

# Composição química e aspecto superficial do *slot* de braquetes metálicos\*

Tatiana Féres Assad-Loss\*\*, Regina Maria Lopes Neves\*\*\*, José Nelson Mucha\*\*\*\*

## Resumo

**Objetivo:** avaliar a composição química e rugosidade do fundo do *slot* de 90 braquetes metálicos divididos em 9 grupos: grupo 1- aço inoxidável (*Equilibrium 2 - Dentaurum*); grupo 2 - titânio (*Equilibrium ti - Dentaurum*); grupo 3- cromo-cobalto (*Topic- Dentaurum*); grupo 4 - aço inoxidável (*Standard-TP Orthodontics*); grupo 5 - aço inoxidável (*Serie light - American Orthodontics*); grupo 6 - aço inoxidável (*Kirium Line - Abzil Lancer*); grupo 7 - aço inoxidável livre de níquel (*Monobloc - Morelli*); grupo 8 - aço inoxidável (Convencional- Morelli) e grupo 9 - aço inoxidável livre de níquel (*Monobloc Golden - Morelli*). **Metodologia:** a composição química foi analisada pela Espectroscopia de Energia Dispersiva. A avaliação qualitativa do fundo do *slot* foi realizada através do MEV classificada de 0 a 8, correspondente às características da superfície. **Resultados: composição química** - grupo 1 = titânio puro; grupo 9 = recoberto por nitreto de titânio em 99,48%; grupo 3 = cromo-cobalto; grupo 8 = aço inoxidável livre de níquel. Os demais grupos são compostos de aço inoxidável. **Avaliação da superfície** - grupo 1 = valor 2 (superfície mais polida); grupos 2, 5 e 7 = valor 3 (aspecto de polimento); grupos 3, 8 e 9 = valor 6 (menor polimento); grupo 4 = valor 6,5 (maior rugosidade) e o grupo 6 = valor 5 (características intermediárias de polimento). **Conclusões:** os braquetes metálicos são compostos de diferentes ligas e estão disponíveis com baixo conteúdo ou ausência de níquel. Os braquetes de titânio apresentaram polimento semelhante aos de aço inoxidável, porém os recobertos por nitreto de titânio e os de cromo-cobalto mostraram superfície mais irregular ou menos polida.

**Palavras-chave:** Braquetes metálicos. Composição química. Rugosidade do *slot*.

## INTRODUÇÃO

O braquete Edgewise, proposto por Angle em 1928, é um dos componentes mais importantes do aparelho ortodôntico e sofreu inúmeras modificações ao longo dos anos.

Embora tenha havido grande evolução de materiais, formas e tipos, os braquetes metálicos continuam sendo os mais utilizados, devido às suas

características físicas e propriedades mecânicas que foram intensamente pesquisadas ao longo dos anos. Entretanto, com o crescente número de pacientes com hipersensibilidade alérgica ao níquel presente nas ligas de aço inoxidável – material de eleição para confecção de braquetes – novos materiais metálicos começaram a ser utilizados para confecção dos mesmos<sup>1,12,26</sup>.

\* Parte da monografia apresentada ao curso de Especialização em Ortodontia da Universidade Federal Fluminense por Tatiana Féres Assad-Loss para obtenção do título de Especialista em Ortodontia.

\*\* Especialista em Ortodontia pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói. Mestranda em Odontologia, UFF.

\*\*\* Mestre em Ortodontia pela UFRJ, Professora Adjunta de Ortodontia, Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói, RJ.

\*\*\*\* Mestre e Doutor em Odontologia-Ortodontia pela UFRJ, Professor Titular de Ortodontia da UFF.

Entre os novos materiais, o titânio e o cromo-cobalto apresentam pouco ou nenhum níquel em sua composição podendo ser usado com segurança em pacientes alérgicos<sup>23</sup>. Entretanto, as características físicas que podem interferir nas propriedades mecânicas ainda não são totalmente conhecidas.

Uma característica física de grande interesse para a mecânica ortodôntica é a rugosidade das superfícies de contato do fio e do *slot*, uma vez que pode interferir na fricção superficial e, portanto, na mecânica de deslizamento<sup>14,21,29</sup>, além de influenciar no potencial corrosivo dos braquetes e fios<sup>16</sup>.

### Composição química e biocompatibilidade dos braquetes metálicos

O tipo básico de aço inoxidável austenítico utilizado em braquetes é o 302 que contém 18% de cromo, 8% de níquel e 0,15% de carbono. O aço inoxidável tipo 304 possui uma composição similar, com diferença apenas no conteúdo de carbono (0,08%). Ambos os aço inoxidáveis 302 e 304 podem ser designados como aço inoxidável 18-8<sup>1</sup>.

