado a um motor de engrenagem reversível (Figura 1B).

Para iniciar o teste de torção, o motor reversível foi ativado por software especificamente projetado para esta máquina (Analgica, Belo Horizonte, Brasil), o qual promoveu uma rotação no sentido horário com velocidade de 2 rotações por minuto (RPM) para todos os grupos. Concomitantemente a rotação do motor, o software forneceu os valores de torque (N.cm) necessário para a fratura do instrumento e a angulação (°) realizada pelo motor até que haja a fratura do instrumento, a qual foi automaticamente detectada pelo equipamento, paralisando a rotação do motor. Então, os valores adquiridos pelo software serão exportados para uma planilha no Excel e será anotado o valor de torque máximo e da a angulação realizada pelo motor no momento da fratura do instrumento (Figura 2).

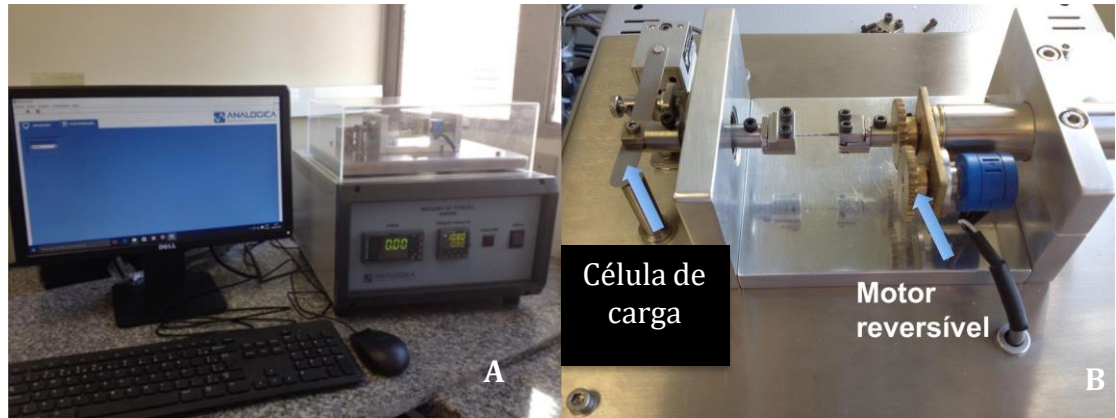


Figura 1



Figura 2

### 3.2 Ensaio de fadiga cíclica

Para realização dos ensaios de fadiga cíclica foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10): Univy One 25.08 (UO 25.08) e Reciproc Blue 25.08 (RB 25.08). Previamente, todos os instrumentos foram inspecionados para avaliar possíveis defeitos ou deformidades em estereomicroscópio (Stemi 2000C; Carls Zeiss, Jena, Alemanha) com 16X de magnificação.

O teste de fadiga cíclica foi realizado em um aparato que simular uma curvatura de um

canal artificial de aço inoxidável com 60° de curvatura e 5 mm de raio, como descrito previamente por Alcalde et al. (2018) e Klymus et al. (2018) (Fig 4). A curvatura do canal será ajustada por meio de um cilindro guia (5 mm de raio) e por um arco externo que apresenta um sulco de 1 mm de profundidade, o qual serviu como guia para os instrumentos e os mantiveram na curvatura girando livremente.

Foi acoplado neste aparato um motor elétrico VDW Silver Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e os instrumentos foram acionados com movimento recíprocos "Reciproc All". Durante o teste, foi mensurada o tempo necessário até a fratura do instrumento, isto foi aferido por meio de um cronômetro digital e conformado por uma filmagem realizada concomitantemente ao teste. Após a mensuração do tempo para fratura, foi calculado o número de ciclos por meio do seguinte cálculo: tempo para a fratura (em segundos) X velocidade (rotação por minuto)/ por 60.



