

## UM ESTUDO *IN VITRO* PARA INVESTIGAR A INFLUÊNCIA NO TEMPO DE FADIGA EM INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS

**Izabel Coelho Gomes Camões**

[icamoes@netbotanic.com.br](mailto:icamoes@netbotanic.com.br)

Odontologia–UFF

**Gastão Coelho Gomes**

[gastão@im.ufrj.br](mailto:gastão@im.ufrj.br)

DME-IM-UFRJ

**Daniele Passos Moreira Villar**

[daninha@uol.com.br](mailto:daninha@uol.com.br)

Odontologia–UFF

### Resumo

Trata-se de um trabalho de Planejamento de Experimentos Estatísticos com aplicação à Odontologia. O objetivo deste estudo foi verificar, *in vitro*, a influência no tempo de vida útil dos instrumentos, até o momento em que ocorram fraturas em relação à fadiga cíclica no posicionamento estático dos instrumentos rotatórios de níquel titâneo (NiTi). Foi estudada a variação de três fatores: 1) o tamanho do raio de curvatura dos condutos radiculares; 2) a influência do aumento do diâmetro da lima (junto com o “taper”); 3) as marcas Profile(Dentsply) e K3(Sybron DentalSpecialties Kerr, México). Foram avaliados 24 instrumentos de NiTi rotatórios correspondentes a 3 réplicas de um planejamento do tipo 2<sup>3</sup>. Após análise dos resultados, feitas através do pacote R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)), pode-se concluir que instrumentos utilizados nos tubos de menor raio de curvatura (2mm), apresentaram fratura em tempos significativamente menor que os instrumentos utilizados nos tubos de maior raio de curvatura (5mm). Pode-se concluir também, como resultado deste estudo, que as limas Profile apresentaram fratura em tempos significativamente menores que as K3.

**Palavras-chave:** Odontologia, Comparação de tratamentos, Planejamentos de Experimentos.

### Abstract

This is a work of Statistical Design of Experiments with application to Dentistry. The objective of this study was to investigate, *in vitro*, the influence on the lifetime of the instruments, until the time when fractures occur in relation to cyclic fatigue on static positioning of rotatory nickel titanium instruments (NiTi). We studied the variation of three factors: 1) the size of the radius of curvature of the conducted canal, 2) the influence of increasing the diameter of the file; 3) The brand of instrument: Profile (Dentsply) K3 (Sybron Kerr DentalSpecialties Kerr, Mexico). We assessed 24 NiTi rotary instruments correspondent to three replicates of an experiment of type 2<sup>3</sup>. After analyzing the results, using the software R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)), we can conclude that instruments used in canals with smaller radius of curvature (2mm) showed fracture in times significantly less than the instruments used on larger canals, radius of curvature (5 mm). It can be concluded also, as results of this study, that the brand Profile instruments fracture in time significantly smaller than the K3.

**Keywords:** Dentistry, Comparison of Treatments, Experimental Design.

## 1. Introdução

A liga metálica de NiTi foi criada por William F. Buchle em 1960. Esta liga apresenta grande módulo de elasticidade, cerca de um quarto a um quinto em relação ao aço inoxidável; apresenta também grande resistência à fratura e a deformação plástica. Os instrumentos de NiTi apresentam flexibilidade 500% maior do que os de aço inoxidável. Esta propriedade permite que este instrumento acompanhe a curvatura do canal com facilidade, impedindo o deslocamento apical e mantendo a forma original do mesmo, Lopes HP et al (1996).

Os instrumentos de NiTi acionados a motor são fabricados por usinagem de uma haste cônica com seção reta redonda. Os instrumentos usinados, por apresentarem menor encruamento durante a fabricação, devem apresentar maior tenacidade que as limas torcidas; ou seja, antes da falha absorvem maior energia do que os frágeis, podendo sofrer deformação e aumento do passo de sua hélice, sem apresentar fratura ao serem retirados do interior do canal. A ponta do instrumento é cônica e não apresenta ângulo de transição. O comprimento da lâmina ativa é de 16 mm e o diâmetro, aumenta de acordo com a conicidade, que pode variar (ex: 06, 08, 10,...), de D0 até D2. A medida D0 é referente a ponta do instrumento, já a medida D2 é referente ao fim da parte ativa da lima. Estes instrumentos são preparados para suportar uma velocidade de rotação de 150 a 300 rpm, Gabel WP, Hoen M, Steiman R, Pink FE, Dietz. (1999); Lopes HP et al. (1995).