O aço austenítico que contém níquel como estabilizador primário inclui o tipo 316L (o L significa baixo conteúdo de carbono). Embora a adição de cromo tenha efeito na resistência à corrosão, o carbono, níquel, molibdênio e o nitrogênio são usados para aumentar esta propriedade. Como os átomos de níquel não são fortemente ligados, existe a probabilidade de liberação deste íon, levantando às questões de biocompatibilidade<sup>5</sup>.

Os braquetes de aço inoxidável possuem uma camada passiva constituída de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , que promove a resistência à descoloração e à corrosão<sup>20</sup>, e caso seja rompida, a corrosão irá ocorrer<sup>1</sup>. Temperaturas durante a solda por chama ou elétrica (400°C a 900°C) também podem causar corrosão<sup>1</sup>.

Os diferentes tipos de aço inoxidável austenítico apresentam composições diferentes, de acordo com o quadro 1<sup>2</sup>.

A corrosão de ligas ortodônticas ocorre no meio bucal, independente da estrutura da liga; defeitos

durante a fabricação podem acelerar este processo<sup>25</sup>. A corrosão em poros pode ser identificada em braquetes e fios, iniciando-se antes do aparelho ser colocado na boca, sendo encontrada em produtos novos e sem uso<sup>5</sup>.

A maior parte das reações alérgicas causadas por aparelho ortodôntico se deve ao níquel presente na liga de aço inoxidável. Cerca de 10% da população feminina e 1% da população masculina é alérgica ao níquel. Apenas 30% dos pacientes com alergia ao níquel desenvolvem reação a uma liga que contenha cromo<sup>1</sup>.

As concentrações de níquel e cromo na saliva não são alteradas por aparelhos fixos durante o primeiro mês de tratamento<sup>15</sup> e testes cutâneos verificaram não haver diferença em relação à hipersensibilidade a metais presentes no aparelho ortodôntico, antes e após 2 meses da colocação do aparelho<sup>26</sup>.

Entretanto, a comparação do conteúdo de níquel de braquetes usados, reciclados e novos indicou diminuição do conteúdo de níquel nos usados e reciclados, e provável liberação de íons de níquel na cavidade bucal<sup>6</sup>. Do ponto de vista biológico, células da mucosa bucal expostas ao aparelho com altos níveis de níquel e cobalto mostraram alto dano ao DNA e pouca viabilidade<sup>7</sup>.

Devido às discussões sobre corrosão e sensibilidade ao níquel presente no aço inoxidável, foi desenvolvido o braquete de titânio, e este foi apresentado na Convenção Anual da Associação Americana, em 1995, e a patente foi obtida pela Companhia "Dentaurum". O braquete de titânio mostrou-se totalmente compatível com o ambiente bucal e superior em integridade estrutural quando comparado ao aço inoxidável<sup>13</sup>. Não apresenta o mesmo brilho do aço inoxidável, porém, não causaria dano ao paciente<sup>23</sup>.

A biocompatibilidade e resistência à corrosão dos braquetes de titânio se dão devido ao óxido estável que cobre o metal. Para tornar os braquetes de titânio mais aceitáveis pelos pacientes, estes foram revestidos por opacificadores. O nitrato de

Composição						
Ti-pos	Carbono %	Cromo %	Níquel %	Man-ganês %	Silício %	Outros %
301	0,08-0,20	16-18	6-8	2 max	1 max	
302	0,08-0,20	17-19	8-10	2 max	1 max	
302B	0,08-0,20	17-19	8-10		2-3	
303	0,15 max	17-19	8-10	2	1	Mo 0,6 max P, S ou Se 0,07min
304	0,08 max	18-20	8-11	2 max	1 max	
308	0,08 max	19-21	10-12	2 max	1 max	
309	0,20 max	22-24	12-15	2	1	
309S	0,08 max	22-24	12-15	2	1	
310	0,25 max	24-26	19-22	2 max	1,5max	
316	0,10 max	16-18	10-14	2	1	Mo 2-3
317	0,10 max	18-20	11-14	2 max	1 max	Mo 3-4
321	0,08 max	17-19	8-11	2 max	1	Ti 5XC min
347	0,08 max	17-19	9-12	2 max	1 max	Cd10XC min

**Quadro 1** - Composição dos diferentes tipos de aço inoxidável austenítico<sup>2</sup> com as respectivas porcentagens.

- max - porcentagem máxima do composto;
- min - porcentagem mínima do composto;
- XCmin - vezes o porcentagem do carbono no mínimo;
- Mo - molibdênio; P - fósforo; S - enxofre;
- Se - selênio; Ti - titânio; Cd - cádmio.

titânio, que tem aspecto de ouro, pode ser formado *in situ* e é coberto à vácuo, como o encontrado em braquetes de aço inoxidável. Embora tenha um aspecto agradável é muito duro, o que lhe confere menor coeficiente friccional<sup>23</sup>.