Figura 3

### 3.3 Avaliação da superfície dos instrumentos em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Esta etapa teve como objetivo avaliar característica topográficas da superfície fraturada dos instrumentos submetidos ao teste de torção e fadiga cíclica. Todos os instrumentos foram levados ao microscópio eletrônico de varredura (MEV (JSM –T220A, Jeol, Tóquio, Japão)

disponível no departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos na Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo. Os instrumentos foram avaliados com um aumento inicial de 35x e no centro da superfície com um aumento de 1000x.

#### 4. Análise-estatística

Os resultados obtidos nos testes de fadiga cíclica e torcional foram analisados estatisticamente utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student, com nível de significância de 5%.

#### 5. Resultados

##### Fadiga cíclica

Os valores de média e desvio padrão dos testes de fadiga cíclica estão demonstrado na Tabela 1. O instrumento RB 25.08 apresentou o maior tempo e NCF para a fratura em comparação com o instrumento UO 25.08 ( $P < 0.05$ ).

##### Fadiga Torcional

Os valores de média e desvio padrão dos testes de fadiga torcional estão demonstrado na Tabela 1. O instrumento RB 25.08 apresentou deflexão angular e menor torque para a fratura do que UO 25.08 ( $P < 0.05$ ).

Instrumentos	Fadiga Cíclica				Fadiga torcional			
	Tempo (s)		Ciclos (NCF)		Torque (N.cm)		Deflexão angular (°)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
W File 25.07	298.3 <sup>b</sup>	95.18	1483.0 <sup>b</sup>	219.1	1.9 <sup>a</sup>	0.13	437.1 <sup>b</sup>	13.38
RB 25.08	401.3 <sup>a</sup>	137.8	2684.0 <sup>a</sup>	27.17	0.85 <sup>b</sup>	0.09	721.0 <sup>a</sup>	8.28

**Tabela 1. Média e Desvio padrão dos resultados de tempo, número de ciclos, torque e deflexão angular**

Diferentes letras nas colunas indicam diferença estatística entre os grupos ( $P < 0.05$ ).

##### Avaliação em MEV

A valiação de MEV das superfícies fraturadas dos instrumentos utilizados nos teste de fadiga cíclica e torcional realizadas demonstraram características típicas de cíclica (Figura 4) e torcional (Figura 5).

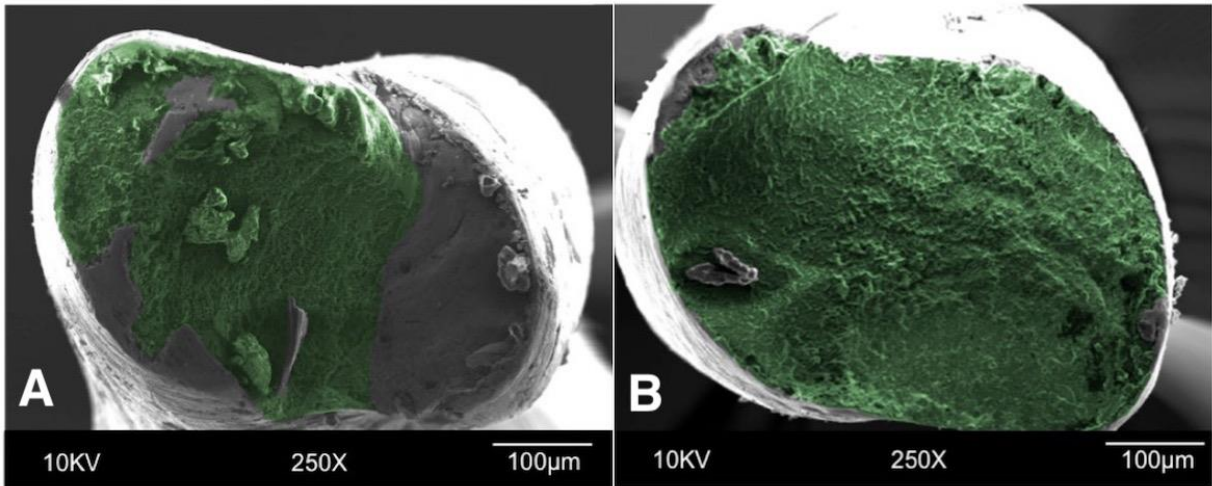


Figura 4: Imagens de MEV dos instrumentos RB 25.08 (A) e UO 25.08 (B) após o teste de fadiga cíclica. As áreas em verdes indicam as áreas de porosidade (Dimples), características típicas de fadiga cíclica.

