

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

GAUDYER CASTRO DI FERREIRA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS E AVALIAÇÃO MICROSCÓPICA DE FIOS
ORTODÔNTICOS DE NITI REVESTIDOS POR POLÍMEROS**

Goiânia
2015

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Gaudyer Castro Di Ferreira		
E-mail:	gaudyer@bol.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☐ Sim ☒ Não			
Vínculo empregatício do autor			
Agência de fomento:		Sigla:	
País:	UF:	CNPJ:	
Título:	PROPRIEDADES MECÂNICAS E AVALIAÇÃO MICROSCÓPICA DE FIOS ORTODÔNTICOS DE NITI REVESTIDOS POR POLÍMEROS		
Palavras-chave:	Fios ortodônticos, teste deflexão		
Título em outra língua:	MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSCOPIC AVALIATION WIRE NITI COATED IN POLYMERS		
Palavras-chave em outra língua:	Orthodontics wires, Surfice properties		
Área de concentração:	Clínica Odontológica		
Data defesa: (24/03/2015)			
Programa de Pós-Graduação:	Odontologia		
Orientador (a):	Marcos Augusto Lenza		
E-mail:	marcoslenza@gmail.com		
Co-orientador (a):*	Fernanda Yamamoto		
E-mail:	fernandayamamoto@gmail.com		

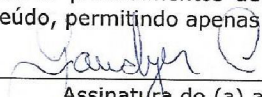
*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 20/10/2015

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

GAUDYER CASTRO DI FERREIRA

**PROPRIEDADES MECÂNICAS E AVALIAÇÃO MICROSCÓPICA DE FIOS
ORTODÔNTICOS DE NITI REVESTIDOS POR POLÍMEROS**

Goiânia
2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Di Ferreira, Gaudyer Castro
Propriedades Mecânicas e Avaliação Microscópica de Fios Ortodônticos
de NiTi Revestidos por polímeros [manuscrito] / Gaudyer Castro Di
Ferreira. - 2015.
52 f.: il.

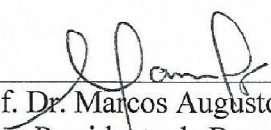
Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Lenza; co-orientadora Dra.
Fernanda Yamamoto.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade
de Odontologia (FO) , Programa de Pós-Graduação em Odontologia,
Goiânia, 2015.
Bibliografia. Anexos. Apêndice.
Inclui siglas, fotografias, gráfico, tabelas.

1. Ortodontia. 2. Fios Ortodônticos. 3. Microscopia. I. Augusto Lenza,
Marcos, orient. II. Yamamoto, Fernanda, co-orient. III. Título.

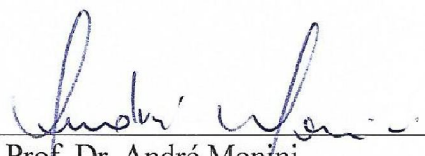
Gaudyer Castro Di Ferreira

Propriedades mecânicas e avaliação microscópica de fios de NiTi revestidos por polímeros.

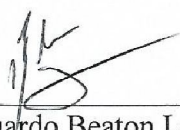
Dissertação defendida e aprovada em 24/03/2015, pela Banca Examinadora constituída por:



Prof. Dr. Marcos Augusto Lenza
Presidente da Banca



Prof. Dr. André Monini
Membro da Banca



Prof. Dr. Eduardo Beaton Lenza
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida e a oportunidade de realizar mais esse sonho. Ele que iluminou sempre meu caminho, me dando forças para continuar nos momentos difíceis e colocando pessoas em minha vida que foram essenciais para essa conquista. Obrigada Senhor.

À minha querida esposa Gabrielle, que administrou bem minhas horas ausentes, por usa extrema compreensão, e pelos cuidados com nossa filha Maria Luiza, que nasceu durante as fazes finais de minha dissertação. Te amo Amor.

Aos meus familiares, especialmente meus pais Gerson e Tânia, que sempre me incentivaram a seguir meus estudos. E que confiaram muito em seu filho. Muito obrigado pais.

Ao Prof. Marcos Augusto Lenza, não só pela orientação no mestrado, mas pelo exemplo e ensinamentos de vida. Obrigado pela confiança, dedicação, e por ser responsável pelo aparecimento de grandes oportunidades de crescimento pessoal e profissional na minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFG que agora me deu a oportunidade de cursar o Mestrado. Obrigada pelo carinho de todos os professores e funcionários.

À CAPES, que me concedeu bolsa de mestrado por dez meses e que, com certeza, foi importante para a execução da minha pesquisa.

Aos professores: Prof.^a Fernanda Yamamoto, pela co-orientação no trabalho e por todos os ensinamentos passados; Prof. João Batista de Souza e Prof. Claudio Gois Nery, pela grande contribuição dada desde a minha qualificação. Vocês são exemplos de profissionais e de pessoas para mim, e fizeram toda a diferença para que eu chegasse até onde cheguei. Muito obrigado.

Ao Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública IPTSP, em nome da Prof.^a Fátima Dias e sua equipe, que me recebeu com o maior carinho em seu laboratório.

Ao Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução da Universidade Federal de Goiás, na pessoa da Profa. Dra. Tatiane Oliveira dos Santos, pela realização das análises com MEV e AFM.

A todos os colegas do Mestrado, pela oportunidade de conhecer e conviver com pessoas tão especiais. Obrigada pelos momentos de confraternização, eles deixaram nosso caminho mais suave em meio a tantas atividades e compromissos.

Ao colega Rogério Watanabe, pela valiosa contribuição na análise estatística.

Aos membros da banca avaliadora Prof. Dr André Monini e Prof. Dr. Eduardo Lenza por terem aceitado o convite e por acrescentarem ao meu crescimento profissional.

Agradeço às demais pessoas que me acompanharam, amigos e familiares, que mesmo indiretamente contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Alguns vencem por sorte,
outros vencem por habilidade,
E alguns vencem por inteligência.
Mas ninguém vence sem trabalho.

RESUMO

Objetivo: O objetivo do estudo foi analisar as propriedades mecânicas e analisar a superfície, dos fios revestidos por polímeros.

Materiais e métodos: Foram utilizados no estudo fios pré-contornados com dimensão de 0.014" de Níquel-Titânio (NiTi) das marcas: Tecident Equipamento Ortodonticos Ltda(São Carlos,São Paulo Brasil), TP Orthodontics (Indiana, EUA) , Trianeiro (Rio Claro, São Paulo Brasil) e fio NiTi Morelli (Sorocaba, São Paulo Brasil) como grupo controle. Os fios foram divididos aleatoriamente em 11 grupos (n=6).Foram realizado o teste de deflexão. Os fios foram imersos em saliva artificial por um período de 30 e 60 dias,para sofrer corrosão. Após a corrosão os fio também foram submetidos para a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Resultados:Foi utilizado o teste de variância ANOVA, onde foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os fios testados e os do grupo controle.Foram observadas imperfeições nas superfícies de todos os fio sendo que o fio da TP Orthodontics apresentou as maiores alterações.

Conclusões: O revestimento polimérico parece ser o responsável pelas alterações mecânicas e da superfície dos fios de NiTi.

Palavras-chave: Fios ortodônticos, propriedades superficiais, microscopia eletrônica de varredura.

ABSTRACT

MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSCOPIC AVALIATION NITI WIRE COATED IN POLYMERS.

Objective: The objective of the study was to analyze the mechanical properties and analyze the surface of the wires coated polymers.

Methods: We used the pre-contoured wires study with dimension of 0.014 "Nickel-Titanium (NiTi) brands: Tecident orthodontic equipment Ltda (São Carlos, São Paulo Brazil), TP Orthodontics (Indiana, USA), Trianeiro (Rio Claro, São Paulo Brazil) and NiTi wire Morelli (Sorocaba, Sao Paulo Brazil) as a control group. The yarns were randomly divided into 11 groups (n = 6) .There were carried deflection test. The yarns were immersed in artificial saliva for a period of 30 to 60 days to corrode. After the wire corrosion were also submitted for the analysis of Scanning Electron Microscopy (SEM).

Results: We used the ANOVA analysis of variance, which were statistically significant differences between the tested wire and the controle.Foram group observed imperfections on the surfaces of all the wire and the wire TP Orthodontics showed the greatest changes.

Conclusions: The polymeric coating appears to be responsible for the mechanical surface change and the NiTi wires.

Keywords: Orthodontic wires, Surface properties, Microscopy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma.....	19
Figura 2 – Espécime utilizado	20
Figura 3 - Vista do protótipo em: A vista sagital, B vista axial, C vista oblíqua e D vista horizontal	20
Figura 4.- O protótipo.....	21
Figura 5 – Maquina de ensaio Instron.....	21
Figura 6 – Ponta ativa Instron.....	22

Artigo

Figura 1 – Vista do protótipo em:A vista sagital, B vista axial, C vista oblíqua e D vista horizontal	38
Figura 2 – Fio estético TP Orthodontics. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).	38
Figura 3 - Fio estético Trianeiro. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).	39
Figura 4.- Fio estético Tecnident. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).	39
Figura 5 – Fio cosmético Tecnident. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).	39
Figura 6 – Fio convencional Morelli. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos grupos experimentais.....	19
Tabela 2 - Tabela de deslocamento na carga e alívio de carga para testes realizados	23
Tabela I – Divisão dos grupos experimentais	37
Tabela II - Média do estresse liberado pelos diferentes fios e comparação com o grupo controle dentro de um mesmo deslocamento.	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.2.1	Objetivo geral	Erro! Indicador não definido.
1.2.2	Objetivos específicos.....	Erro! Indicador não definido.
1.3	JUSTIFICATIVA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4	ARTIGO	24
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS.....	35
	APÊNDICE A –	38
	ANEXO A –	42

1 INTRODUÇÃO

A aparência dos aparelhos ortodônticos é um fator significativo, muito avaliado pelos pacientes, pois o tratamento pode estender por meses ou anos¹. Enquanto crianças e adolescentes tendem a gostar de visibilidade no tratamento², pacientes jovens e adultos procuram por tratamentos mais discretos³.

Apesar dos fios ortodônticos serem os principais elementos ativos da aparelhagem utilizadas em Ortodontia⁵, eles não possuem uma estética agradável para alguns pacientes¹. Para atender ao desejo desse segmento de pacientes, a indústria e os profissionais tem realizado grande esforço na busca desses materiais⁴.

O primeiro fio ortodôntico estético foi o Optiflex da Ormco®, que era um fio revestido por uma camada de nylon resistente a mancha e no seu interior continha uma resina siliconada reforçada por sílica⁶. Houve também uma tentativa de desenvolver fios de fibra de vidro revestidos por uma camada polimérica^{7,8}, entretanto esse fios não tiveram uma boa aceitação pelo mercado, devido a sua fragilidade.