Os braquetes de titânio exibem propriedades mecânicas, resistência à corrosão e força de adesão, equivalentes, ou superiores, às de aço inoxidável. Não existem braquetes recobertos de titânio e sim coberturas como o nitreto de titânio que oferece pobre proteção contra liberação de níquel, ouro, e outros materiais preciosos como paládio ou platina, mas nenhum funciona como um braquete de titânio realmente<sup>4</sup>.

Embora o titânio puro tenha aproximadamente a mesma força de tensão que o aço inoxidável, esta liga é duas vezes mais resistente, o que é importante para a confecção de braquetes de tama-

nho reduzido<sup>23</sup>.

Em relação à composição química, o titânio está presente somente após os primeiros 200 a 300Å da superfície do braquete. Esta fina superfície de deslizamento não é de titânio e sim uma mistura de hidrocarbonos, óxidos incluindo TiO<sub>2</sub> (rutila – maior componente) e nitrogênio orgânico, formando uma camada passiva. Dentro do corpo do material, existe conteúdo intersticial suficiente, 3% oxigênio, para enrijecer o braquete de titânio. Sendo assim, a superfície é mais suave que o corpo, o que é uma estratégia de confecção apropriada, para permitir que o corpo não sucumba às forças de contato do fio na extremidade das paredes do *slot*<sup>20</sup>.

### Rugosidade do *slot* e fricção superficial

Fricção ou atrito é a força que se opõe a toda ação que o ortodontista realiza para mover dentes<sup>19</sup>.

O que ocorre durante o deslizamento depende da interação entre braquete e fio e das características inerentes dos materiais ou ligas utilizadas. Quando a interação entre o par braquete/fio promove a liberação de força independente da angulação ou torque, ocorre a fricção clássica ou atrito entre as superfícies. Quando a liberação da força diminui, o deslizamento é progressivamente interrompido pelo mecanismo de ligação. Outros fenômenos, tais como dobras edentações e sulcos, podem também afetar o deslizamento e cessar o movimento. Certas características dos materiais (tais como: rugosidade, reentrâncias, engrenamento/travamento e componente de cisalhamento) podem também afetar o deslizamento entre fio e braquete<sup>19</sup>.

O engrenamento, pela rugosidade, ocorre quando a aspereza de uma superfície do par braquete/fio engata na outra superfície do par. Como resultado deste engrenamento, as superfícies se movem menos prontamente e assim aumenta a fricção<sup>19</sup>.

O atrito, embora independente da área macroscópica de contato aparente, é na verdade pro-

porcional à área de contato verdadeira que pode ser detectada pelo Microscópio de Força Atômica (MFA)<sup>23</sup>.

As rugosidades das superfícies podem afetar tanto o aspecto visual, provocando efeito anties-tético do aparelho, quanto o coeficiente friccional, alterando a mecânica de deslizamento<sup>21</sup>.

O coeficiente friccional dos braquetes de titânio é comparável ao de aço inoxidável - devido à existência da camada passiva presente em ambos os materiais - sendo estes um substituto satisfatório aos de aço inoxidável, quando a mecânica de deslizamento for utilizada<sup>18,20</sup>.

Entretanto, existem divergências sobre as características, com os braquetes de titânio apresentando: menores forças friccionais - tanto estática quanto cinética - com o aumento da espessura do fio<sup>13</sup>; textura superficial rugosa<sup>20</sup>; polimento no interior do *slot* de difícil execução, dificultando a mecânica de deslizamento<sup>29</sup>; e coloração mais acinzentada que o braquete de aço inoxidável<sup>20</sup>.

A avaliação da superfície do *slot* de braquetes e fios ortodônticos de ligas de titânio e aço inoxidável com o uso do MEV mostrou compatibilidade com os resultados de testes friccionais, sendo encontrado maiores valores friccionais para superfícies mais rugosas e irregulares<sup>13,16</sup>.

### Processo de confecção dos braquetes metálicos

Os braquetes metálicos eram predominantemente fabricados por técnicas de usinagem e fundição. Entretanto, nos últimos anos, a moldagem por injeção metálica e sinterização tem sido o método de eleição. Descoberto e desenvolvido nos EUA no início de 1980, este método é especialmente adequado para confecção de pequenas peças<sup>3,28,33</sup>.

Embora os braquetes produzidos por moldagem por injeção sejam de corpo único, livre de risco de corrosão associado ao par galvânico das ligas de soldagem com o aço inoxidável, a biocompatibilidade e resistência à corrosão pode ser diferente

entre ligas com composições semelhantes<sup>34</sup>.