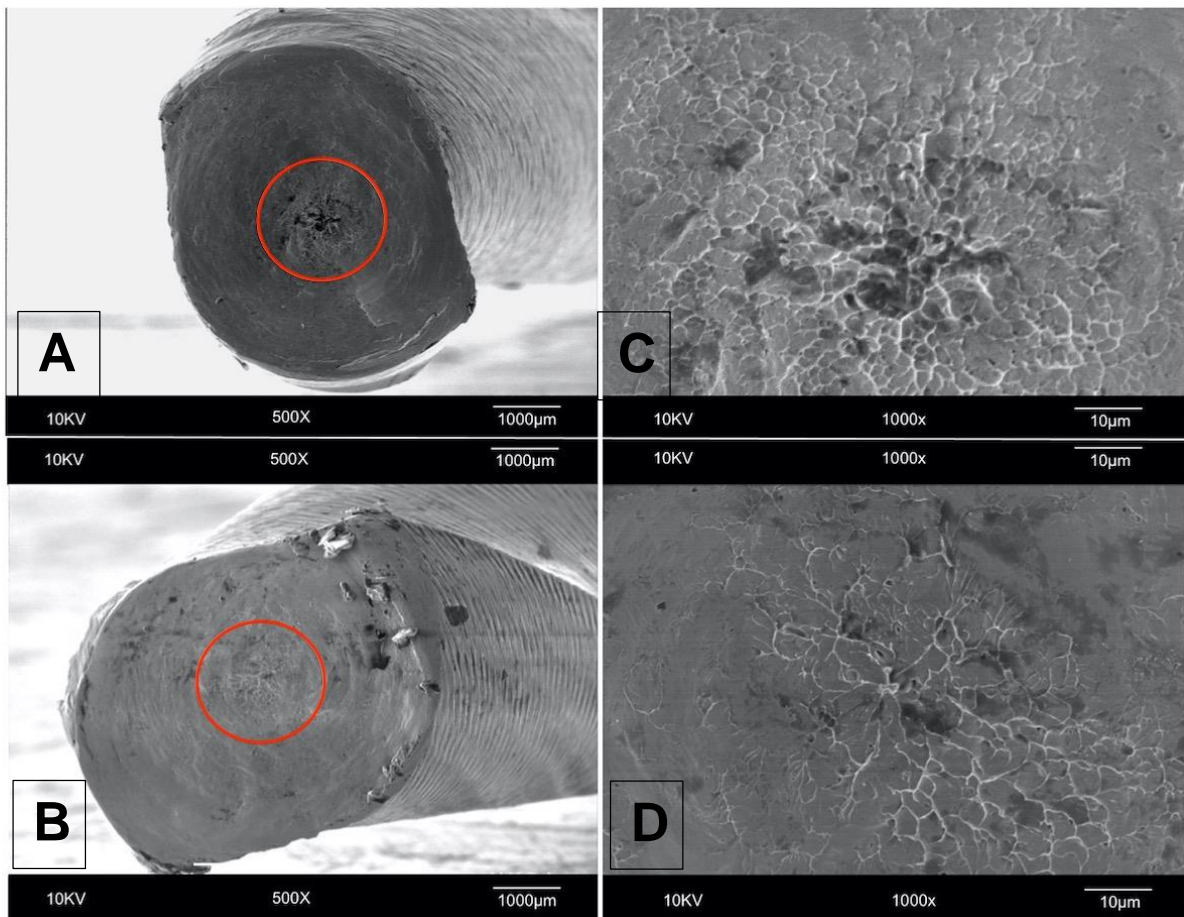


Figura 5: Imagens de MEV dos instrumentos RB 25.08 (A) e UO 25.08 (B) após o teste de fadiga torcional. As áreas com círculo vermelho indicam as áreas de abrasões concêntricas, características típicas de fadiga torcional.