Durante o preparo químico-mecânico dos canais radiculares, com instrumentos de NiTi acionados a motor, a fratura poderá ocorrer de duas formas: se a ponta do instrumento, durante o seu avanço no interior do canal, ficar imobilizada (fratura torcional) ou se o instrumento permanecer por tempo prolongado girando em canais curvos. (fratura flexural) Lopes H.P. et al. (1996) Emprego de Limas Acionados a Motor no Preparo de canais Radiculares. Rev. Bras. Odontol, 53(5), 20-4. Dietz D.B. et al (2000). Effect of Rotational Speed on the Breakage of Nickel-Titanium Rotary Files. J. Endod, 26(2), 68-71.

Muito esforço tem sido feito para evitar que esses instrumentos se fraturem. Nesse sentido o presente trabalho focou-se no estudo do tempo médio que estes instrumentos levam para fraturar levando-se em conta o raio de curvatura e um aumento gradual no taper das limas testadas.

## 2. Materiais e métodos

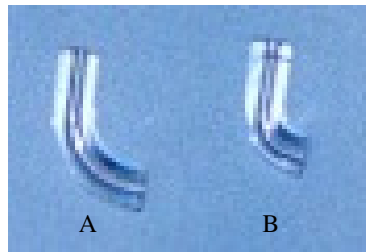
O experimento foi dividido em quatro grupos iguais (n=6): Grupo I: instrumentos Profile (Dentsply), acionados em canais simulados com raio de curvatura de 2mm (# 20, T= 06); Grupo II: instrumentos K<sup>3</sup> (Sybron) acionados em canais simulados com raio de curvatura de 2mm(#20, T= 06); Grupo III: instrumentos Profile (Dentsply), acionados em canais simulados com raio de curvatura de 5mm (#15, T= 06); Grupo IV: instrumentos K3 (Sybron) acionados em canais simulados com raio de curvatura de 5mm (#15, T= 06). Uma fotografia dos canais simulados está apresentada na figura 1. O ângulo de curvatura de todos os condutos foi de 60°. Os canais simulados foram confeccionados por meio de dois tubos de vidro, transparente e internamente liso. O raio de curvatura de um tubo apresentava medida de 2mm e o outro de 5mm. Este procedimento viabilizou observar o exato momento da fratura dos instrumentos. Os tempos foram cronometrados, registrados e padronizados em minutos e submetidos a análise estatística para comparação de tratamentos, tanto parametricamente pela ANOVA como pelo método não-paramétrico de Kruskal Wallis. O pacote estatístico usado foi o R, programa de domínio público obtido no site: [www.r-project.org](http://www.r-project.org), ver Vernables, W.N. and Smith D,M (2004).

Foram utilizados 24 instrumentos multitaper de NiTi rotatórios, das marcas k-3 (Sybron Dental Specialties, Kerr, México) e Profile (Dentsply). de calibre 20 e 15 com taper 06.

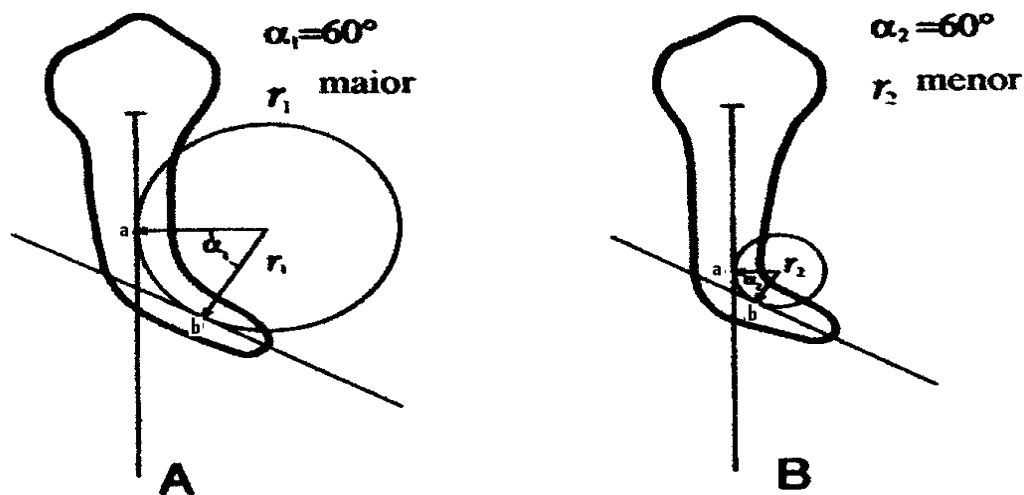
- Grupo 1:** 6 limas 20.06 (Profile)-raio de curvatura de 2mm;
- Grupo 2:** 6 limas 20.06 (K-3)-raio de curvatura de 2mm;
- Grupo 3:** 6 limas 15.06 (Profile)-raio de curvatura de 5mm;
- Grupo 4:** 6 limas 15.06 (k-3)-raio de curvatura de 5mm.