A moldagem por injeção de metal tem menor custo, devido à economia de material durante o ciclo de produção, pois o metal vazado e condutos adutores do metal podem ser reciclados e reutilizados, sendo considerada a tecnologia mais competitiva para a produção em larga quantidade. Usinagem é o processo mais caro, porque é estimado que 50% a 75% do metal utilizado sejam desperdiçados<sup>3</sup>.

A moldagem por injeção de metal permite o uso de qualquer liga para produção de braquetes ortodônticos. Independente das vantagens econômicas, o método de produção pode ter sérias implicações no desempenho clínico. O uso de novas ligas para a produção de braquetes por moldagem com injeção de metais de diferentes propriedades mecânicas pode afetar seu desempenho mecânico em condições clínicas<sup>33</sup>.

A resistência à fricção mostrou-se de 38% a 44% menor nos braquetes sinterizados, quando comparados aos fundidos, devido à sua textura mais lisa<sup>28</sup>. Embora esta lisura possa ser obtida rotineiramente nos fios com a ajuda de troquéis de diamante, é um tanto difícil nivelar as superfícies internas de uma fenda, como a do *slot* do braquete<sup>24</sup>.

Objetivou-se, portanto, com este estudo, avaliar a composição química de 9 diferentes tipos de braquetes metálicos através da Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), bem como avaliar as características da superfície do fundo do *slot* dos 9 tipos de braquetes metálicos através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

### MATERIAL E MÉTODOS

A amostra foi composta por 90 braquetes metálicos, divididos em 9 grupos de 10 braquetes cada, de acordo com o material, fabricante e especificações, como ilustrado no quadro 2.

### Composição química

Antes da avaliação das superfícies do fundo do

slot dos braquetes, estas superfícies foram limpas em banho ultrassônico por 5 minutos<sup>33</sup>.

A composição química da superfície do fundo do slot de cada tipo de braquete dos 9 grupos foi avaliada através do microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM-5800LV, IME, Rio de Janeiro, Brasil) com aumento de 500X com 20kV e 50µm de distância, através da espectroscopia de energia dispersiva (EDS).

### Característica da superfície do fundo do slot

A superfície do fundo do slot dos 10 braquetes dos 9 grupos foi avaliada através do mesmo microscópio eletrônico de varredura, configurado da mesma forma, e foram obtidas 90 microfotografias digitais, impressas em papel fotográfico diretamente do MEV no momento de sua obtenção, nas dimensões de 10cm x 7,5cm e organizadas em um álbum para posterior avaliação.

Cada uma das 90 microfotografias obtidas dos 9 grupos foi avaliada de acordo com as 8 características de superfície dispostas de acordo com a classificação descrita, a saber:

A) Presença de estrias<sup>9,16</sup>.

B) Aspecto mosqueado ou pintalgado<sup>31</sup>.

C) Presença de depressões, poros, sulcos ou grãos em menos de 1/3 da superfície<sup>9,16,22,31,33</sup>.

D) Presença de depressões, poros, sulcos ou grãos em 1/3 da superfície<sup>9,16,22,31,33</sup>.

E) Presença de depressões, poros ou sulcos ou grãos circunferenciais em 2/3 da superfície<sup>9,16,22,31,33</sup>.

F) Presença de depressões ou poros em toda a superfície<sup>9,16,22,31,33</sup>.

G) Aspecto faveolado ou alveolado

H) Presença de indentações<sup>22,33</sup>.

Um avaliador, sem o conhecimento de que grupo estava avaliando, previamente calibrado em

grupo	material	modelo	slot	prescrição	confeção	fabricante
1	aço inoxidável	<i>Equilibrium 2</i>	0,022" x 0,030"	Roth	moldagem por injeção	<i>Dentaurum<sup>a</sup></i>
2	titânio	<i>Equilibrium ti</i>	0,022" x 0,030"	Roth	moldagem por injeção	<i>Dentaurum<sup>a</sup></i>
3	cromo-cobalto	<i>Topic</i>	0,022" x 0,030"	Roth	moldagem por injeção	<i>Dentaurum<sup>a</sup></i>
4	aço inoxidável	<i>Standard</i>	0,022" x 0,028"	Edgewise	moldagem por injeção	<i>TP Orthodontics<sup>b</sup></i>
5	aço inoxidável	<i>Serie light</i>	0,022" x 0,028"	Edgewise	moldagem por injeção	<i>American Orthodontics<sup>c</sup></i>
6	aço inoxidável	<i>Kirium line</i>	0,022" x 0,028"	Edgewise	moldagem por injeção	<i>Abzil Lancer<sup>d</sup></i>
7	aço inoxidável	<i>Monobloc</i>	0,022" x 0,030"	Roth	moldagem por injeção	<i>Morelli<sup>e</sup></i>
8	aço inoxidável	Convencional	0,022" x 0,030"	Roth	usinagem	<i>Morelli<sup>e</sup></i>
9	aço inoxidável	<i>Monobloc Golden</i>	0,022" x 0,030"	Roth	moldagem por injeção	<i>Morelli<sup>e</sup></i>