No início do século XXI, surgiram os primeiros fios estéticos de NiTi¹. Esse fios são revestidos por uma camada de material polimérico, geralmente resina epóxi ou de teflon dando aos fios metálicos uma aparência mais estética^{1,6,7}. E recentemente essa mesma tecnologia também permitiu agregar diversos tipos de cores aos fios ortodônticos.

1.2 OBJETIVO DO ESTUDO

1.2.1 Objetivos gerais

- Avaliar as propriedades mecânicas e características morfológicas dos fios ortodônticos NiTi convencional, NiTi cosméticos e NiTi estéticos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o comportamento mecânico de fios ortodônticos NiTi cosméticos e fios NiTi estético.
- Comparar o comportamento mecânico dos fios NiTi cosméticos e NiTi estéticos com fios de Niti convencionais.
- Avaliar a corrosão dos fios NiTi cosméticos e NiTi estéticos.
- Avaliar a morfologia dos fio NiTi cosmético e NiTi estéticos após o teste de corrosão.

1.2 JUSTIFICATIVA

Não existem estudos comparando fios de NiTi convencionais, com os fios NiTi cosméticos e NiTi estáticos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Evolução histórica dos fios de NiTi

Em 1963, surge nos EUA, a liga de NiTi. O pesquisador em metalurgia William Buehler ,desenvolve uma liga com característica únicas como: baixo módulo de elasticidade, rigidez e alta resiliência ⁸.

A Unitek Corporation, em 1972, produziu fios a partir desta liga para o uso clínico em ortodontia, com o nome comercial de Nitinol®, composto por 55% de níquel e 45% de titânio. E foi considerado um avanço para a obtenção de forças leves sob grandes ativações, ganhando ampla aceitação entre os ortodontistas. Apesar de possuir excelente propriedade de recuperação elástica, o Nitinol não possuía, naquela época, o efeito de memória de forma ⁹.

As ligas de NiTi superelásticas (NiTi SE) foram inicialmente produzidas em 1978 pela empresa Furukawa Electric Co., do Japão. E seu aprimoramento aconteceu em 1986, com o lançamento do Japanese NiTi¹⁰. Outra liga que merece nossa atenção é a Chinese NiTi, desenvolvida por Tien Huan Cheng. Essa liga possuía uma característica única de manutenção dos níveis de força durante a ativação e desativação ¹¹.

Na década de 90 surgiram no mercado fios NiTi termoativados que além de possuírem as características dos fios anteriores, também eram ativados pela temperatura. Na mesma década surgiu o fio de CuNiTi. A introdução do cobre garantiu a liga de NiTi uma temperatura de transição mais definida, deixando a liberação de cargas mais homogêneas por todo o fio ¹².

A demanda por estética fez as empresas a desenvolverem os primeiros fios de NiTi estéticos em meados do século XXI ^{12,13}. Esses fios receberam uma camada de material polimérico, que podia ser de teflon ou de resina epóxi. E essa cobertura dava ao fio características mais estéticas. E esta tecnologia permitiu agregar aos fios de NiTi além da cor branca qualquer outro tipo de cor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Foram utilizados no estudo fios pré-contornados com dimensão de 0.014" de Níquel-Titânio (NiTi) das marcas: Tecident Equipamento Ortodonticos Ltda(São Carlos,São Paulo Brasil), TP Orthodontics (Indiana, EUA) , Trianeiro (Rio Claro, São Paulo Brasil) e fio NiTi Morelli (Sorocaba, São Paulo Brasil) como grupo controle. De acordo com a tabela 1.

Grupos	n	Tipo de NiTi	Fabricante	Especificação
1	6	Superelástico	Morelli	0.014`
2	6	Cosmético Azul	Tecnident	0.014`
3	6	Cosmético Amarelo	Tecnident	0.014`
4	6	Cosmético Laranja	Tecnident	0.014`
5	6	Cosmético Rosa	Tecnident	0.014`
6	6	Cosmético Roxo	Tecnident	0.014`
7	6	Cosmético Verde	Tecnident	0.014`
8	6	Cosmético Vermelho	Tecnident	0.014`
9	6	Estético	TP Orthodontics	0.014`
10	6	Estético	Trianeiro	0.014`
11	6	Estético	Tecnident	0.014`

Tabela 1. Divisão dos Grupos experimentais.

3.2. Método

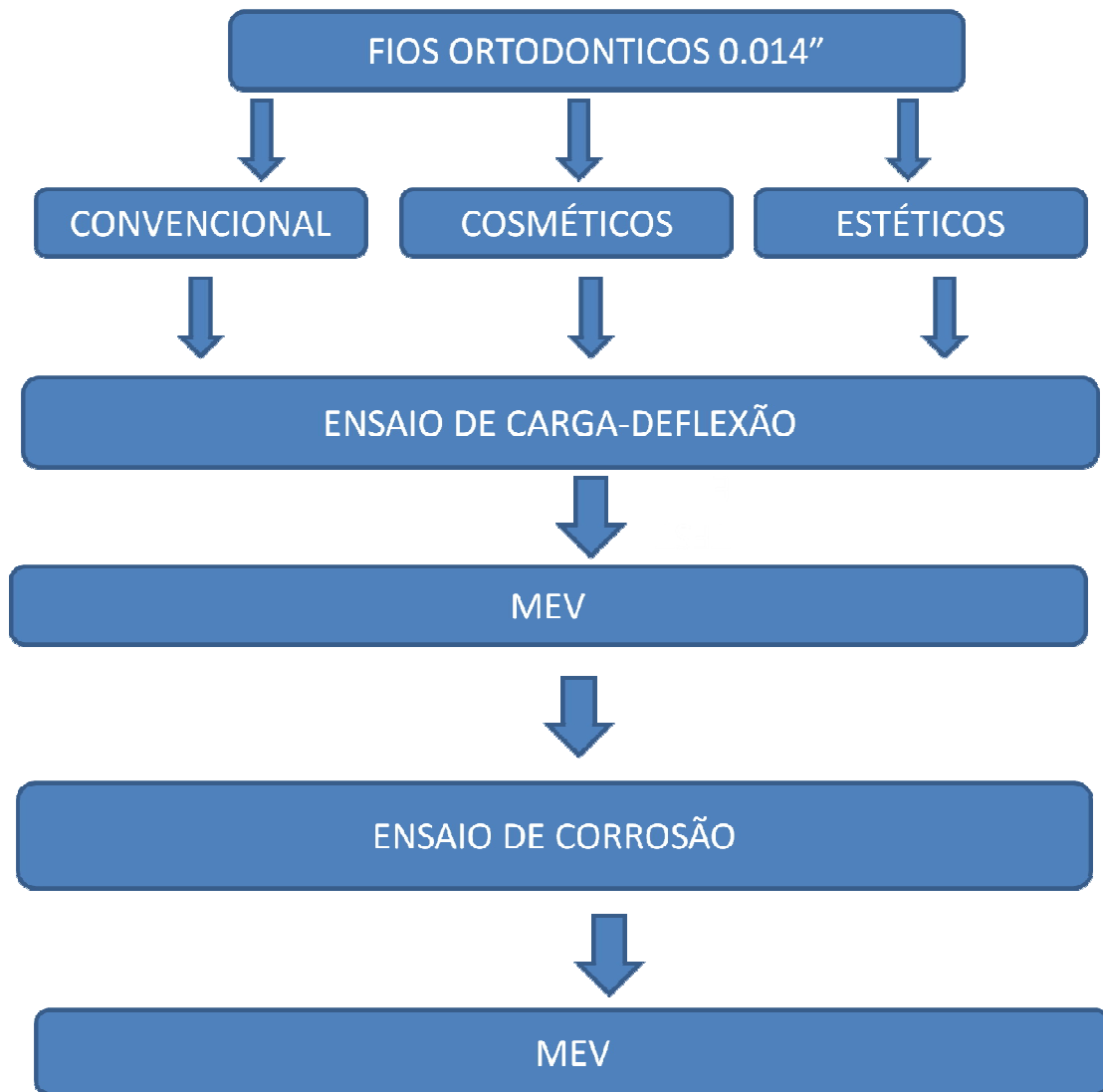


Figura 1. Fluxograma

3.2.1 Ensaio de carga-deflexão

Foram utilizados arcos ortodônticos de calibre 0,014" de secção redonda . Foram testados os fios de NiTi das marcas: Morelli, TP Orthodontics, Trianeiro e Tecnident. A amostra foi composta por segmentos de 20 mm, cortados da região posterior dos arcos, região mais retificada. (n=6).

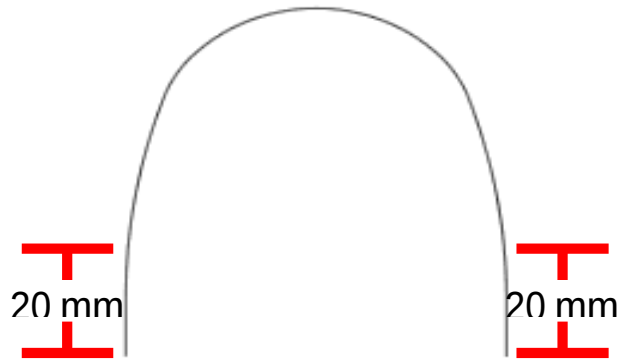


Figura 2. Espécime utilizado

Foram confeccionado para o ensaio mecânico um protótipo de metal com as seguintes dimensões: 20 mm na sua extensão, sendo a distância interbraquetes de 10mm. Foram fixados no protótipo braquetes ortodônticos autoligáveis passivos (Portia, 3M Unitek®). O braquete escolhido foi do incisivo central inferior, por sua reduzida dimensão, o que facilita sua colagem no porta amostra. A colagem foi feita utilizando um adesivo para metais Araldite Profissional 90 minutos (Brascola Ltda, Joinvile – SC, Brasil). No ato da colagem, os bráquetes foram alinhados e nivelados com fio retangular de aço (Morelli), de dimensão 0,021" x 0,025", e então aguardado o tempo para colagem, 90 minuto (Figura 2).

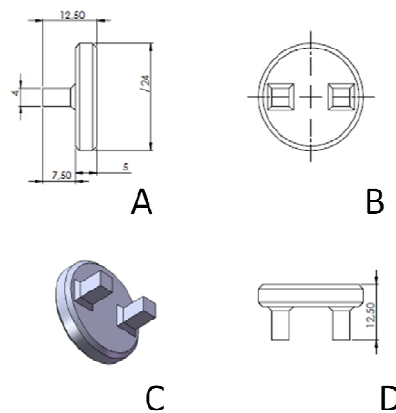


Figura 3. Vista do protótipo em: A vista sagital, B vista axial, C vista oblíqua e D vista horizontal.



Figura 4.O protótipo

Os ensaios de resistência à deflexão serão realizados no Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da UFG, em Goiânia-Go, por meio da máquina de ensaios universal modelo Instron 4411, com célula de carga de 50N.