Foram confeccionados canais simulados com tubos de vidro transparentes que apresentam a parte interna lisa, evitando qualquer tipo de interferência nos instrumentos além do tamanho do raio de curvatura.

Os canais apresentaram ângulo de curvatura de 60 graus e raio de 5 mm e 2mm (figura: 1). Como pode se observar na figura 2, para se determinar o ângulo de curvatura (alfa), e raio de curvatura (beta), uma linha reta foi traçada no longo eixo da porção apical do canal. Há um ponto sobre cada uma destas linhas onde a curvatura do canal começa (ponto a) ou termina (ponto b). A porção curva do canal está representada por um círculo com as tangentes nos pontos a e b. O ângulo da curvatura é o número de graus sobre o arco do círculo entre os pontos a e b, podendo também ser definido pelos ângulos formados (alfa 1 e alfa 2), através de linhas perpendiculares traçadas a partir dos pontos de desvio (a e b), que se cruzam no centro do círculo. A extensão destas linhas é o raio do círculo e define o raio da curvatura do canal. O raio da curvatura ( $r_1$  e  $r_2$ ), é a extensão do raio do círculo medido em milímetros. O raio da curvatura representa o quão abruptamente um ângulo específico de curvatura ocorre quando o canal desvia de uma linha reta. Quanto menor o raio da curvatura, mais abrupto é o desvio do canal.



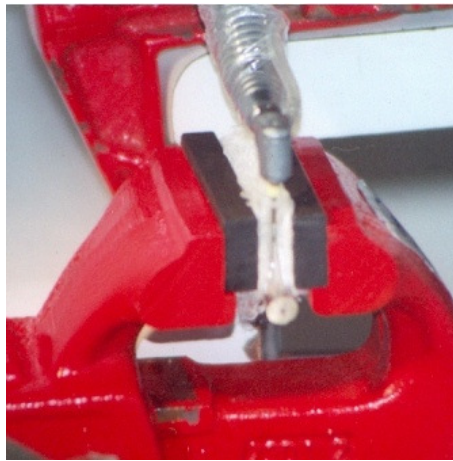
**Figura 1:** foto dos-2 tubos de vidro transparentes e lisos, com raios de curvatura diferentes. A- raio maior e B-raio menor



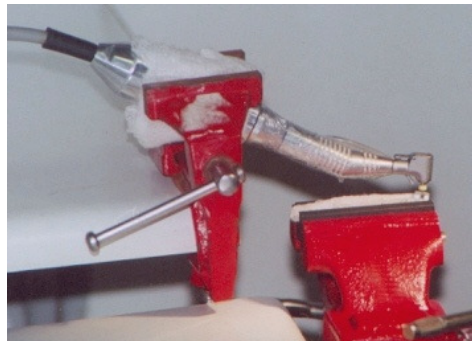
**Figura 2:** Raio de curvatura ( $r$ ) e ângulo de curvatura ( $\alpha$ ). A geometria do canal destes dentes difere apenas no raio de curvatura ( $r_1$  e  $r_2$ ), enquanto o ângulo ( $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ ) é igual a  $60^\circ$ . A representa um raio de curvatura maior, enquanto B representa uma curvatura de canal acentuada, portanto um raio de curvatura menor.

Na execução deste trabalho, as limas Multi Taper NiTi rotatórias, foram adaptadas ao contra-ângulo do aparelho de NiTi, da Easy Endo (Easy), e introduzidas nos tubos de vidro curvos de tal forma que o plano de curvatura da lima igualou-se ao do tubo (figura 2). Para que não houvesse mais uma variável no experimento, que seria a mão do operador. Tanto o contra-ângulo, quanto o tubo de vidro, foram presos a tornos diferentes e encaixados.

Os instrumentos já adaptados ao contra-ângulo e ao tubo de vidro foram colocados em movimento cíclico (figuras 3 e 4). O momento em que ocorreu a fratura de cada instrumento foi registrado. O tempo limite de duração da lima em rotação (300rpm), dentro do canal foi de 5 minutos. Portanto, os instrumentos que não fraturaram tiveram como tempo de fadiga o valor máximo de 5 minutos.