**Quadro 2** - Descrição dos grupos de acordo com o material, modelo, fabricante, tamanho do slot, tipo de prescrição e processo de confecção.

a = Ispringen, Alemanha.

b = La Porte, Indiana, EUA.

c = Sheboigan, WI, EUA.

d = São José do Rio Preto, SP, Brasil.

e = Sorocaba, SP, Brasil.

relação às possíveis características a serem observadas nas fotografias das superfícies dos fundos de *slot*, dos 9 grupos de braquetes, avaliou as microfotografias em dois momentos distintos para eliminar possíveis erros intra-avaliador e quando foi encontrado disparidade entre as duas avaliações, foi solicitada uma terceira avaliação, que passou a ser a definitiva, descartando-se as anteriores.

Cada característica representava 1 ponto. A presença de mais de uma característica representava a adição de mais 1 ponto, correspondente às características a mais daquele grupo, ao valor final, podendo desta forma se obter valor de 0 a 8 para cada microfotografia.

Os dados obtidos foram dispostos em fichas previamente elaboradas para este propósito, para posterior computação e tabulação dos resultados. O valor mais freqüente entre os 10 braquetes de cada grupo ou a moda (medida utilizada para dados qualitativos)<sup>11</sup> foi tomada como o valor representativo do grupo.

Os grupos que apresentaram o maior valor foram considerados os menos polidos, enquanto os que apresentaram menor valor, os mais polidos.

## RESULTADOS

### Composição química

A tabela 1 apresenta a porcentagem de cada composto presente nos braquetes de cada grupo.

Em relação aos grupos 1, 4 e 8, constituídos por braquetes de aço inoxidável, verificou-se que apresentam grande porcentagem de níquel em sua composição, enquanto os grupos 5 e 6, também constituídos por braquetes de aço inoxidável, apresentam este elemento em porcentagem reduzida. Os grupos 7 e 9, constituídos por braquetes de aço inoxidável *Níquel free*, não apresentaram níquel em sua composição.

O grupo 2 apresentou em sua composição apenas o titânio e o grupo 9 apresentou 99,48% deste elemento em sua superfície.

No grupo 3 verificou-se que os braquetes apre-

**Tabela 1** - Porcentagem (%) de cada composto químico por tipo de braquete avaliado.

compostos	grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
cobalto (CoO)			62,36						
cromo (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	18,74		32,50	18,84	24,97	18,11	18,28	19,54	
níquel (NiO)	10,89			9,46	3,74	3,82		8,05	
molibdênio (MoO <sub>3</sub> )			3,57						
silício (SiO <sub>2</sub> )	0,47		0,93	0,93			0,40		
ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	67,29		0,64	70,77	70,83	75,04	72,10	72,41	0,52
titânio (TiO <sub>2</sub> )		100							99,48
cobre (CuO)	2,13					3,03			
alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,49				0,46				
manganês (MnO)							9,23		

Grupo 1 = aço inoxidável, *Equilibrium*, Roth, *Dentaurum*.

Grupo 2 = titânio, *Equilibrium ti*, Roth, *Dentaurum*.

Grupo 3 = cromo-cobalto, *Topic*, Roth, *Dentaurum*.

Grupo 4 = aço inoxidável, *Standard*, *Edgewise Standard*, *TP Orthodontics*.

Grupo 5 = aço inoxidável, *Série light*, *Edgewise Standard*, *American Orthodontics*.

Grupo 6 = aço inoxidável, *Kirium line*, *Edgewise Standard*, *Abzil Lancer*.

Grupo 7 = aço inoxidável, *Monobloc*, *Edgewise Standard*, *Morelli*.

Grupo 8 = aço inoxidável, *Convencional*, Roth, *Morelli*.

Grupo 9 = aço inoxidável, *Monobloc Golden*, Roth, *Morelli*.

sentavam em sua composição, em sua maior parte, cobalto e cromo.

### Características da superfície do fundo do *slot*

A tabela 2 apresenta o número de características presentes no fundo do *slot* de cada um dos 10 braquetes de cada um dos 9 grupos e o valor da moda (maior frequência) para cada grupo.

Uma microfotografia, com aumento de 500x obtida ao MEV, de um corpo-de-prova de cada grupo está disposta na figura 1, para ilustrar as características observadas. A figura 1.1 corresponde à microfotografia de uma amostra do grupo 1 e assim sucessivamente, nos 9 grupos.