Figura 5. Máquina de Ensaio Universal Instron



Figura 6. Ponta ativa Instron

Os fios foram posicionados nos bráquetes do dispositivo criado para o teste, sendo a carga a eles conferida pela ponteira acoplada à célula de carga. O dispositivo ortodôntico foi posicionado sobre a base de apoio, mantendo-o fixo do

início ao término dos ensaios. Cada liga será testada 6 vezes (6 ensaios por liga), de acordo com especificação internacional, DIN EM ISO 2006¹⁴.

A aplicação da força fio feita no centro do segmento do fio localizado no vão entre o dispositivo e a base. Para se garantir este ponto de aplicação de carga, com o suporte metálico posicionado, a ponteira fio levada até uma marca de referência feita para esta orientação antes do início de cada ensaio.

Após estes cuidados, a realização do ensaio fio realizada na máquina de ensaio Universal modelo Instron 5965 (Instron Corporation, Canton, Estados Unidos), equipada com célula de carga de 50N. A ponteira a ela acoplada, terá velocidade controlada de 1mm/minuto. Após o contato da ponteira com o corpo de prova, a leitora começará a registrar as cargas automaticamente por sistema de impressão, a cada 0,25 mm de deslocamento, até atingir o ponto de parada programado em 2,0mm.

As cargas conferidas aos corpos de prova são geradas da seguinte forma: a célula de carga, ao receber força, passa por uma distensão da sua resistência elétrica interna, gerando uma diferença de potencial proporcional à carga aplicada. A leitora digital faz a leitura destas medidas em uma unidade de resistência elétrica denominada microstrem (μ). Com os valores obtidos em microstrem (μ), uma equação de terceiro grau é usada na conversão destas medidas para newtons, de acordo com a fórmula que segue:

$$y = ax^3 + bx^2 + cx$$

y= força aplicada em newtons

x= módulo da leitura no indicador utilizado na medição

a,b,c = constantes de calibração da célula de carga

a= 2,40E - 13

b= -1,00E - 0,9

c= 2,87E - 0,3

Desta forma, foram aferida a carga para cada intervalo de 0,25mm, com precisão de milésimos de newtons, num deslocamento total de 2,0mm. Em seguida, após atingir o deslocamento máximo, a máquina Instron deslocará a célula de carga e a ponteira no sentido contrário, registrando, da mesma forma, os valores para o alívio de carga (descarga) em intervalos de 0,25mm (tabela 2).

Tabela 2 Tabela de deslocamento na carga e alívio de carga para testes realizados

Sentido	Deslocamento (mm)								
CARGA	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
DESCARGA	-	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0

Os valores medidos serão utilizados para a construção de gráficos de força x deflexão, tanto na aplicação, quanto no alívio de carga. Tais procedimentos serão realizados para todos os fios testados.

Os resultados obtidos gerarão gráficos de carga x deflexão, sendo que os valores serão submetidos à análise de desvio padrão e a testes de significância estatística.

3.2.2 Ensaio de corrosão

O teste de corrosão foi realizado no Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública (IPTSP) da UFG. Os fios serão pesados, esterilizados e colocados em tubos eppendorf estéreis (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) imersos em saliva artificial.

A saliva artificial possuirá um pH de $6,75 \pm 0,15$ com composição de 0,40 mg / L de NaCl, 0,40 mg / L de KCl, 0,80 mg / L de $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, e 1,0 mg / L de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ em água destilada e o pH foi ajustado e controlado com 10 N solução de NaOH (Hwang et al., 2001). A quantidade de saliva utilizado foi calculado por 1 mL de saliva artificial a 0,2 g dos fios.

Os fios foram mantidos em imersão e armazenados a 37°C em estufa de CO_2 por 30 e 60 dias. Para o grupo controle tubos contendo apenas saliva serão armazenados sobre as mesmas condições.

Após o período de imersão os fios serão lavados com água desionizada, secos e armazenados em tubos hermeticamente fechados. E a saliva com o extrato dos produtos corrosivos serão armazenados a 4°C para análise.

3.2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A avaliação das características superficiais dos fios de NiTi foram realizadas pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), realizadas no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução – LabMic, localizado no Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás. Os equipamentos utilizados foram o MEV JSM – 6610 (Jeol Ltd., Tóquio, Japão) equipado com módulo para Espectroscopia de Energia Dispersiva NSS Spectral Imaging (Thermo Fischer Scientific Inc., Waltham, Estados Unidos).

Para a obtenção das imagens por MEV, um segmento de cada marca foi fixado no porta-amostra com fita adesiva de dupla face. Foram obtidas imagens com magnificação de 250x, com o microscópio operando com tensão de 8 kV.

3.3 Análise dos dados

A análise estatística foi realizada pelo software *GraphPad Prism* versão 4.0. Os dados foram inicialmente analisados quanto à normalidade de distribuição, pelo teste *Kolmogorov–Smirnov*. Como a distribuição dos dados em cada grupo foi normal, foi utilizado o teste paramétrico ANOVA *one-way* e complementação com teste *Tukey* para as comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi $\alpha=0,05$.

4 ARTIGO

Os resultados serão apresentados no formato de um artigo científico que será submetido ao *Dental Press Journal of Orthodontics*, cujas normas de publicação encontram-se no ANEXO .

PROPRIEDADES MECÂNICAS E AVALIAÇÃO MICROSCÓPICA DE FIOS ORTODÔNTICOS DE NITI REVESTIDOS POR POLÍMERO.

Gaudyer Castro Di Ferreira ¹, Marcos Augusto Lenza ², João Batista de Souza ³, Fátima Dias ⁴, Natália Alberto Alves Brandão ⁵, Rogério Watanabe ⁶.

Objetivo: O objetivo do estudo foi analisar as propriedades mecânicas e analisar a superfície, dos fios revestidos por polímeros.

Materiais e métodos: Foram utilizados no estudo fios pré-contornados com dimensão de 0.014" de Niquel-Titânio (NiTi) das marcas: Tecident Equipamento Ortodonticos Ltda(São Carlos,São Paulo Brasil), TP Orthodontics (Indiana, EUA) , Trianeiro (Rio Claro, São Paulo Brasil) e fio NiTi Morelli (Sorocaba, São Paulo Brasil) como grupo controle. Os fios foram divididos aleatoriamente em 11 grupos (n=6).Foram realizado o teste de deflexão. Os fios foram imersos em saliva artificial por um período de 30 e 60 dias,para sofrer corrosão. Após a corrosão os fio também foram submetidos para a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Resultados:Foi utilizado o teste de variância ANOVA, onde foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os fios testados e os do grupo controle.Foram observadas imperfeições nas superfícies de todos os fio sendo que o fio da TP Orthodontics apresentou as maiores alterações.

Conclusões: O revestimento polimérico parece ser o responsável pelas alterações mecânicas e da superfície dos fios de NiTi.

Palavras-chave: Fios ortodônticos, propriedades superficiais, microscopia eletrônica de varredura.

1Mestrando em Clínica Odontológica-UFG

2Professor Titular em Ortodontia, Faculdade de Odontologia – UFG-GO

3Professor Titular do Departamento Reabilitação Oral , Faculdade de Odontologia-UFG-GO

4 Professora Adjunta do Departamento de Medicina Tropical e Saúde Pública- UFG-GO

5 Mestre em Medicina Tropical e Saúde Pública- UFG

6 Mestre em Ciências da Saúde UnB

Introdução

A aparência dos aparelhos ortodônticos é um fator significativo, muito avaliado pelos pacientes, pois o tratamento pode estender por meses ou anos¹. Enquanto crianças e adolescentes tendem a gostar de visibilidade no tratamento², pacientes jovens e adultos procuram por tratamentos mais discretos³.

Apesar dos fios ortodônticos serem os principais elementos ativos da aparelhagem utilizadas em Ortodontia⁵, eles não possuem uma estética agradável para alguns pacientes¹. Para atender ao desejo desse segmento de pacientes, a indústria e os profissionais tem realizado grande esforço na busca desses materiais⁴.

O primeiro fio ortodôntico estético foi o Optiflex daOrmco®, que era um fio revestido por uma camada de nylon resistente a mancha e no seu interior continha uma resina siliconada reforçada por sílica⁶. Houve também uma tentativa de desenvolver fios de fibra de vidro revestidos por uma camada polimérica^{7,8}, entretanto esse fios não tiveram uma boa aceitação pelo mercado, devido a sua fragilidade.

No início do século XXI, surgiram os primeiros fios estéticos de NiTi¹. Esse fios são revestidos por uma camada de material polimérico, geralmente resina epóxi ou de teflon dando aos fios metálicos uma aparência mais estética^{1,6,7}. E recentemente essa mesma tecnologia também permitiu agregar diversos tipos de cores aos fios ortodônticos. O objetivo do desse estudo foi avaliar as propriedades mecânicas e a superfície dos fios revestidos com polímeros.

Material é método

Foram utilizados no estudo fios pré-contornados com dimensão de 0.014" de Níquel-Titânio (NiTi) das marcas: Tecident Equipamento Ortodonticos Ltda(São Carlos,São Paulo Brasil), TP Orthodontics (Indiana, EUA) , Trianeiro (Rio Claro, São Paulo Brasil) e fio NiTi Morelli (Sorocaba, São Paulo Brasil) como grupo controle. De acordo com a tabela 1.

Para o ensaio mecânico foi confeccionado um protótipo de metal com as seguintes dimensões: 20 mm na sua extensão, sendo a distância interbraquetes de 10mm. Foram fixados no protótipo braquetes ortodônticos autoligáveis passivos (Portia, 3M Unitek®). A colagem foi feita utilizando um adesivo para metais Araldite Profissional 90 minutos (Brascola Ltda, Joinville – SC, Brasil).No ato da colagem, os bráquetes foram

alinhados e nivelados com fio retangular de aço (Morelli), de dimensão 0,021" x 0,025", e então aguardado o tempo para colagem, 90 minuto (Figura 1).

Os ensaios de resistência à deflexão serão realizados no Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da UFG, em Goiânia-Go, por meio da máquina de ensaios universal modelo Instron 4411, com célula de carga de 50N.

Os fios foram cortados em seguimentos de 20mm, na região mais posterior, e posicionados nos braquetes do dispositivo criado para o teste, sendo a carga a eles conferida pela ponteira acoplada à célula de carga. O dispositivo ortodôntico foi posicionado sobre a base de apoio, mantendo-o fixo do início ao término dos ensaios. Cada liga será testada 6 vezes (6 ensaios por liga), de acordo com especificação internacional, DIN EM ISO 2006⁹.

Afim de assegurar que todos os fios seriam testados em uma temperatura constante, eles foram imersos em água com a temperatura controlado por um termostato (INOVA, Caxias do Sul/RS, Brasil) regulado a 36,5°C.