**Figura 3:** foto do contra-ângulo e do tubo de vidro anexados a tornos diferentes



**Figura 4:** foto do contra-ângulo e do tubo de vidro anexados a tornos diferentes (Visão lateral)

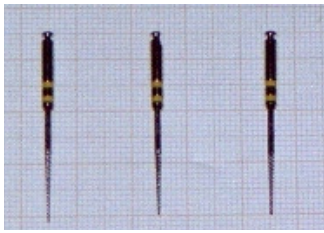
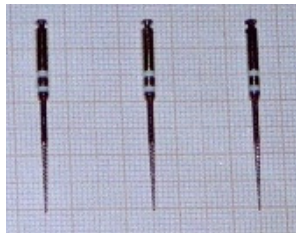
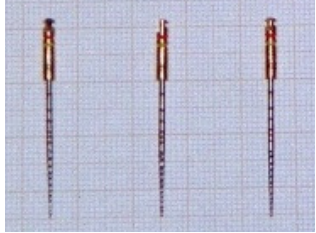
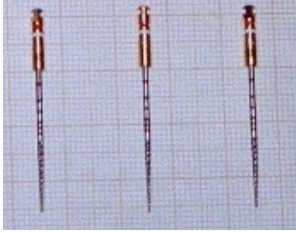
Os resultados foram avaliados estatisticamente pela ANOVA para um experimento fatorial  $2^3$  numa versão paramétrica e também por uma adaptação do teste de Kruskal Wallis.

### 3. Resultados

A técnica experimental, baseada no trabalho de Pruett et al (1997) que avaliou dois diferentes raios de curvatura e ângulos iguais (60°), se mostrou compatível com a técnica usada pelos autores.

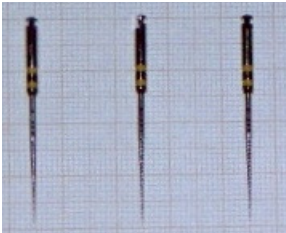
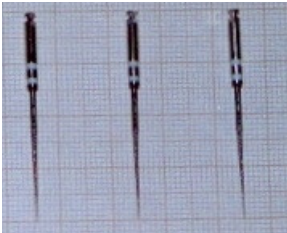
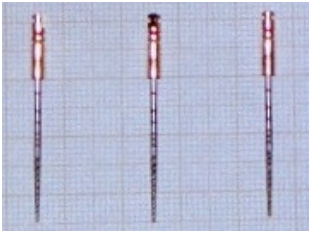
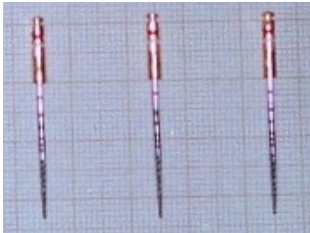
Como pode ser observado na tabela A, no que se refere ao raio de curvatura menor (2mm), o maior tempo necessário para fraturar os instrumentos Profile e K-3, de calibres 20.06, foi apresentado pelo instrumento Profile (t = 4min e 32seg) e o menor pelo instrumento K3 (t= 1min e 26seg). Nas tabelas A e B, além do tempo em minutos e segundos, o tamanho, depois da fratura, do instrumento (quando houve uma possível quebra) também pode ser observado, pois os instrumentos estão sobre papel milimetrado.

**Tabela A: dados relativos ao raio de curvatura menor (2mm)**

Raio de curvatura menor (2mm)			
Lima Profile taper 20.06		Lima Profile taper 15.06	
1	2	1	2
			
AAA		ABA	
3'15"	3'24"	3'15"	3'14"
(3.25')	(3.40')	(3.25')	(3.23')
	4'32"		3'14"
	(4.53')		(3.23')
Lima K-3 taper 20.06		Lima K-3 taper 15.06	
1	2	1	2
			
AAB		ABB	
2'46"	1'44"	1'53"	1'50"
(2.77')	(1.73')	(1.88')	(1.83')
	1'26"		1'47"
	(1.43')		(1.78')

Como pode ser observado na tabela B, no que se refere ao raio de curvatura maior (5mm), os instrumentos Profile, não sofreram fratura no tempo máximo estipulado (5min). Já os instrumentos K-3, apresentaram como maior tempo necessário para fraturar 2min e 19seg, e como menor 1min e 24seg.

**Tabela B: dados relativos ao raio de curvatura maior (5mm)**

Raio de curvatura maior (5mm)					
Lima Profile taper 20.06			Lima Profile taper 15.06		
1	2	3	1	2	3
					
BAA			BBA		
5' sem fratura			5' sem fratura		
Lima K-3 taper 20.06			Lima K-3 taper 15.06		
1	2	3	1	2	3
					
BAB			BBB		
1'24"	1'53"	2'19"	2'06"	2'05"	1'48"
(1.40')	(1.88')	(2.32')	(2.10')	(2.08')	(1.80')

#### 4. Análise Estatística

A primeira tentativa de análise foi usar um modelo de análise de variância (ANOVA), ver Montgomery, DC (2009) e Montgomery D.C., Peck E.A., Vining G.G.(2006), onde a variável resposta  $y$ = o tempo de fratura, inicialmente, foi indicado em minutos e segundos, e posteriormente padronizado para minutos, com o intuito de se manter uma unidade de tempo única. Os três fatores, cada um com dois níveis, um alto (A) e o outro baixo (B), formando um desenho experimental  $2^3$ , são:

- 1) fator<sub>1</sub> = Raio de curvatura, com níveis: A=2 mm e B=5 mm;
- 2) fator<sub>2</sub> = Diâmetro e “taper”, com níveis: A= 20.06 e B=15.06;
- 3) fator<sub>3</sub> = Marcas, com níveis: A=Profile e B=K3.