Os grupos 1, 2, 5 e 7 apresentaram a superfície do fundo do *slot* mais homogênea e mais polida, sendo que o grupo 1 apresentou a maior lisura. Os grupos 3, 4, 8 e 9 apresentaram o maior número de características e, portanto, o maior valor e uma superfície menos polida. O grupo 6 apresentou polimento superficial intermediário em relação

aos valores encontrados para os demais grupos.

### DISCUSSÃO

Avaliou-se no presente estudo a composição química de 9 tipos de braquetes metálicos de diferentes fabricantes disponíveis para a comercialização.

Os grupos 1, 4, 5, 6, 7 e 8 eram compostos por braquetes de aço inoxidável. Os braquetes dos grupos 1, 4 e 8 podem ser classificados como 18-8, sendo o tipo mais utilizado na confecção de braquetes ortodônticos<sup>1,2</sup>.

Os braquetes dos grupos 5 e 6 apresentam baixo conteúdo de níquel, o que sugere que sejam mais seguros em pacientes alérgicos a este material.

Outros autores<sup>8</sup>, empregando como método para a análise química o espectrômetro, encontraram para os braquetes Kirium Line da Abzil Lancer maior porcentagem de níquel (8,32%) e cromo (19,4%) que o encontrado no presente estudo

**Tabela 2** - Número de características presentes na superfície do fundo do *slot* dos 10 braquetes de cada grupo e a moda (valor mais freqüente) obtida para cada grupo.

Grupos	Número de características presente na superfície do fundo do <i>slot</i> de cada braquete (10)										Moda
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2
2	3	3	4	3	3	1	5	3	3	5	3
3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	7	6	6	7	6	7	7	7	6	6	6,5
5	4	3	5	3	4	3	4	2	3	3	3
6	2	3	5	2	2	5	5	3	4	5	5
7	3	3	3	3	5	3	3	4	4	3	3
8	6	7	7	6	6	6	6	6	7	6	6
9	6	7	2	6	6	7	6	7	6	7	6

Grupo 1 = aço inoxidável, *Equilibrium*, Roth, *Dentaurum*.

Grupo 2 = titânio, *Equilibrium* ti, Roth, *Dentaurum*.

Grupo 3 = cromo-cobalto, *Topic*, Roth, *Dentaurum*.

Grupo 4 = aço inoxidável, *Standard*, *Edgewise Standard*, TP *Orthodontics*.

Grupo 5 = aço inoxidável, *Série light*, *Edgewise Standard*, *American Orthodontics*.

Grupo 6 = aço inoxidável, *Kirium line*, *Edgewise Standard*, Abzil Lancer.

Grupo 7 = aço inoxidável, *Monobloc*, *Edgewise Standard*, Morelli.

Grupo 8 = aço inoxidável, Convencional, Roth, Morelli.

Grupo 9 = aço inoxidável, *Monobloc Golden*, Roth, Morelli.