Para o teste de corrosão os fios foram pesados, esterilizados e colocados em tubos eppendor estéril (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) imersos em saliva artificial. A saliva artificial possuía um pH de $6,75 \pm 0,15$ com composição de 0,40 mg / L de NaCl, 0,40 mg / L de KCl, 0,80 mg / L de $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, e 1,0 mg / L de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ em água destilada e o pH foi ajustado e controlado com 10 N solução de NaOH (Hwang et al., 2001). A quantidade de saliva utilizado foi calculado por 1 mL de saliva artificial a 0,2 g dos fios. Os fios foram mantidos em imersão e armazenados a 37° C em estufa de CO_2 por 30 e 60 dias.

A avaliação das características superficiais dos fios de NiTi foram realizadas pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O equipamento utilizado foi o MEV JSM – 6610 (Jeol Ltd., Tóquio, Japão). Para a obtenção das imagens por MEV, um segmento de cada marca foi fixado no porta-amostra com fita adesiva de dupla face. Foram obtidas imagens com magnificação de 250x, com o microscópio operando com tensão de 8 kV.

Resultados

Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo comparadas as diferenças entre os tipos de fios nos deslocamentos de desativação de 2mm, 1,5mm, 1mm e 0,5mm.

Os resultados encontrados estão apresentados na tabela II, os quais foram avaliados comparando-se a liberação de energia de cada tipo de fio dentro de um

mesmo deslocamento. Durante todo o teste houve uma grande variação na liberação de energia em todos os períodos de desativação.

Para avaliar as características das superfícies qualitativamente dos fios em relação a presença de imperfeições e de possíveis áreas de corrosões. Os fios foram examinados sob microscopia eletrônica de varredura (MEV). As imagens descritas baseadas na análise visual da morfologia externa dos fios ressaltando a presença de irregularidades.

O fio que apresentou as maiores imperfeições na superfície, tanto antes a quanto após o teste de corrosão foi o fio estético da TP Orthodontics (Figura 2). Seguido do fio estético Trianeiro (Figura 3) e dos fios estéticos e cosméticos da Tecnident) (Figuras 4 e 5. O fio que apresentou as menores irregularidades na superfície foram os fios da Morelli (Figura 6).

Discussão

A escolha do fio ortodôntico é de grande importância para o bom andamento do tratamento. O desempenho do fio depende de sua composição e da geometria em corte transversal¹⁰. Arcos de menor calibre são escolhidos nas fases iniciais do tratamento por liberarem menor quantidade de força, entretanto não permitem um controle adequado da movimentação dentária^{10,11}.

O presente trabalho analisou fios 0.014" por serem os fios mais utilizados nas fases iniciais do tratamento ortodôntico^{11,12,13,14}. Entretanto foram encontrados estudos, onde o teste de deflexão foi realizado em fios de espessura de 0,016" ^{3,15}, fios 0.018" ¹⁶, fio 0.016x0.022" ^{1,10}, 0.017x0.025" ¹⁷, 0.019x0.025" ¹⁸ e até mesmo 0.021x0.025" ²³. Apesar dos fios de NiTi convencionais apresentarem uma liberação de forças leves e constantes, o aumento do calibre de 0.014" para 0.016", mesmo em pequenas deflexões(1,5mm), mostram excesso de força durante a ativação de 4N ^{12,18}. Esta grande variação mostra que falta padronização nos estudos de deflexão com fios ortodônticos.

Contudo, a escolha do teste de carga deflexão para avaliação das propriedades mecânicas dos fios foi baseada na literatura^{9,13,19,20,21}, devido as vantagens que este teste oferece que são: a sua elevada reprodutibilidade, a sua simulação para aplicação clínica e sua capacidade de diferenciar fios com propriedades superelásticas¹⁰. Por outro lado Segner e Ibe ²² alegaram que este teste não pode ser aplicado facilmente a situações clínicas uma vez que a carga aplicada ao dente depende da composição do fio, distancia interbraquetes e no momento de

deflexão do fio. Também procuramos utilizar braquetes autoligados passivos para evitar a variável atrito ^{14,24} que braquetes autoligados interativos e que as ligaduras elástica poderiam causar.

O módulo de elasticidade corresponde a rigidez do material^{8,12}. Aumento dos valores indicam fios mais rígidos. Resiliência é a capacidade de um material armazenar energia quando deformado ^{17,25}. Para o ortodontista essa informação é importante pois indica quanto de energia é liberada, quando um fio sofre uma deformação. O presente estudo mostra uma grande variação das propriedades mecânicas de fios revestidos em relação ao grupo controle (Tabela II). Alguns fios apresentaram maior rigidez e resiliência. Enquanto outros fios, o módulo de elasticidade e a resiliência, ficaram abaixo em relação ao grupo controle. Silva et al.¹⁰, Iijima et al.²³ encontraram resultados semelhantes, mesmo usando fios de secção retangular. Os fios da TP (grupo ...) foi o único que apresentou resultado semelhantes aos fios do grupo controle, indo de encontro aos trabalhos ^{10,25}.

A cobertura dos fios ortodônticos podem ser de resina epóxi ou teflon. O processo de fabricação é por incrustação. Nesse processo o fio sofre aquecimento e micro-porosidades, o que permite uma forte adesão do fio a cobertura polimérica¹². Talvez isso explique a grande variação nas propriedades mecânicas dos fios estudados^{1,10,25}. O fio da TP foi o que apresentou menor alteração nas propriedades mecânicas, pois só na parte vestibular do fio apresenta a camada polimérica ^{10,25}.

No presente trabalho, também, foram analisada as características superficiais de fios ortodônticos cosméticos e estéticos imersos em saliva artificial por 30 e 60 dias. As características de superfície podem influenciar na características mecânicas, aparência estética, comportamento de corrosão e ou sua biocompatibilidade. Clinicamente uma superfície áspera favorece o acúmulo de placa, altera a fricção, aumenta a corrosão e estabilidade de cor ²⁵. Entretanto Kim et al. afirmam que fios com revestimento podem diminuir o acumulo de placa a curto prazo ²⁶.

A investigação qualitativa pelo MEV, mostrou irregularidades presentes na camada de revestimento dos fios analisados. Mesmo resultados foram encontrados no estudo de Silva et al ²⁵, onde os fios com revestimentos mostram maiores irregularidades em suas superfícies ¹. Os fios da Morelli (grupo controle) e da Tecnident foram os que apresentaram menores irregularidades em sua superfície, seguidos dos fios da Trianeiro e TP.

Conclusões :

O revestimento polimérico parece ser o responsável pelas alterações mecânicas nas propriedades dos fios.

Não existe uma padronização no comportamento mecânico dos fios revestidos por polímeros.

Houve uma maior presença de irregularidades na superfície dos fios revestidos por polímeros.

Referências

- 1 Quintão CCA, Brunharo IHVP. Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2009;14(6):144-157.
- 2 Walton DK, Fields HW, Johnston WM, Rosentiel SF, Firestone AR, Christensen JC. Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138(6):698e1-12.
- 3 Zhang M, McGrath C, Hägg U. Changes in oral health-related quality of life during the fixed orthodontic appliance therapy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;133(1):25-9.
- 4 Capelli Junior J, Teixeira OAB, Medeiros RB. Quais são as expectativas estéticas e funcionais negativas dos pacientes em relação ao tratamento ortodôntico? Rev Clin Ortod Dental Press. 2014;13(4)10-18.
- 5 Vijayalakshmi RD, Nagachandran KS, Kummi P, Jayakumar PA. Comparative evaluation of metallurgical properties of stainless steel and TMA archwires with timolium and titanium niobium archwires - and in vitro study. Indian J Dent, 2009;.20(4);:448-42,.
- 6 Talass MF. Optiflex archwire treatment of a skeletal class III open bite. J Clinic Orthod. 1992;26:245-252.
- 7 Fallis DW, Kusy RP. Variation in flexural properties of photopultruded composite archwires: analyses of round and rectangular profiles. J Mater Sci Mater Med. 2001;11:683-693.
- 8 Imai T, Watari F, Yamagata S, Kobayashi M, Nagayama K, Nakamura S. Effects of water immersion on mechanical properties of new esthetic orthodontic wire. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;116:553-538.
- 9 DIN EN ISO 15841. Dentistry - wires for use in Orthodontics. Berlin:Beuth Verlag; 2006.
- 10 Silva et al. Cross-section dimensions and mechanical properties of esthetic orthodontic coated archwires. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013; 143:S85-93.

- 11 Juvvadi SR, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan AB. Physical, mechanical, and flexural properties of 3 orthodontic wires: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:623-30.
- 12 Rock WP, Orth D, Wilson HJ, Tech M, Chem C. Forces exerted by orthodontic aligning archwires. *Brit J Orthod*. 1988;15(4):55-9.
- 13 Gurgel JA, Kerr S, Powers JM, LeCrone V. Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires. *Am J Orthod* 2001; 120(4): 378-382.
- 14 Damon DH. The Damon low-friction brackets: a biologically compatible straight-wire system. *J Clin Orthod*. 1998;32(11):670-80.
- 15 Stump_ ASG, Mundstock KS, Mundstock D, Mundstock CA. In vitro force delivery of nickel-titanium superelastic archwires in vertical displacement. *Dental Press J Orthod*. 2012;17(6):26-30.
- 16 Gravina MA, Canavarro C, Elias CN, Chaves MGAM, Brunharo IHVP, Quintão CCA. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi wires used in orthodontic treatment. Part 2: Microscopic surface appraisal and metallurgical characteristics. *Dental Press J Orthod*. 2014;19(1):69-76.
- 17 Gurgel JA, Ramos AL, Kerr SD. Fios Ortodônticos. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2001;6(4):103-14.
- 18 Schemann-Miguel F, Cotrim-Ferreira F, Strega AM, Chaves AVOA, Ferreira AC. Comparative analysis of the load / deflection ratios of NiTi conventional and heat-activated rectangular NiTi wires. *Dental Press J Orthod*. 2012;17(3):35.e1-6.
- 19 Elias CN, Lopes HP. *Materiais dentários: ensaios mecânicos*. São Paulo: Ed. Santos; 2007.
- 20 Bartzela TN, Senn C, Wichelhaus A. Load-deflection characteristics of superelastic nickel-titanium wires. *Angle Orthod* 2007;77(6):991-8.
- 21 Segner D, Ibe D. Properties of superelastic wires and their relevance to orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1995; 17(5): 395-402.
- 22 Iijima et al. Effect of coating on properties of esthetic orthodontic nickel-titanium wires. *Angle Orthod*. 2012;82:319-325.
- 23 Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Mechanical properties of coated superelastic archwires in conventional and self-ligating orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:213-7.
- 24 Quintão CCA, Brunharo IHVP. Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2009;14(6):144-157.
- 25 Silva DL, Mattos CT, Simão RA, Ruellas ACO. Coating stability and surface characteristics of esthetic orthodontic coated archwire. *Angle Orthod*. 2013;83:994-1001.

26 Kim IH, Park HS, Kim YK, Kim KH, Kwon. Comparative short-term in vitro analysis of mutans streptococci adhesion on esthetic, nickel-titanium, and stainless-steel archwires. Angle Orthod. 2014;84:680-86.