Assim a expressão matemática para este desenho, para mais detalhes ver Montgomery, DC (1997), pode ser representada pelo modelo linear:

$$Y = \mu + \beta_i + \gamma_j + \delta_k + (\beta\gamma)_{ij} + (\beta\delta)_{ik} + (\gamma\delta)_{jk} + (\beta\gamma\delta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (\text{eq 1})$$

sendo  $\mu$  a média global e  $\beta_i$  o efeito do fator1=Raio de Curvatura com níveis  $i=1$  corresponde a A ou  $i=2$  a B; equivalentemente  $\gamma_j$  = o efeito do fator2=Taper no nível  $j= 1$  ou 2;  $\delta_k$ , o efeito do fator3=Marca no nível  $k= 1$  ou 2, as iterações e o  $\varepsilon_{ijkl}$ ,  $l=1,2,3$  o termo do erro que usualmente é modelado pela distribuição Normal, ver Montgomery D.C., Peck E.A., Vining G.G.(2006). Depois de eliminados os componentes não significativos, foi ajustado um novo modelo:

$$Y = \mu + A_i + \delta_k + (A \delta)_{ik} + \varepsilon_{ikl} \quad (\text{eq 2})$$

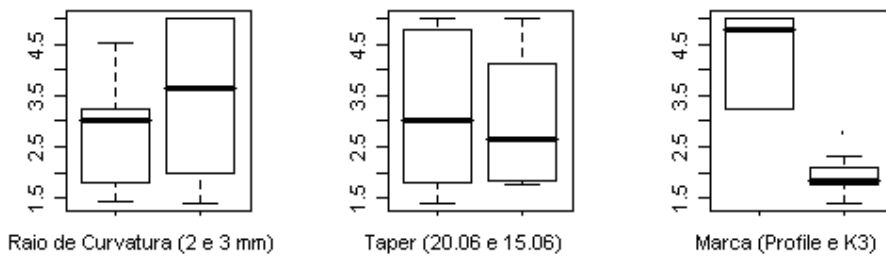
Apresentamos, a seguir, a ANOVA do modelo da eq 2 na tabela C.

**Tabela C: ANOVA com os três fatores**

	GI	SQ	QM	F	p = Pr(>F)
R. Curvatura	1	3.565	3.565	24.930	6.984e-05
Marca	1	32.395	32.395	226.535	2.260e-12
RCurv:Marca	1	3.338	3.338	23.340	0.0001014
erro	20	2.860	0.143		

Do resultado da ANOVA observamos que os dois fatores, Raio de Curvatura e Marca dos instrumento mostram uma diferença significativa, para os dois níveis, em relação ao tempo de ruptura do instrumento. Já para os dois níveis do Taper esta diferença não se apresenta de forma significativa. A única interação significativa foi entre os Fatores 1 e 3, Raio de Curvatura e Marcas.

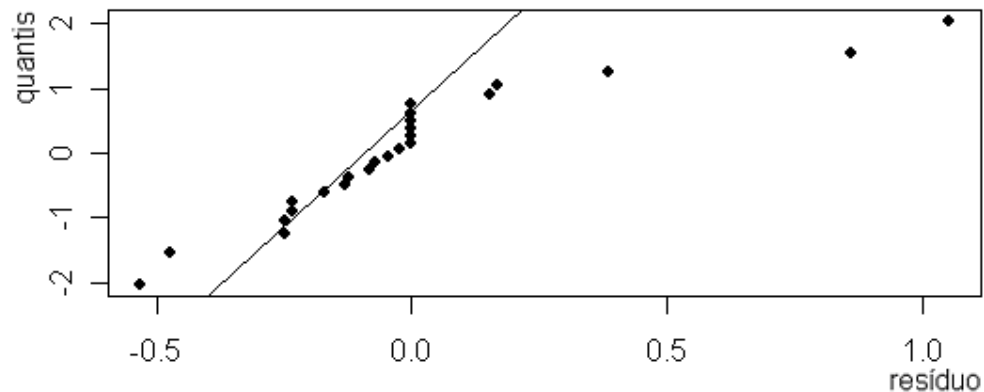
Apresentaremos, na figura 5, a seguir os desenhos esquemáticos, referentes a distribuição dos tempos de ruptura separado em dois grupos em cada fator. Os desenhos esquemáticos, mais conhecidos como *boxplot*, são representações dos 5 números: mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil e máximo, uma explicação deste desenho esquemático pode ser encontrada em Pinheiro et al (2008).