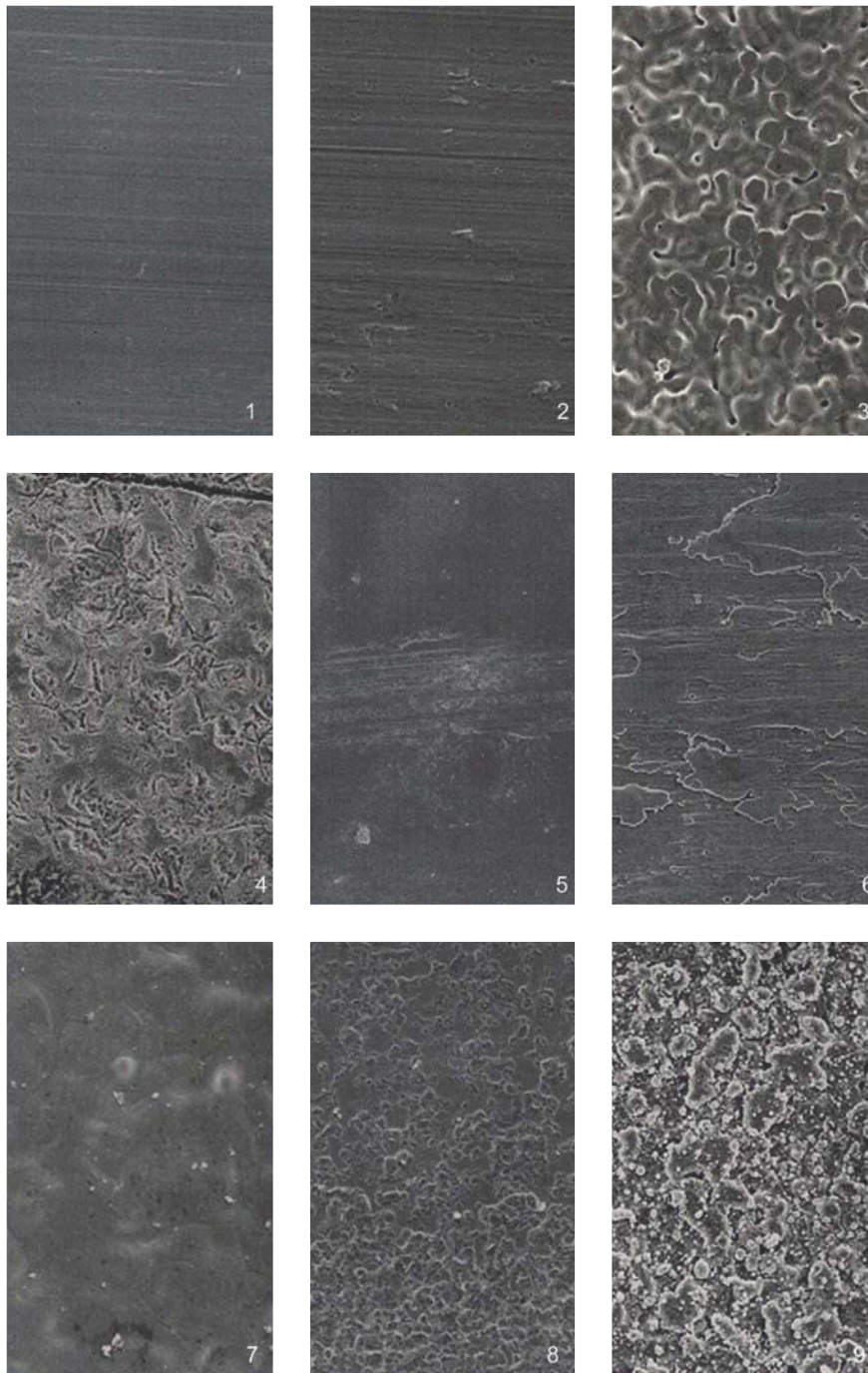


FIGURA 1 - Microfotografia da superfície do fundo do *slot* de um braquete de cada grupo, respectivamente, com aumento de 500X. **1.1)** grupo 1 = aço inoxidável, *Equilibrium*, Roth (*Dentaurum*). **1.2)** grupo 2 = titânio, *Equilibrium ti*, Roth (*Dentaurum*). **1.3)** grupo 3 = cromo-cobalto, *Topic*, Roth (*Dentaurum*). **1.4)** grupo 4 = aço inoxidável, *Standard*, Edgewise *Standard* (TP *Orthodontics*). **1.5)** grupo 5 = aço inoxidável, *Série light*, Edgewise *Standard* (*American Orthodontics*). **1.6)** grupo 6 = aço inoxidável, *Kirium line*, Edgewise *Standard* (Abzil Lancer). **1.7)** grupo 7 = aço inoxidável, *Monobloc*, Edgewise *Standard* (Morelli). **1.8)** grupo 8 = aço inoxidável, Convencional, Roth (Morelli). **1.9)** grupo 9 = aço inoxidável, *Monobloc Golden*, Roth (Morelli).



(3,82% e 18,11% respectivamente). Entretanto, as porcentagens encontradas para estes elementos no braquete Convencional da Morelli, foram semelhantes às encontradas neste estudo.

Nos braquetes do grupo 7, de aço inoxidável do tipo *Monobloc*, não foi encontrado, neste trabalho, alguma quantidade de níquel em sua composição. Este resultado está de acordo com o especificado pelo fabricante na embalagem do produto (*Níquel free*) embora, ainda de acordo com o fabricante na especificação de segurança do produto, estes braquetes apresentem uma concentração máxima de 0,2% de níquel em sua composição, o que não pode ser detectado com a metodologia empregada neste estudo.

O grupo 2, formado pelos braquetes de titânio, mostrou-se composto por titânio puro, podendo também ser utilizado de forma segura em pacientes alérgicos ao níquel.

O grupo 3, composto pelos braquetes de cromo-cobalto, apresentou 32,5% de cromo e 62,36% de cobalto. Outros autores encontraram porcentagem semelhante para o cobalto de 62,5%, porém, para o cromo, encontraram 30,6%, aproximadamente 2% a menos que no presente estudo<sup>33</sup>. De acordo com o fabricante e relatado na embalagem do produto, os braquetes *Topic* contêm 63% de cobalto e 30% de cromo, concentrações próximas aos valores encontrados no presente estudo.