Tabela I Divisão dos Grupos

Grupos	n	Tipo de NiTi	Fabricante	Especificação
1	6	Superelástico	Morelli	0.014`
2	6	Cosmético Azul	Tecnident	0.014`
3	6	Cosmético Amarelo	Tecnident	0.014`
4	6	Cosmético Laranja	Tecnident	0.014`
5	6	Cosmético Rosa	Tecnident	0.014`
6	6	Cosmético Roxo	Tecnident	0.014`
7	6	Cosmético Verde	Tecnident	0.014`
8	6	Cosmético Vermelho	Tecnident	0.014`
9	6	Estético	TP Orthodontics	0.014`
10	6	Estético	Trianeiro	0.014`
11	6	Estético	Tecnident	0.014`

Tabela II - Média do estresse liberado pelos diferentes fios e comparação com

	Grupos										
	Controle	Azul	Amarelo	Laranja	Rosa	Roxo	Verde	Vermelho	TP	Trianeiro	Tecnident
2mm	282	369*	339*	222*	201*	316*	252*	216*	309*	369*	259*
1,5mm	124	75*	64*	204*	185*	237*	168*	229*	137*	75*	170*
1mm	78	85*	55*	148*	148*	245*	149*	225*	81	63*	148*
0,5mm	50	47*	52*	136*	136*	218*	131*	193*	51	54*	129*

o grupo controle dentro de um mesmo deslocamento.

*Diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$)

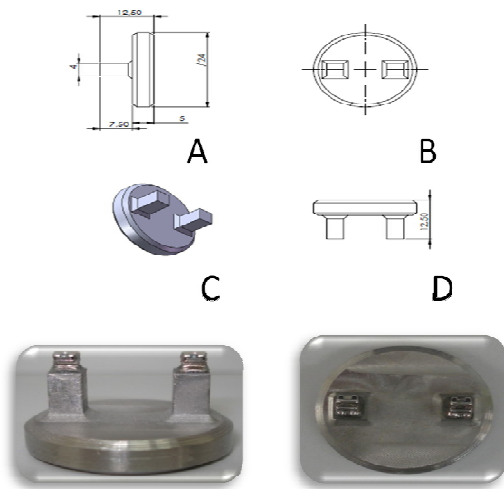


Figura 1 O protótipo: A vista sagital, B vista axial, C vista oblôqua e D vista horizontal.

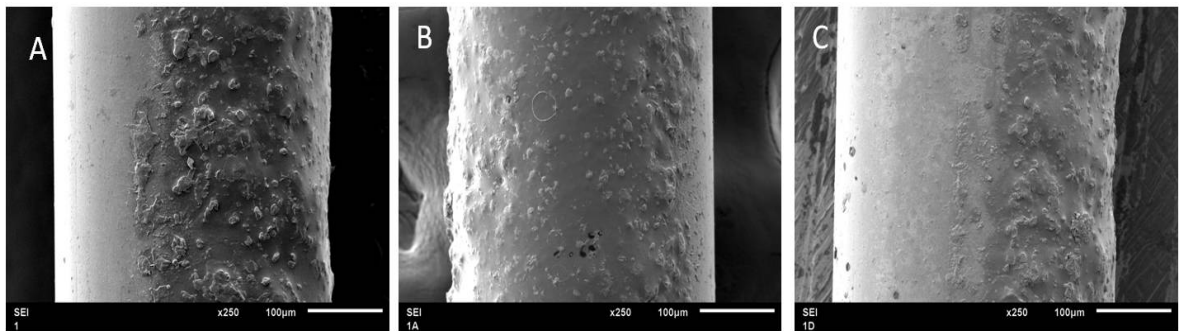


Figura 2 Fio estético TP Orthodontics. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).

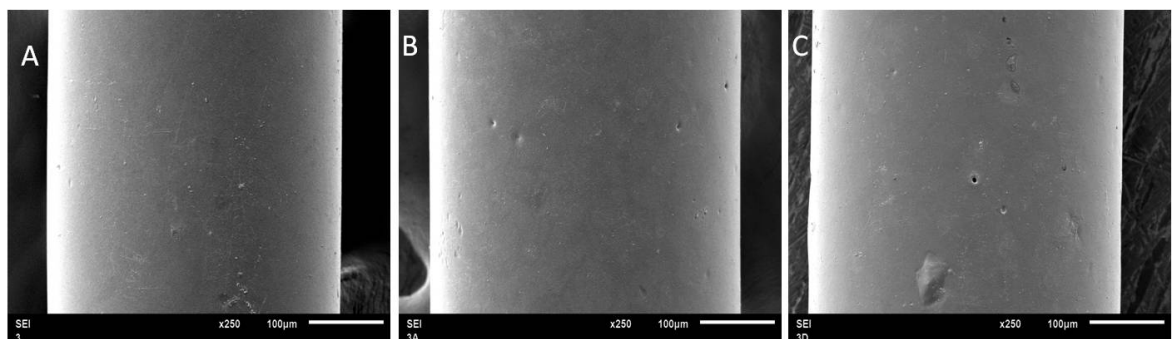


Figura 3 Fios estético Trianeiro. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).

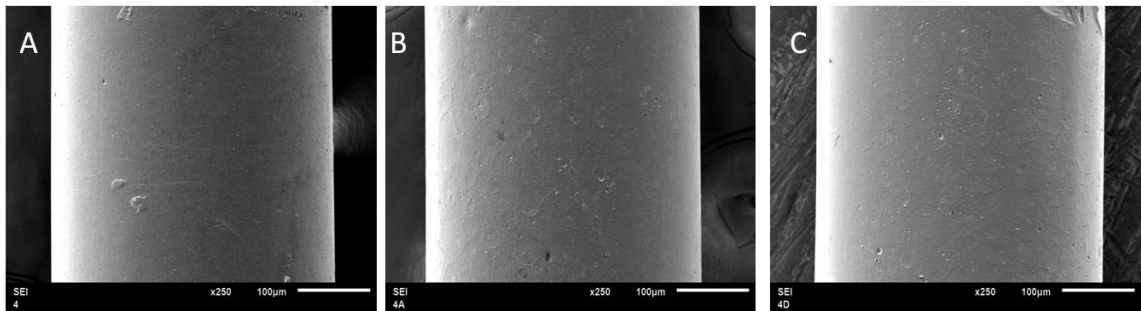


Figura 4 Fios estético Tecnident. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).

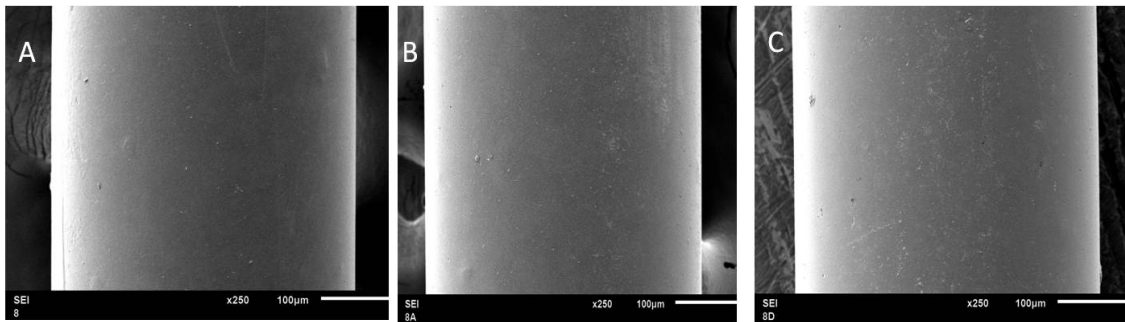


Figura 5 Fios Cosmético Tecnident. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).

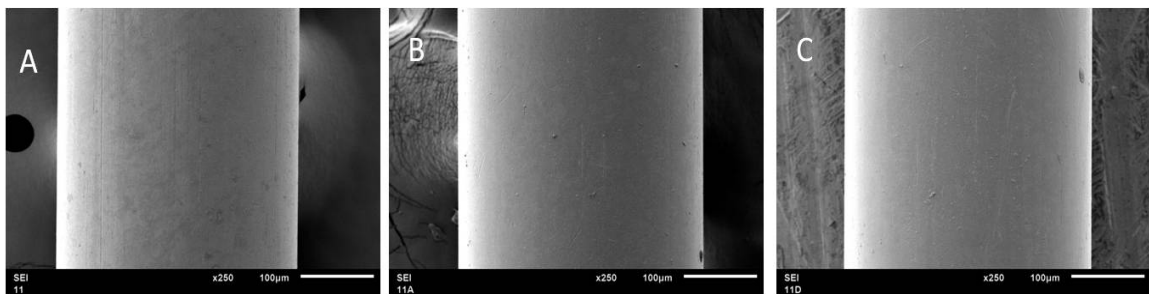


Figura 6 Fios convencionais de NiTi Morelli. Em A antes da imersão (aumento de 250x); em B 30 dias (250x); em C 60 dias (250x).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na metodologia empregada no presente estudo, é possível concluir que:

- Os fios de NiTi revestidos por polímeros não apresentaram o mesmo comportamento mecânico dos fios de NiTi convencionais.
- Houve grande diferença das características superficiais dos fios de NiTi revestidos com a dos fios de NiTi convencionais.

REFERÊNCIAS

- 1 Quintão CCA, Brunharo IHVP. Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2009;14(6):144-157.
- 2 Walton DK, Fields HW, Johnston WM, Rosentiel SF, Firestone AR, Christensen JC. Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138(6):698e1-12.
- 3 Zhang M, McGrath C, Hägg U. Changes in oral health-related quality of life during the fixed orthodontic appliance therapy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;133(1):25-9.
- 4 Capelli Junior J, Teixeira OAB, Medeiros RB. Quais são as expectativas estéticas e funcionais negativas dos pacientes em relação ao tratamento ortodôntico? Rev Clin Ortod Dental Press. 2014;13(4):10-18.
- 5 Vijayalakshmi RD, Nagachandran KS, Kummi P, Jayakumar PA. Comparative evaluation of metallurgical properties of stainless steel and TMA archwires with timolium and titanium niobium archwires - and in vitro study. Indian J Dent, 2009;.20(4);:448-42,.
- 6 Talass MF. Optiflex archwire treatment of a skeletal class III open bite. J Clinic Orthod. 1992;26:245-252.
- 7 Fallis DW, Kusy RP. Variation in flexural properties of photopultruded composite archwires: analyses of round and rectangular profiles. J Mater Sci Mater Med. 2001;11:683-693.
- 8 Imai T, Watari F, Yamagata S, Kobayashi M, Nagayama K, Nakamura S. Effects of water immersion on mechanical properties of new esthetic orthodontic wire. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;116:553-538.
- 9 Andreasen GF, Hilleman TB. An evolution of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics. J Am Dent Assoc. 1971;82(6):1373-5.
- 10 Kusy RP. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. Angle Orthod, 1997;67(3):197-208.
- 11 Miura F, Mogi M, Ohura Y, Hamanaka H. The super-elastic property of Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986;90(1):1-10.
- 12 Burstone CJ, Qin B, Morton JY. Chinese NiTi wire: a new orthodontic alloy. Am J Orthod. 1985;87(6):445-52.
- 13 Gravina MA, Canavarro C, Elias CN, Chaves MGAM, Brunharo IHVP, Quintão CCA. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi wires used in orthodontic