**Figura 5:** boxplot das observações agrupadas nos dois níveis de cada fator

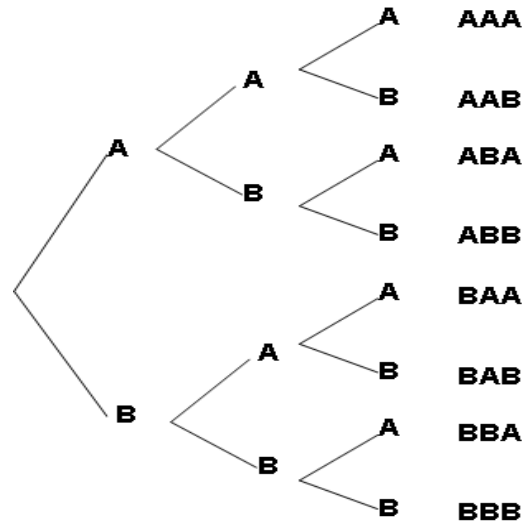
Observamos que os boxplots corroboram com o resultado da ANOVA, mas também apresentam uma análise que descreve as diferenças apresentadas nesta amostra.

A seguir fizemos um teste de Normalidade dos resíduos da ANOVA, através do gráfico em papel de probabilidade que corresponde a figura 5, ver . Weisberg S. (2005).



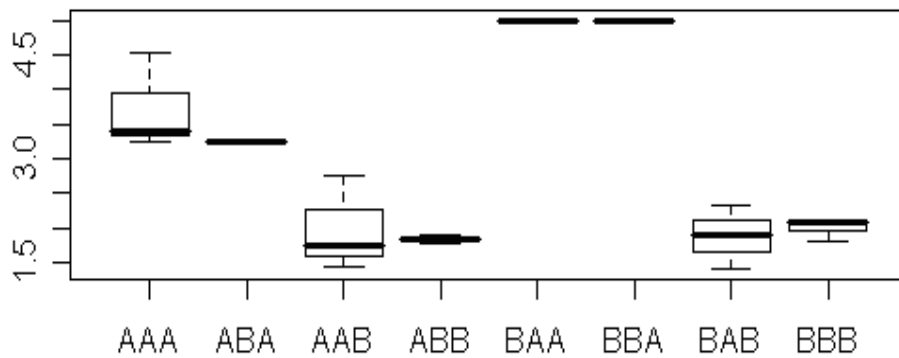
**Figura 5:** Gráfico do papel de probabilidade da normal da ANOVA da equação 2

Observamos, na figura 5, que a suposição de Normalidade dos erros poderia ser questionada, embora o resultado da ANOVA seja robusto a esta exigência da modelagem. Um dos fatores que poderiam ter contribuído para tal seria o fato do interesse do estudo se limitar ao tempo de até 5 minutos do uso da lima. Assim, teríamos um efeito de censura, ou seja, o que se passa depois de 5 minutos não é considerado. Por isso também fizemos uso de um teste não paramétrico, especificamente o Kruskal Wallis. Já que este só permite um único fator, então passamos a combinar os 3 fatores em um único com 8 níveis. O esquema de todas as possíveis combinações está apresentado na figura 6 abaixo. Esta mesma notação foi usada nas tabelas A e tabela B dos dados.



**Figura 6:** Esquema das combinações dos três fatores de dois níveis em um único fator de 8 níveis.

A representação em nível A (alto) e B (baixo), do desenho  $2^3$  do tempo de ruptura em boxplot para os oito níveis, está na figura abaixo.



