

# CARACTERÍSTICAS DA FLEXÃO EM FIOS RETANGULARES DE AÇO INOXIDÁVEL E DE NITINOL UTILIZADOS NOS TRATAMENTOS ORTODÔNTICOS<sup>1</sup>

André Itman Filho<sup>2</sup>  
Carlos Alberto Rodrigues Gouvêa<sup>3</sup>  
Rosana Vilarim Silva<sup>4</sup>  
Luiz Carlos Casteletti<sup>5</sup>

## Resumo

Os fios de aço inoxidável austenítico e de níquel-titânio com memória de forma são utilizados nos tratamentos ortodônticos, para os quais uma combinação de resistência, flexibilidade e biocompatibilidade são desejáveis. De acordo com as técnicas experimentais, os fios redondos de Nitinol são os preferidos no alinhamento e nivelamento dos dentes. Nos estágios finais dos tratamentos ortodônticos, de uma forma geral os fios retangulares são os mais utilizados para produzir um torque adequado e manter o dente na posição pretendida. Apesar da alta rigidez e resistência à corrosão no meio bucal os fios de aços inoxidáveis estão sendo substituídos pelos de Nitinol, pois neste caso a propriedade pseudoelástica ou “memória de forma” promove um ajuste menos agressivo à arcada dentária do paciente. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tensão de flexão de fios retangulares de um aço inoxidável austenítico AISI 302 e de uma liga de Nitinol por meio da técnica de carregamento em três pontos. Os testes foram realizados à temperatura ambiente e em meio de saliva artificial na temperatura de  $37\pm 1^\circ\text{C}$ , simulando as condições do ambiente bucal. Também foram realizadas medidas das microdurezas dos fios. Os resultados mostraram que a tensão de flexão dos fios retangulares de aço inoxidável foi superior à da liga de níquel-titânio. Tal fato indica a eficiência dos primeiros nas etapas finais dos tratamentos ortodônticos para promover o posicionamento correto dos dentes. Observou-se também que as diferenças entre os valores das microdurezas dos fios não influenciaram a resistência à flexão do material.

**Palavras-chave:** Fios ortodônticos; Nitinol; Flexão em três pontos.

## FLEXURAL CHARACTERISTICS IN RECTANGULAR WIRES OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL AND NITINOL USED IN THE ORTHODONTIC TREATMENTS

### Abstract

Austenitic stainless steel and Nitinol (nickel-titanium shape memory alloy) are being used regularly in orthodontic treatments, where corrosion resistance, flexibility and biocompatibility are desirable. According to experimental techniques, round wires of nickel-titanium alloy (Nitinol) are the most appropriate in the alignment and leveling phases due to its ductility. On the other hand, rectangular wires of austenitic stainless steel are preferable in the final finish stage because the preparation requires a wire that benefits the incisor torque, that is, high strength associated to a low range of activation. In spite of the high stiffness and optimum corrosion resistance in the buccal environment the austenitic stainless steels are being substituted by the Nitinol wires, because in this case the “shape memory property” promotes a less aggressive adjustment to the patient in clinical situation. Inside of this context, the objective of this work was to evaluate the flexural strength of austenitic stainless steel and Nitinol wires by a three-point loading system. Microhardness measures of the wires were obtained too. The tests were accomplished in room temperature and in artificial saliva at  $37\pm 1^\circ\text{C}$ , simulating the buccal conditions. The results showed that the flexural strength of the rectangular austenitic stainless steel wires was superior to the nickel-titanium alloy. It is clear the efficiency of the first ones in the final stages of the orthodontic treatments to promote the teeth correct positioning. It was also observed that the microhardness values didn't influence the flexural strength of the materials.

**Key words:** Orthodontic wires; Nitinol; Three-point loading system.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais pela UFSCar – São Carlos - SP - Professor do Departamento de Metalurgia do CEFET-ES / Vitória – ES – e-mail: andrei@cefetes.br

<sup>3</sup> Físico pela UFOP – Mestrando no Depto. Eng. Materiais, Aeronáutica e Automobilística, EESC-USP/São Carlos – SP

<sup>4</sup> Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Escola de Engenharia de São Carlos - São Carlos - SP - Professora do Departamento de Metalurgia do CEFET-ES / Vitória – ES – e-mail:

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Escola de Engenharia de São Carlos, Professor do Depto. Eng<sup>a</sup>. Materiais, Aeronáutica e Automobilística - EESC-USP de São Carlos – SP.