- treatment. Part 2: Microscopic surface appraisal and metallurgical characteristics. *Dental Press J Orthod*. 2014;19(1):69-76.
- 14 DIN EN ISO 15841. Dentistry - wires for use in Orthodontics. Berlin:Beuth Verlag; 2006.
 - 15 Husmann P, Bourauel J, Wessinger M, Jäger A. The frictional behavior of coated guiding archwires. *J Orofac Orthop*. 2002;63:199-211.
 - 16 Silva et al. Cross-section dimensions and mechanical properties of esthetic orthodontic coated archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 143:S85-93.
 - 17 Juvvadi SR, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan AB. Physical, mechanical, and flexural properties of 3 orthodontic wires: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:623-30.
 - 18 Rock WP, Orth D, Wilson HJ, Tech M, Chen C. Forces exerted by orthodontic aligning archwires. *Brit J Orthod*. 1988;15(4):55-9.
 - 19 Gurgel JA, Kerr S, Powers JM, LeCrone V. Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires. *Am J Orthod* 2001; 120(4): 378-382.
 - 20 Damon DH. The Damon low-friction brackets: a biologically compatible straight-wire system. *J Clin Orthod*. 1998;32(11):670-80.
 - 21 Stump ASG, Mundstock KS, Mundstock D, Mundstock CA. In vitro force delivery of nickel-titanium superelastic archwires in vertical displacement. *Dental Press J Orthod*. 2012;17(6):26-30.
 - 22 Gravina MA, Canavaro C, Elias CN, Chaves MGAM, Brunharo IHVP, Quintão CCA. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi wires used in orthodontic treatment. Part 2: Microscopic surface appraisal and metallurgical characteristics. *Dental Press J Orthod*. 2014;19(1):69-76.
 - 23 Gurgel JA, Ramos AL, Kerr SD. Fios Ortodônticos. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2001;6(4):103-14.
 - 24 Schemann-Miguel F, Cotrim-Ferreira F, Strevia AM, Chaves AVOA, Ferreira AC. Comparative analysis of the load / deflection ratios of NiTi conventional and heat-activated rectangular NiTi wires. *Dental Press J Orthod*. 2012;17(3):35.e1-6.

- 25 Goldberg AJ et al. Viscoelastic properties of an aesthetic translucent orthodontic wire. *Eur J Orthod*. 2011;33:673-78.
- 26 Elias CN, Lopes HP. *Materiais dentários: ensaios mecânicos*. São Paulo: Ed. Santos; 2007.
- 27 Bartzela TN, Senn C, Wichelhaus A. Load-deflection characteristics of superelastic nickel-titanium wires. *Angle Orthod* 2007;77(6):991-8.
- 28 Segner D, Ibe D. Properties of superelastic wires and their relevance to orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1995; 17(5): 395-402.
- 29 Iijima et al. Effect of coating on properties of esthetic orthodontic nickel-titanium wires. *Angle Orthod*. 2012;82:319-325.
- 30 Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Mechanical properties of coated superelastic archwires in conventional and self-ligating orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:213-7.
- 31 Quintão CCA, Brunharo IHVP. Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2009;14(6):144-157.
- 32 Silva DL, Mattos CT, Simão RA, Ruellas ACO. Coating stability and surface characteristics of esthetic orthodontic coated archwire. *Angle Orthod*. 2013;83:994-1001.
- 33 Kim IH, Park HS, KimmYK, Kim KH, Kwon. Comparative short-term in vitro analysis of mutans streptococci adhesion on esthetic, nickel-titanium, and stainless-steel archwires. *Angle Orthod*. 2014;84:680-86.

APÊNDICE

Gráfico 1 Gráfico de barras para deslocamento de 0,5mm.

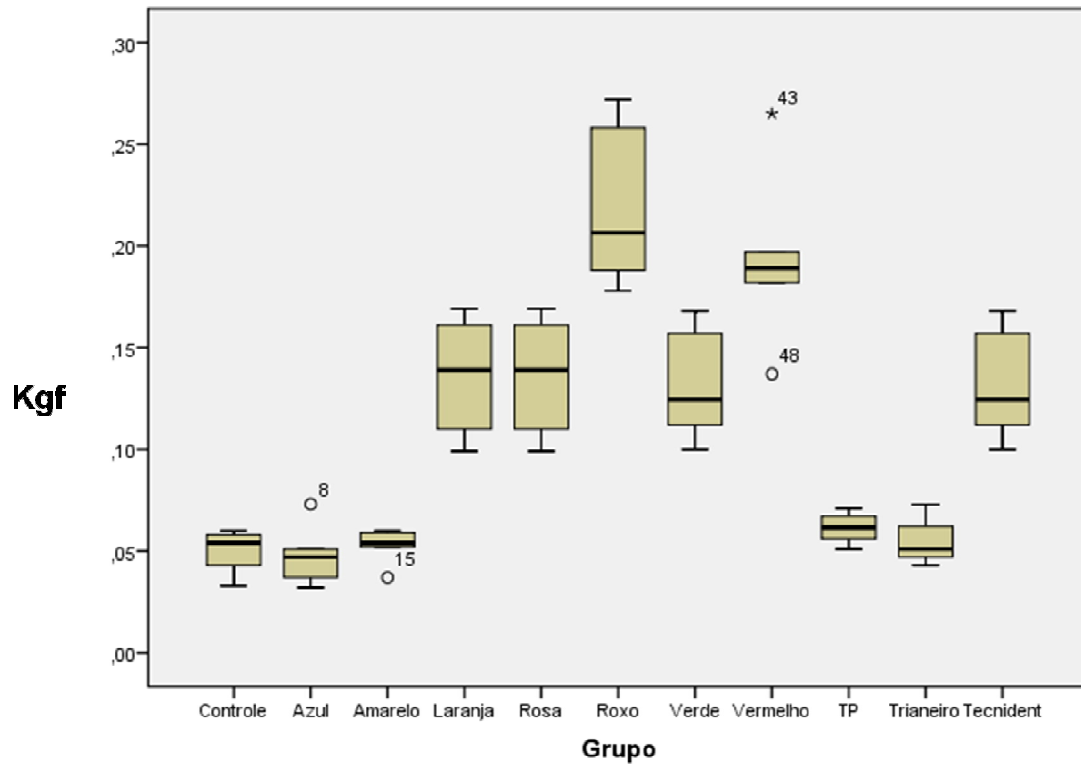


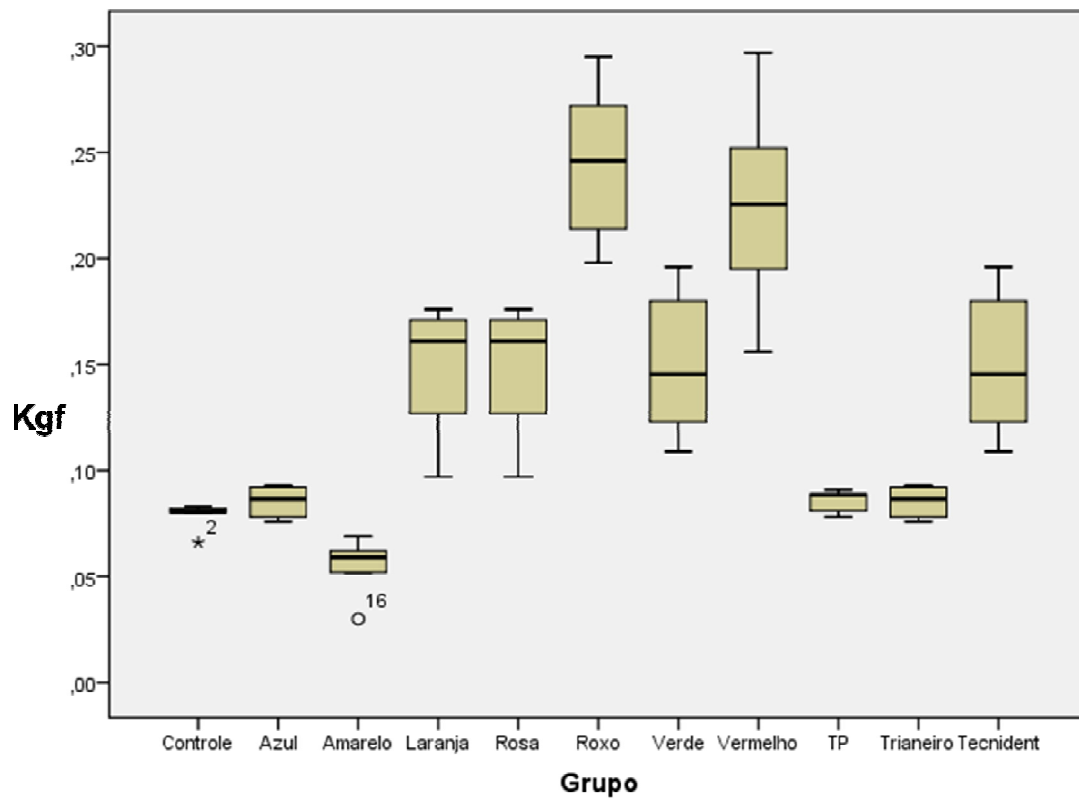
Gráfico 2 Gráfico de barras para deslocamento de 1mm