**Figura 7:** Boxplot do tempo de ruptura das combinações dos três fatores de dois níveis em um único fator de 8 níveis.



Foi realizado um teste de Kruskal-Wallis, ver Conover W.J, (1998), de maneira independente, para cada um dos três fatores. Os valores da estatística Qui-quadrado, com o correspondente p-valor, foram os seguintes:

Raio de Curvatura

Teste Kruskal-Wallis - Qui-quadrado = 1.7158, gl = 1, p-valor = 0.1902

Taper

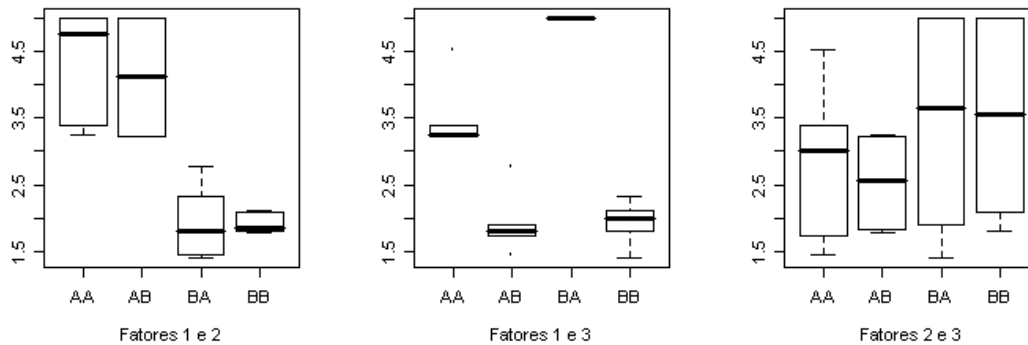
Teste Kruskal-Wallis - Qui-quadrado = 0.0076, gl = 1, p-valor = 0.9304

Marca

Teste Kruskal-Wallis - Qui-quadrado = 17.5703, gl= 1, p-valor = 0.000028

A única diferença significativa do tempo de fratura se encontrou no fator 3, a marca utilizada. Uma representação, em boxplots, destes testes pode ser observada na figura 5.

A representação, do tempo de ruptura em boxplot, para cada nível A (alto) e B (baixo), do desenho 2<sup>2</sup>, para cada das 3 combinações de dois fatores está na figura abaixo.



**Figura 8:** Boxplot do tempo de ruptura para cada das 3 combinações de dois fatores

## 5. Discussão

O presente trabalho focou-se em verificar a influência do aumento do taper na fadiga cíclica dos instrumentos rotatórios, utilizando-se para isso instrumentos de NiTi rotatórios, das marcas K3 e Profile. Estes instrumentos foram escolhidos por serem bastante difundidos. No entanto, apresentam propensão à fratura de uma forma diferente, durante a instrumentação de canais retos e principalmente curvos, como foi concluído neste trabalho pela Análise de Variância. Os *boxplots* mostraram que o maior número de fraturas por fadiga acontece em canais com maior grau de curvatura.

Para avaliar o comportamento mecânico dos instrumentos, optou-se pelo emprego de 2 tubos de vidro, com variação no ângulo e no raio de curvatura. Escolheram-se tubos de vidro, devido à facilidade de se observar os exatos momentos da fratura dos instrumentos durante o movimento cíclico além do que, no seu interior, as limas não sofrem stress de esforço para corte; sofrem na estrutura atômica dos instrumentos durante o fenômeno de fadiga cíclica.

Com o emprego do canal artificial foi possível padronizar o comprimento do canal, o comprimento do raio, a localização do instrumento, eliminando-se outras variáveis que poderiam induzir na realização do trabalho. Esta preocupação foi salientada por vários autores, tais como Pruett J.P., Clement D.J. e Carnes D.L Jr. (1997). Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod., 23, 77-85..

O diâmetro interno dos tubos artificiais permitiu que os instrumentos endodônticos utilizados girassem com liberdade no interior dos tubos de vidro, amenizando-se o carregamento por torção.

Com relação ao comprimento, todos apresentaram valores dentro da especificação do fabricante: International Standard Organization: ISO 3630-1. (1992) Dental root-canal instruments-Part1: files, reamers, barbed boaches, rasps, paste carries;. 178p.. Foram utilizados instrumentos de numero 20, por ser este um tamanho de instrumento considerado médio, geralmente utilizado, independente do grau de curvatura. O dispositivo-suporte usado para a realização deste ensaio foi o descrito por Moreira et al. (2002). A velocidade de rotação para todos os instrumentos endodônticos ensaiados, foi de 300 rpm. A padronização da velocidade é de fundamental importância segundo vários autores, ver Hani O.F., Salameh Z., Al-Shalan T., Ferrari M., Grandini S., Pashley D.H., Tay F.R. (2007). Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of Pro Taper nickel-titanium rotary instruments. *J. Endod.*, 33,737-41.e Fife D., Gambarini G., Britto L. (2004). Cyclic fatigue testing of Pro Taper NiTi rotary instruments after clinical use. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 97, 251-6.. O controle da velocidade é determinante na avaliação da fratura por fadiga dos instrumentos de NiTi submetidos a uma mesma condição de carregamento de flexão rotativa.