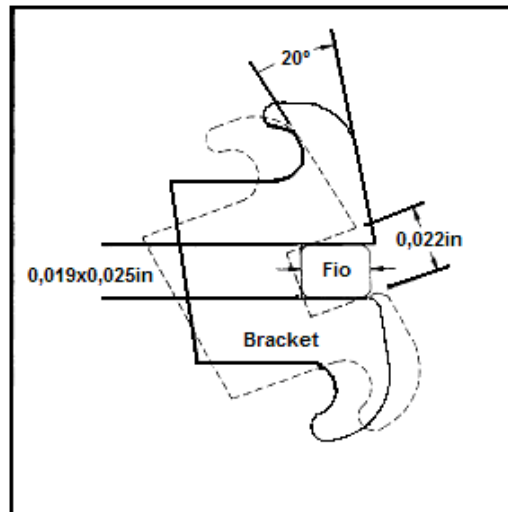
## INTRODUÇÃO

Atualmente é comum o uso de diferentes geometrias de fios para correção da arcada dentária. Em geral os redondos são utilizados para o alinhamento e os retangulares para finalização nas etapas dos tratamentos ortodônticos (Figura 1). Em razão das dobras e dos ajustes necessários, os fios são submetidos a esforços mecânicos que podem provocar tensões residuais localizadas e deformações permanentes. Assim, o profissional deve ser cuidadoso ao aplicar a carga necessária para promover a correção estética bem como escolher o material adequado para resistir às tensões envolvidas nos movimentos das articulações.<sup>[1,2]</sup>



**Figura 1:** Arcos metálicos utilizados nos tratamentos ortodônticos.

Em geral fios de aços inoxidáveis austeníticos ou de Nitinol (liga de níquel-titânio) têm sido utilizados nas várias etapas do tratamento ortodôntico. Esta liga, com predominância de níquel e titânio, é chamada de material com memória de forma e tem instigado uma série de pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento. O fenômeno da transformação de fase martensita-austenita que ocorre em diferentes temperaturas conforme a composição química da liga é o responsável pela característica de recuperação da geometria original de um fio submetido a um dobramento. No caso dos aços, os inoxidáveis austeníticos AISI 302 e AISI 304 são os mais utilizados na confecção de arcos ortodônticos por apresentarem ótima resistência à deformação plástica, biocompatibilidade no meio bucal e um custo menor quando comparados a outras ligas.<sup>[3,4]</sup> De uma forma geral, estes aços são utilizados nos estágios finais dos tratamentos ortodônticos, em razão da alta rigidez e resistência à corrosão no meio bucal. Fios com secções transversais inferiores a  $1\text{mm}^2$  são utilizados para produzir um torque adequado ao posicionamento do dente que promoverá uma boa oclusão e o aprimoramento da estética facial. A ilustração da Figura 2 mostra como é conseguido o torque utilizando-se o fio retangular.<sup>[5]</sup>



**Figura 2.** Movimentação do braquete por meio de torque produzido no fio.

Com o objetivo de comparar o comportamento em flexão de fios de aço inoxidável austenítico e de Nitinol foram realizados ensaios de flexão à temperatura ambiente e em condições similares à do meio bucal. Medidas de microdureza também foram obtidas para avaliar a possível relação com as tensões de flexão obtidas nos ensaios.

## **MATERIAL e MÉTODOS**

Os ensaios foram realizados com fios comerciais retangulares de aço inoxidável AISI 302 e Nitinol termoativo com seção transversal de 0,40x0,61mm. Para determinar os valores de microdureza (HV), amostras com aproximadamente 10mm de comprimento foram embutidas em resina e preparadas segundo as técnicas usuais de lixamento e polimento. Na seção transversal dos fios foram realizadas as medidas de microdureza (média de 15 medidas à temperatura ambiente). Os ensaios de flexão em três pontos, para um deslocamento máximo de 3 milímetros, foram realizados em uma máquina de ensaio universal Emic DL10000. Os corpos de prova foram flexionados em duas condições: à temperatura ambiente e na temperatura de  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$  em saliva artificial conforme esquema apresentado na Figura 3, simulando assim o ambiente bucal.<sup>[6,7]</sup> Os resultados correspondem à média de 10 amostras. Nos suportes foram colocados braquetes metálicos posicionados a 6mm de distância entre os pontos de apoio, semelhante à condição típica de um tratamento ortodôntico.