## 6. Discussão

A cinemática recíproca reduz a fratura por fadiga cíclica e torcional dos instrumentos de NiTi durante o preparo de canais curvos ou atrésicos (De-Deus et al., 2010). Diversos fatores podem afetar as propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi, como, por exemplo: o tamanho da ponta, conicidade, design da seção transversal e tipo de liga de NiTi (Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018). Em função disso, os fabricantes propuseram diversas modificações para aumentar a segurança e efetividade dos instrumentos de NiTi durante o preparo do canal, e novos instrumentos foram desenvolvidos (Pedulla et al., 2016; Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018).

Recentemente, alguns autores demonstraram que a temperatura corporal pode reduzir a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos de NiTi (Jamleh et al., 2016; Klymus et al., 2018). Klymus et al. (2018) relataram que o X1 BF 25.06 apresentou resistência à fadiga cíclica semelhante ao RB 25.08 e WOG 25.07. No entanto, não há nenhum relato da resistência à fadiga torcional do UO 25.06. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e à fadiga torcional do X1 UO 25.08 e comparar com o RB 25.08.

A metodologia usada nesse estudo foi similar à do estudo de Klymus et al. (2018). Foi usado o teste de fadiga cíclica estático foi empregado com o objetivo de reduzir algumas variáveis, como a amplitude axial e a velocidade do movimento, as quais são subjetivas, pois podem ser realizadas de diferentes formas pelos clínicos (De-Deus et al., 2010; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). No entanto, o modelo escolhido para o teste de fadiga cíclica nesse trabalho foi a simulação de canais artificiais de aço inoxidável, como relatado anteriormente (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). No presente trabalho, o teste torcional foi feito de acordo com a especificação ISO 3630/1, como em estudos anteriores (Alcalde et al., 2017). A distância de 3 mm da ponta foi escolhida porque é o ponto mais suscetível à fratura durante o preparo de canais radiculares estreitos. Ademais, a rotação anti-horária foi usada para todos os instrumentos porque essa é a direção de suas espirais.

Os resultados desse estudo mostraram que o RB 25.08 apresentou valores de tempo e NCF significativamente maiores do que o UO 25.08 ( $p < 0,05$ ). Os instrumentos usados nesse estudo apresentam o mesmo tamanho de ponta (#25) e conicidade 0.08mm/mm. Além disso, apresentam seção em forma de S. Portanto, podemos considerar que a única diferença é o tratamento térmico.

Os tratamentos térmicos das ligas de NiTi possuem forte influência no comportamento da transformação martensítica/austenítica (Zupanc et al., 2019). A presença de uma maior porcentagem de fase martensítica na liga de NiTi promove mais flexibilidade e maior resistência à fadiga (Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). O RB25.08 e o UO 25.08 são confeccionados por meio de processos térmicos semelhantes aos das tecnologias Blue e Gold, respectivamente. Klymus et al. (2018) relataram que os instrumentos feitos com as tecnologias Blue e Gold apresentaram resistência à fadiga cíclica semelhante. Contudo, os resultados desse estudo mostram que o UO 25.08 apresentou menor resistência à fadiga cíclica do que o RB 25.08 ( $p < 0,05$ ). A provável justificativa seja que o UO 25.08 tenha menor dissipação da energia requerida para a formação e/ou a propagação de trincas durante o teste de fadiga cíclica (Shen et al., 2013; Pedulla et al., 2016; Alcalde et al., 2018).