Quanto à análise estatística, a suposição de Normalidade do erro do modelo ANOVA pode ser questionada, pelo papel de probabilidade Normal, em função dos dados serem censurados a partir do tempo de ruptura de 5 min. Assim optamos também pelo uso do Kruskal Wallis, método que não tem como suposição o modelo probabilístico Normal. Pelo mesmo motivo fizemos uso de uma representação exploratória através dos desenhos esquemáticos (boxplot).

Após análise dos resultados pode-se concluir que houve diferença estatística no tempo de fratura dos instrumentos, em relação ao grau de curvatura e a marca dos instrumentos. Em condutos com maior raio de curvatura constatou-se que o tempo até o momento da fratura, aumentou. Em relação à comparação dos instrumentos rotatórios endodônticos K<sup>3</sup> e Profile avaliados, pode-se afirmar que os instrumentos K<sup>3</sup> sofreram fratura em menor tempo.

## 6. Bibliografia

- Conover W.J., (1998). Practical Nonparametric Statistics, 3th ed. John Wiley and Sons, Wiley Series in Probability & Mathematical Statistics, New York.
- Dietz D.B. et al (2000). Effect of Rotational Speed on the Breakage of Nickel-Titanium Rotary Files. *J. Endod*, 26(2), 68-71.
- Eggeler G., Hombogen E., Yawy A., Heckmann A., Wagner M. (2004). Structural an functional fatigue of NiTi shape memory alloys. *Mat Scien Eng*. 378, 24-33.
- Elias CN, Lopes HP. Materiais dentários. (2007). Ensaio mecânicos. Livraria Santos, São Paulo.
- Fife D., Gambarini G., Britto L. (2004). Cyclic fatigue testing of Pro Taper NiTi rotary instruments after clinical use. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 97, 251-6.
- Gabel W.P., Hoen M., Steiman R., Pink F.E., Dietz, D. B.. (1999) Effect pf rotational speed on nickel-titanium files distortion. *J. Endod*, 25, 752-4.
- Haikel Y., Serfaty R., Baterman G., Senger B., Allemann C. (1999). Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J. Endod.* 25, 434-40.
- Hani O.F., Salameh Z., Al-Shalan T., Ferrari M., Grandini S., Pashley D.H., Tay F.R. (2007). Effect of clinical use on the cyclic fatigue resistance of Pro Taper nickel-titanium rotary instruments. *J. Endod.*, 33,737-41.
- International Standard Organization: ISO 3630-1. (1992) Dental root-canal instruments-Part1: files, reamers, barbed boaches, rasps, paste carries;. 178p.
- Lopes H.P. et al. (1996) Emprego de Limas Acionados a Motor no Preparo de canais Radiculares. *Rev. Bras. Odontol*, 53(5), 20-4.
- Lopes H.P. et al. (1995) Estudo da Fratura de Limas Endodonticas. *Rev. Bras. Odontol*, 52(4), 18-22.
- Lopes H.P., Elias C.N. (2001). Fratura dos instrumentos endodônticos de NiTi acionados a motor: Fundamentos teóricos e práticos. *Rev. Bras. Odontol*, 58, 207-9.

- Lopes H.P., Moreira E.J.L., Elias C.N., Almeida R.A., Neves M.S. (2007). Cyclic fatigue of Protaper instruments. *J Endod.*, 33, 55-7.
- Montgomery, D.C. (2009). *Design and Analysis of Experiments*, 7th Ed., John Wiley and Sons, New York.
- Montgomery D.C., Peck E.A., Vining G.G.(2006). *Introduction to Linear Regression Analysis*, 4th ed. John Wiley and Sons, New York.
- Moreira E.J.L., Lopes H.P., Elias C.N., Fidel R.A.S. (2002). Fratura por flexão em rotação de instrumentos endodônticos de NiTi. *Rev. Bras. Odontol.*, 59, 412-4.
- Pinheiro, J.I.D., Cunha, S.B., Carvajal, S.R. e Gomes, G.C.(2008) *Estatística Básica - A Arte de Trabalhar com Dados*, Ed. Campus/Elsevier, São Paulo.
- Pruett J.P., Clement D.J. e Carnes D.L Jr. (1997). Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.*, 23, 77-85.
- Svec T.A., Powers J.M. (1999). Effects of simulated clinical conditions on nickel-titanium rotary files. *J. Endod.* 25, 752-4.
- Vernables, W.N. and Smith D.M. (2004). *An Introduction to R. Network Theory Limited*.
- Walia H et al. (1988) An Initial Investigation of the Bending and Torsional Properties of Nitinol Root canal Files. *J.Endod.*, 14(7), 346-51.
- Weisberg S. (2005). *Applied Linear Regression*, 3rd Ed. John Wiley and Sons/Interscience, New York.
- Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. (2006) Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod.*; 32,55-7.