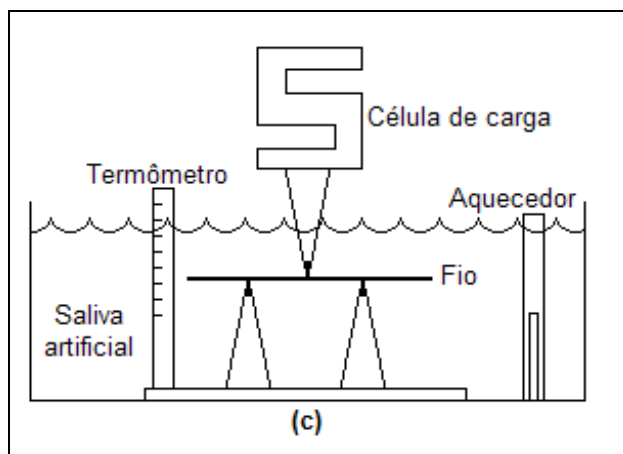


Figura 3. Esquema da montagem para os ensaios de flexão em três pontos.

## RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentadas as medidas de microdureza e da tensão de flexão para os fios de aço inoxidável e de Nitinol termoativo.

**Tabela 1:** Valores de microdureza Vickers e tensão de flexão para o Nitinol e aço inoxidável austenítico AISI 302 com secção retangular de 0,40x0,61mm.

Fios	Microdureza (HV)	Tensão de flexão(MPa) a 20°C	Tensão de flexão(MPa) a 37°C
Nitinol	320 ± 14	225 ± 16	845± 23
AISI 304	430 ± 21	3060 ± 101	3165 ± 80

## DISCUSSÃO

Com relação à microdureza o valor para o aço inoxidável é maior, porém esta característica não é representativa para comparações quanto aos efeitos de memória de forma, mas sim para análise quanto às condições de atrito no bráquete. Durante o tratamento ortodôntico a movimentação do fio no interior dos bráquetes provoca o atrito e o desgaste dos componentes. Fica evidente a maior resistência ao desgaste do fio de aço inoxidável com relação ao de Nitinol. Com relação aos ensaios de flexão em três pontos, os valores da Tabela 1 indicam que o fio de Nitinol termoativo imerso em saliva artificial a 37°C apresentou um aumento de aproximadamente 275% na tensão de flexão com relação ao teste à temperatura ambiente. Isto evidencia o efeito de memória de forma da liga. O fio de aço inoxidável, embora com tensão de flexão muito superior ao do Nitinol, não apresentou alterações significativas com a variação da temperatura. Neste caso, a maior resistência à flexão e a considerável rigidez conhecida na literatura, o qualifica como o melhor material nas etapas de finalização dos tratamentos ortodônticos. Esta característica também pode ser um fator limitante nos tratamentos ortodônticos, pois as elevadas forças de ativação proporcionadas pelo fio de aço inoxidável podem agredir o tecido gengival e causar desconforto no paciente.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que os fios retangulares de aço inoxidável são mais resistentes à deformação e, portanto, adequados para uso nas etapas finais dos tratamentos ortodônticos. A liga de níquel-titânio apresentou o efeito de memória de forma e é a mais indicada nos estágios iniciais de alinhamento e nivelamento, para promover o posicionamento correto dos dentes na arcada dentária. Observou-se também que os valores de microdureza dos materiais não influenciaram o comportamento à flexão dos fios.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro correspondente ao Processo PIPE de número 03/13312-9.

## REFERÊNCIAS

- 1 COTRIM-FERREIRA F.A. Biomecânica do movimento dental. In: Vellini-Ferreira F. , Ortodontia – Diagnóstico e Planejamento Clínico. São Paulo: Artes Médicas;, p. 353-390, 1996.
- 2 DRAKE, S.R. et al., Mechanical properties of orthodontic wires in tension, bending, and torsion. Am. J. Orthod. Dent. Orthop., v., p.206-210 - 1998.
- 3 BRAUN, S. et al. An evaluation of the shape of some popular nickel titanium alloy preformed arch wires. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., St. Louis, v. 115, nº. 4, p.390-395, 1999.
- 4 MIURA, F.; MOGI, M.; OHURA, Y.; HAMANAKA, H. The super-elastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., St. Louis, v. 90, no.1, p.1-10, July 1986.
- 5 SANTORO, M.; BESHERS, D. N. Nickel-titanium alloy: stress-related temperature transitional range. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., St. Louis, v. 118, no. 6, p. 685-692, Dec. 2000.
- 6 Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/superplasticity> acesso em 5 de Agosto de 2006.
- 7 Disponível em <http://www.ghwire.com> acesso em 20 de Setembro de 2006.