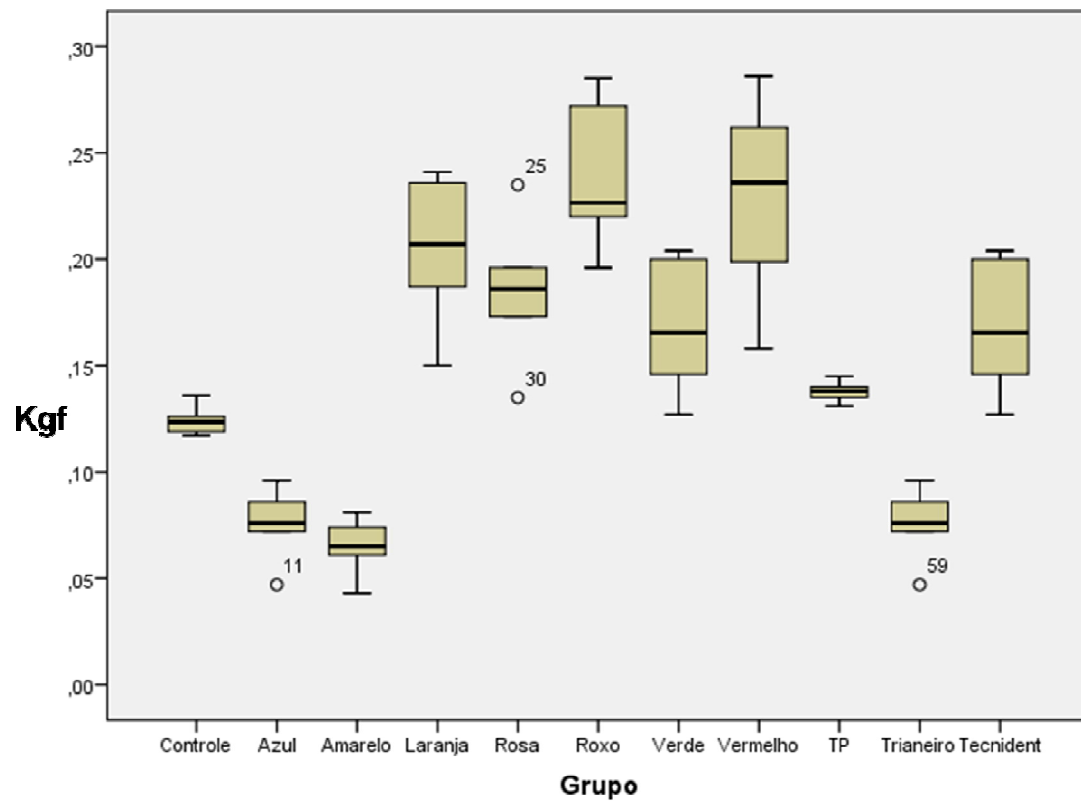
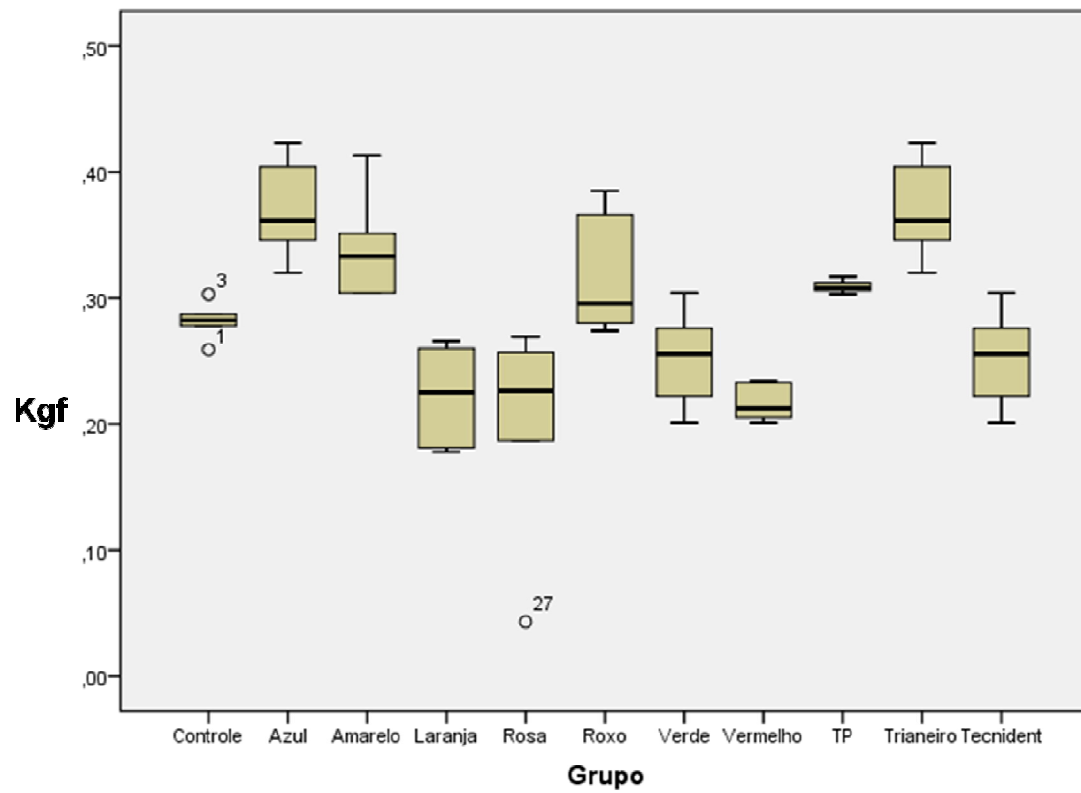
Gráfico 3 Gráfico de barras para deslocamento de 1,5mm

Gráfico 4 Gráfico de barras para deslocamento em 2mm

ANEXO

Anexo A

Normas de publicação revista SPO Ortodontia

A revista OrtodontiaSPO adota o sistema Vancouver (Sistema Numérico de Citação), visando à padronização universal de expressões científicas nos trabalhos publicados.

Como enviar os trabalhos

Os autores podem submeter seus trabalhos por dois canais:

- **Sistema Ciência Mercúrio:** por meio da ferramenta eletrônica, o autor preenche os campos delimitados, já dentro das normas, e pode acompanhar o status de aprovação do trabalho. Acesso pelo link: <http://inpn.com.br/sistemamercurio>.

- **E-mail:** o autor pode enviar o trabalho para: revista@ortodontiaspo.com.br.

Em caso de dúvida, entre em contato com a redação da OrtodontiaSPO , pelo telefone (11) 2168-3400 ou pelo e-mail revista@ortodontiaspo.com.br.

Os trabalhos enviados que não seguirem rigorosamente as Normas de Publicação serão devolvidos automaticamente.

Notas prévias

APRESENTAÇÃO

A Nota Prévia deverá conter: título em português e inglês, nome(s) e titulação do(s) autor(es), resumo/abstract, unitermos/key words, introdução e/ou proposição, material e métodos, discussão, conclusão e referências bibliográficas. O autor deverá enviar o Termo de Cessão de Direitos Autorais de acordo com o item 2.7.1. Para a publicação deverão ser observados os itens das "Normas de Publicação".

Limites: texto com, no máximo, 5.000 caracteres (com espaços), 3 imagens com legendas concisas, uma tabela pequena e 5 referências bibliográficas.

Revisão/edição: os trabalhos serão revisados pelo editor científico e um parecerista do Conselho Científico, especialista na área do artigo. O editor se reserva o direito de editar os trabalhos para melhorar a clareza e compreensão dos leitores.

Aderência às Normas de Publicação: trabalhos não preparados de acordo com as normas serão devolvidos aos autores antes do processo de revisão.

Introdução: resumir o princípio e o propósito do estudo, fornecendo apenas as referências pertinentes. Mostre claramente a hipótese testada.

Material e métodos: apresente detalhes suficientes para permitir a confirmação das observações. Métodos publicados deverão ser referenciados e discutidos brevemente, à menos que hajam modificações. Indique os métodos estatísticos, quando aplicável.

Resultados: apresente em ordem sequencial no texto, tabela e ilustrações. Não repita no texto todos os dados das tabelas e ilustrações; enfatize apenas observações importantes.

Discussão: enfatize os aspectos novos e importantes e as conclusões que se seguem. Não repita em detalhes dados ou outro material fornecido na Introdução ou nos Resultados. Compare suas observações com outros estudos relevantes; aponte as implicações e limitações.

Conclusão: faça de forma a reforçar ou refutar a hipótese.

Agradecimentos: pessoas com contribuições substanciais ao trabalho. Especifique patrocinadores, agências de fomento (citando número do processo). Inclua uma declaração se existe ou não interesse ou vínculo comercial dos autores com o trabalho.

Referências bibliográficas: siga rigorosamente as normas de citação numérica Vancouver; as referências são de inteira responsabilidade dos autores.

NORMAS DE PUBLICAÇÃO

1. OBJETIVO

A revista **OrtodontiaSPO**, de periodicidade bimestral, destina-se à publicação de trabalhos inéditos de pesquisa aplicada, bem como artigos de atualização, relatos de casos clínicos e revisão da literatura na área de Implantodontia e de especialidades multidisciplinares que a envolvam.

2. NORMAS

2.1. Os trabalhos enviados para publicação devem ser inéditos, não sendo permitida a sua apresentação simultânea em outro periódico.

2.2. Os trabalhos deverão ser enviados via e-mail ou correio.

2.2.1. No caso de envio por correio, o arquivo deverá ser gravado em CD, em formato DOC, acompanhado de uma cópia em papel, com informações para contato (endereço, telefone e e-mail do autor responsável). O CD deverá estar com a identificação do autor responsável, em sua face não gravável, com caneta retroprojektor.

2.2.2. No caso de envio por e-mail, é necessário colocar no assunto da mensagem o título do trabalho, além de especificar no corpo do e-mail, em tópicos, o que está sendo enviado.

2.3. O material enviado, uma vez publicado o trabalho, não será devolvido.

2.4. A revista **OrtodontiaSPO** reserva todos os direitos autorais do trabalho publicado.

2.5. A revista **OrtodontiaSPO** receberá para publicação trabalhos redigidos em português.

2.6. A revista **OrtodontiaSPO** submeterá os originais à apreciação do Conselho Científico, que decidirá sobre a sua aceitação. Os nomes dos relatores/avaliadores permanecerão em sigilo e estes não terão ciência dos autores do trabalho analisado.

2.7. O trabalho deverá ser enviado juntamente com o Termo de Cessão de Direitos Autorais e Formulário de Conflito de Interesses, assinados pelo(s) autor(es) ou pelo autor responsável, conforme modelo encontrado nessa página.

2.8. As informações contidas no Formulário de Conflito de Interesses deverão ser acrescentadas ao final do artigo, em forma de texto, como Nota de Esclarecimento. Exemplo: Nota de esclarecimento Nós, os autores deste trabalho, não recebemos apoio financeiro para pesquisa dado por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Nós, ou os membros de nossas famílias, não recebemos honorários de consultoria ou fomos pagos como avaliadores por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não possuímos ações ou investimentos em organizações que também possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Não recebemos honorários de Como enviar seus trabalhos apresentações vindos de organizações que com fins lucrativos possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não estamos empregados pela entidade comercial que patrocinou o estudo e também não possuímos patentes ou royalties, nem trabalhamos como testemunha especializada, ou realizamos atividades para uma entidade com interesse financeiro nesta área.

2.9. Os trabalhos desenvolvidos em instituições oficiais de ensino e/ou pesquisa deverão conter no texto referências à aprovação pelo Comitê de Ética. A

experimentação envolvendo pesquisa com humanos deve ser conduzida de acordo com princípios éticos (Declaração de Helsinki, versão 2008 – <http://www.wma.net/en/20activities/10ethics/10helsinki/index.html>).

2.10. Todos os trabalhos com imagens de pacientes, lábios, dentes, faces etc., com identificação ou não, deverão conter cópia do Formulário de Consentimento do Paciente, assinado por este.