Nesse estudo, o teste de torção avaliou a carga torcional máxima e a rotação angular para fratura enquanto os instrumentos giravam no sentido anti-horário. O teste de torção avaliou o comportamento torcional do instrumento

quando submetido a um alto nível de estresse torcional (Alcalde et al., 2018). O segundo resultado desse estudo mostrou que RB 25.08 apresentou menor força de torção quando comparado ao UO 25.08 ( $p < 0,05$ ). Além disso, o RB 25.08 suportou maior rotação angular até a fratura do que o UO 25.08 ( $p < 0,05$ ). Esses resultados foram, provavelmente, relacionados aos diferentes tratamentos térmicos da liga de NiTi, assim como justificado anteriormente.

A análise em MEV mostrou características típicas da fadiga cíclica e torcional para ambos os instrumentos testados: após o teste de fadiga cíclica, todos os instrumentos avaliados mostraram áreas de iniciação de trincas e zonas de sobrecarga, com inúmeras ondulações espalhadas na superfície fraturada; após o teste de torção, os fragmentos apresentaram marcas concêntricas de abrasão e ondulações no centro de rotação (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018).

Apesar da cinemática recíproca promover uma redução significativa na resistência à fadiga cíclica e torcional (De-Deus et al., 2010), os clínicos devem conhecer as propriedades mecânicas dos instrumentos recíprocos de NiTi para usá-los com segurança em canais curvos e/ou estreitos. A resistência à fadiga cíclica do RB 25.08 provavelmente garantiria um preparo mais seguro de canais radiculares curvos do que o UO 25.08. No entanto, o UO 25.08 a maior resistência torcional do que o RB 25.08 indicando que ele poderia ser mais seguro para uso no preparo de canais estreitos.

## **7. Conclusão**

Dentro das limitações desse estudo, pode-se concluir que os tratamentos térmicos tiveram uma influência significativa nas propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi. O RB 25.08 apresentou a maior resistência à fadiga cíclica e os maiores valores de rotação angular até a fratura, em comparação com o UO 25.08. No entanto, o UO 25.08 apresentou resistência torcional à fratura maior do que o RB 25.08.



## Referências Bibliográficas

Alcalde MP et al. Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, v. 22, n. 4, p. 1865-1871, maio. 2018.

Alcalde MP et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 7, p. 1186-1191, julho. 2017.

de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for Reduced Fatigue Resistance of Contemporary Rotary Instruments Exposed to Body Temperature. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 5, p. 782-787, maio. 2016.

De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 43, n. 12, p. 1063-1068, dezembro. 2010.

Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The Effect of Temperature on Cyclic Fatigue of Nickel-titanium Rotary Endodontic Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 5, p. 823-826, maio. 2017.

Jamleh A, Yahata Y, Ebihara A, Atmeh AR, Bakhsh T, Suda H. Performance of NiTi endodontic instrument under different temperatures. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 104, n. 3, p. 324-328, setembro. 2016.

Karatas E, Arslan H, Buker M, Seckin F, Capar ID. Effect of movement kinematics on the cyclic fatigue resistance of nickel-titanium instruments. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 49, n. 4, p. 361-436, abril. 2016

Kaval ME, Capar ID, Ertas H. Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 12, p. 1840-1843, dezembro. 2016.

Keskin C, Inan U, Demiral M, Keles A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 8, p. 1360-1363, agosto. 2017.

Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 38, n. 4, p. 541-54, abril. 2012.

Klymus ME, Alcalde MP, Vivian RR, So MVR, de Vasconcelos BC, Duarte MAH. Effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of thermally treated reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, novembro. 2018. doi: 10.1007/s00784-018-2718-1.

Ozyurek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 10, p. 1536-1539, outubro. 2016.

Pedulla E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, La Rosa G, et al. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 1, p. 156-159, janeiro. 2016.

Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 26, n. 3, p. 161-165, março. 2000.

Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 39, n. 2, p. 163-172, fevereiro. 2013.

Silva E, Vieira VTL, Hecksher F, Dos Santos Oliveira MRS, Dos Santos Antunes H, Moreira EJM. Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, v. 22, n. 7, p. 2633-2638, setembro. 2018.

Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schafer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 51, n. 10, p. 1088-1103, outubro. 2018.