3. APRESENTAÇÃO

3.1. Estrutura

3.1.1. **Trabalhos científicos** (pesquisas, artigos e teses) – Deverão conter título em português, nome(s) do(s) autor(es), titulação do(s) autor(es), resumo, unitermos, introdução e/ou revisão da literatura, proposição, material(ais) e método(s), resultados, discussão, conclusão, nota de esclarecimento, título em inglês, resumo em inglês (abstract), unitermos em inglês (key words) e referências bibliográficas. Limites: texto com, no máximo, 35.000 caracteres (com espaços), 4 tabelas ou quadros e 20 imagens (sendo, no máximo, 4 gráficos e 16 figuras).

3.1.2. **Revisão da literatura** – Deverão conter título em português, nome(s) do(s) autor(es), titulação do(s) autor(es), resumo, unitermos, introdução e/ou proposição, revisão da literatura, discussão, conclusão, nota de esclarecimento, título em inglês, resumo em inglês (abstract), unitermos em inglês (key words) e referências bibliográficas. Limites: texto com, no máximo, 25.000 caracteres (com espaços), 10 páginas de texto, 4 tabelas ou quadros e 20 imagens (sendo, no máximo, 4 gráficos e 16 figuras).

3.1.3. **Relato de caso(s) clínico(s)** – Deverão conter título em português, nome(s) do(s) autor(es), titulação do(s) autor(es), resumo, unitermos, introdução e/ou proposição, relato do(s) caso(s) clínico(s), discussão, conclusão, nota de esclarecimento, título em inglês, resumo em inglês (abstract), unitermos em inglês (key words) e referências bibliográficas. Limites: texto com, no máximo, 18.000 caracteres (com espaços), 2 tabelas ou quadros e 34 imagens (sendo, no máximo, 2 gráficos e 32 figuras).

3.2. Formatação de página:

- a. Margens superior e inferior: 2,5 cm
- b. Margens esquerda e direita: 3 cm
- c. Tamanho do papel: carta

- d. Alinhamento do texto: justificado
- e. Recuo especial da primeira linha dos parágrafos: 1,25 cm
- f. Espaçamento entre linhas: 1,5 linhas
- g. Controle de linhas órfãs/viúvas: desabilitado
- h. As páginas devem ser numeradas.

3.3. Formatação de texto:

- a. Tipo de fonte: times new roman
- b. Tamanho da fonte: 12
- c. Título em português: máximo de 90 caracteres
- d. Titulação do(s) autor(es): citar até 2 títulos principais
- e. Resumos em português e inglês: máximo de 250 palavras cada
- f. Unitermos e key words: máximo de cinco. Consultar Descritores em Ciências da Saúde – Bireme (www.bireme.br/decs/)

3.4 Citações de referências bibliográficas

- a. No texto, seguir o **Sistema Numérico de Citação**, no qual somente os números índices das referências, na forma sobrescrita, são indicados no texto.
- b. Números sequenciais devem ser separados por hífen (ex.:4-5); números aleatórios devem ser separados por vírgula (ex.: 7, 12, 21).
- c. **Não citar os nomes dos autores e o ano de publicação.**

Exemplos:

Errado:

"Bergstrom J, Preber H2 (1994)..."

Correto:

"Vários autores^{1,5,8} avaliaram que a saúde geral e local do paciente é necessária para o sucesso do tratamento";
 "Outros autores¹⁻³ concordam..."

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4.1. Quantidade máxima de 30 referências bibliográficas por trabalho.

4.2. A exatidão das referências bibliográficas é de responsabilidade única e exclusiva dos autores.

4.3. A apresentação das referências bibliográficas deve seguir a normatização do estilo Vancouver, conforme orientações fornecidas pelo International Committee of Medical Journal Editors(www.icmje.org) no "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals".

4.4. Os títulos de periódicos devem ser abreviados de acordo com o "List of Journals Indexed in Index Medicus" (www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html) e impressos sem negrito, itálico ou grifo/sublinhado.

4.5. As referências devem ser numeradas **em ordem de entrada no texto** pelos sobrenomes dos autores, que devem ser seguidos pelos seus prenomes abreviados, sem ponto ou vírgula. A vírgula só deve ser usada entre os nomes dos diferentes autores. Incluir ano, volume, número (fascículo) e páginas do artigo logo após o título do periódico. Exemplo: "Schmidlin PR, Sahrman P, Ramel C, Imfeld T, Müller J, RoosM et al. Peri-implantitis prevalence and treatment in implantorientedprivate practices: A cross-sectional postal and Internetsurvey. Schweiz Monatsschr Zahnmed 2012;122(12):1136-44."

4.5.1. Nas publicações com até seis autores, citam-se todos.

4.5.2. Nas publicações com sete ou mais autores, citam-se os primeiros e, em seguida, a expressão latina et al.

4.6. Deve-se evitar a citação de comunicações pessoais, trabalhos em andamento e os não publicados; caso seja estritamente necessária sua citação, as informações não devem ser incluídas na lista de referências, mas citadas em notas de rodapé.

4.7. Exemplos

4.7.1. Livro: Brånemark P-I, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. Stockholm: Alqvist & Wiksell International, 1977.

4.7.2. Capítulo de livro: Baron R. Mechanics and regulation on osteoclastic bone resorption. In: Norton LA, Burstone CJ. The biology of tooth movement. Florida: CRC, 1989. p.269-73.

4.7.3. Editor(es) ou compilador(es) como autor(es): Brånemark PI, Oliveira MF (eds). Craniofacial prostheses: anaplastology and osseointegration. Chicago: Quintessence; 1997.

4.7.4. Organização ou sociedade como autor: Clinical Research Associates. Glass ionomer-resin: state of art. Clin Res Assoc Newsletter 1993;17:1-2.

4.7.5. Artigo de periódico: Diacov NL, Sá JR. Absenteísmo odontológico. Rev Odont Unesp 1988;17(1/2):183-9.

4.7.6. Artigo sem indicação de autor: Fracture strength of human teeth with cavity preparations. J Prosthet Dent 1980;43(4):419-22.

4.7.7. Resumo: Steet TC. Marginal adaptation of composite restoration with and without flowable liner [abstract]. J Dent Res 2000;79:1002.

4.7.8. Dissertação e tese: Molina SMG. Avaliação do desenvolvimento físico de pré-escolares de Piracicaba, SP [tese]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 1997.

4.7.9. Trabalho apresentado em evento: Buser D. Estética em implantes de um ponto de vista cirúrgico. In: 3º Congresso Internacional de Osseointegração: 2002; APCD-São Paulo. Anais. São Paulo: EVM; 2002. p. 18.

4.7.10. Artigo em periódico on-line/internet: Tanriverdi et al. Na in vitro test model for investigation of desinfection of dentinal tubules infected with enterococcus faecalis. Braz Dent J 1997;8(2):67-72. [Online] Available from Internet (<http://www.forp.usp.br/bdj/t0182.html>). [cited 30-6-1998]. ISSN 0103-6440.

5. TABELAS OU QUADROS

5.1. Devem constar sob as denominações “Tabela” ou “Quadro” no arquivo eletrônico e ser numerados em algarismos arábicos.

5.2. A legenda deve acompanhar a tabela ou o quadro e ser posicionada abaixo destes ou indicada de forma clara e objetiva no texto ou em documento anexo.

5.3. Devem ser autoexplicativos e, obrigatoriamente, citados no corpo do texto na ordem de sua numeração.

5.4. Sinais ou siglas apresentados devem estar traduzidos em nota colocada abaixo do corpo da tabela/quadro ou em sua legenda.

6. IMAGENS (Figuras e Gráficos)

6.1. Figuras

6.1.1. Devem constar sob a denominação “Figura” e ser numeradas com algarismos arábicos.

6.1.2. A(s) legenda(s) deve(m) ser fornecida(s) em arquivo ou folha impressa à parte.

6.1.3. Devem, obrigatoriamente, ser citadas no corpo do texto na ordem de sua numeração.

6.1.4. Sinais ou siglas devem estar traduzidos em sua legenda.

6.1.5. Na apresentação de imagens e texto, deve-se evitar o uso de iniciais, nome e número de registro de pacientes. O paciente não poderá ser identificado ou estar reconhecível em fotografias, a menos que expresse por escrito o seu consentimento, o qual deve acompanhar o trabalho enviado.

6.1.6. Devem possuir boa qualidade técnica e artística, utilizando o recurso de resolução máxima do equipamento/câmera fotográfica.

6.1.7. Devem ser enviadas via e-mail ou gravadas em CD, com resolução mínima de 300dpi, nos formatos TIF ou JPG e largura mínima de 10 cm.

6.1.8. Não devem, em hipótese alguma, ser enviadas incorporadas a arquivos de programas de apresentação (PowerPoint), editores de texto (Word for Windows) ou planilhas eletrônicas (Excel).

6.2. Gráficos

6.2.1. Devem constar sob a denominação “Figura”, numerados com algarismos arábicos e fornecidos, preferencialmente, em arquivo à parte, com largura mínima de 10 cm.

6.2.2. A(s) legenda(s) deve(m) ser fornecida(s) em arquivo ou folha impressa à parte, ordenadas sequencialmente com as figuras.

6.2.3. Devem ser, obrigatoriamente, citados no corpo do texto, na ordem de sua numeração.

6.2.4. Sinais ou siglas apresentados devem estar traduzidos em sua legenda.

6.2.5. As grandezas demonstradas na forma de barra, setor, curva ou outra forma gráfica devem vir acompanhadas dos respectivos valores numéricos para permitir sua reprodução com precisão.

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS AUTORAIS:

Eu (nós), [nome(s) do(s) autor(es)], autor(es) do trabalho intitulado [título do trabalho], o qual submeto(emos) à apreciação da revista Ortodontia SPO para nela ser publicado, declaro(amos) concordar, por meio deste suficiente instrumento, que os direitos

autorais referentes ao citado trabalho tornem-se propriedade exclusiva da revista OrtodontiaSPO a partir da data de sua submissão, sendo vedada qualquer reprodução, total ou parcial, em qualquer outra parte ou meio de divulgação de qualquer natureza, sem que a prévia e necessária autorização seja solicitada e obtida junto à revista OrtodontiaSPO. Declaro(amos) serem verdadeiras as informações do formulário de Conflito de Interesses. No caso de não aceitação para publicação, essa cessão de direitos autorais será automaticamente revogada após a devolução definitiva do citado trabalho, mediante o recebimento, por parte do autor, de ofício específico para esse fim.

CONFLITO DE INTERESSES	SIM	NÃO
Eu recebi apoio financeiro para pesquisa dado por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho		
Eu, ou os membros da minha família, recebemos honorários de consultoria ou fomos pagos como avaliadores por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho		
Eu, ou os membros da minha família, possuímos ações ou investimentos em organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho		
Eu recebi honorários de apresentações vindos de organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho		
Você está empregado pela entidade comercial que patrocinou o estudo?		
Você possui patentes ou royalties, trabalhou como testemunha especializada, ou realizou atividades para uma entidade com interesse financeiro nesta área? (forneça uma descrição resumida)		