O grupo 9 foi composto por braquetes de aço inoxidável *Monobloc Golden*. Estes braquetes apresentaram na composição da superfície 99,48% do elemento químico titânio, podendo ser classificado como um braquete recoberto a vácuo por nitreto de titânio, que tem aspecto de ouro<sup>23</sup>. O relato do fabricante sobre a composição destes braquetes confirma este resultado. De acordo com o fabricante, eles seriam braquetes de aço inoxidável com uma concentração máxima de 0,2% de níquel em sua composição, recobertos por nitreto de titânio, em um processo no qual este composto é aplicado à superfície do braquete e se mantém retido por meios mecânicos, penetrando em po-

rosidades previamente formadas para este fim. A espectroscopia de energia dispersiva (EDS) avalia apenas a composição química da superfície do braquete, desta forma, obteve-se neste estudo a composição da camada superficial de nitreto de titânio.

O espectrômetro é um aparelho que emite radiação em frequência específica para cada elemento químico e, portanto, é capaz de identificar os elementos da liga como um todo e não só os presentes na superfície da liga, como o EDS<sup>8</sup>. Desta forma, este método deve ser empregado quando objetiva-se avaliar a liga de braquetes recobertos, como os braquetes do grupo 9.

O braquete de titânio da amostra do presente estudo, o *Equilibrium ti*, se apresenta mais acinzentado e opaco em relação aos braquetes de aço inoxidável<sup>20,23</sup>.

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) tem sido utilizado em muitos estudos para avaliação da superfície dos braquetes, se mostrando adequado para avaliação qualitativa do polimento superficial e características destas superfícies<sup>13,16,17,22,30,31,32,33</sup>. No presente estudo avaliou-se qualitativamente, através de microfotografias obtidas do MEV, a superfície do fundo do *slot* de braquetes metálicos de diferentes materiais e fabricantes.

O grupo 1, composto por braquetes de aço inoxidável *Equilibrium 2*, apresentou o maior polimento superficial em relação aos outros grupos.

O braquete 7 do grupo 1 apresentou a superfície semelhante às outras amostras, porém, poros puderam ser observados por toda a superfície<sup>5</sup>. O processo corrosivo pode se iniciar antes do aparelho ortodôntico ser colocado na boca. Embora seja mais freqüente em superfície extensivamente porosa, encontrada em produtos novos e sem uso<sup>5</sup>.

De acordo com Proffit, Field<sup>29</sup> e Kusy et al.<sup>20</sup>, os braquetes de titânio seriam menos polidos que os de aço inoxidável, o que não foi verificado no presente estudo.

A avaliação da superfície através do MEV mostrou equivalência quando comparados os grupos

1 e 2 (*Equilibrium 2* e *Equilibrium ti*, respectivamente), embora no grupo 2 possam ser observadas endentações em poucas áreas da superfície<sup>4</sup>, provavelmente devido à forma de obtenção de braquetes de diferentes composição, a saber, aço inoxidável e titânio.

Em relação à avaliação da característica de superfície do material do braquete do grupo 3, *Topic* de cromo-cobalto, foi possível observar grãos de tamanho aumentado e uniforme<sup>33</sup>.

Embora não tenha sido observada relação suficiente entre fricção e dados obtidos no MEV - pois seria necessário associar as características de superfície aos testes friccionais, para uma correlação entre rugosidade de superfície e aumento da fricção<sup>11</sup> - é possível afirmar que a superfície do *slot* de braquetes menos polida interfere nas propriedades mecânicas e no potencial de corrosão<sup>10,13,16,18,20,24,26</sup>.

Alguns autores<sup>18,20</sup> encontraram resultados semelhantes para os braquetes de aço e titânio nos testes friccionais, enquanto outros<sup>13</sup> negam esta equivalência entre os materiais, afirmando que aço inoxidável e titânio possuem características friccionais distintas.

As imagens obtidas pelo MEV possuem caráter virtual, pois o que é visualizado na microfotografia é a transcodificação da energia emitida pelos elétrons do composto de forma bidimensional<sup>10</sup>. Porém, o polimento de uma superfície é a média de altura entre picos (saliências) e depressões (vales) devendo ser quantitativamente mensurada de forma tridimensional<sup>24</sup>. A rugosidade de fios ortodônticos foi avaliada quantitativamente, utilizando-se o perfilômetro<sup>21,22,32</sup>. Entretanto, o fundo do *slot* do braquete impõe grande dificuldade para utilização do perfilômetro, por ser o fundo de uma cavidade.

A avaliação quantitativa da rugosidade do *slot* através do Microscópio de Força Atômica, assim como sua correlação com os resultados qualitativos obtidos no MEV, deve ser o foco de novos estudos.

Os braquetes confeccionados por processo de

moldagem por injeção seriam mais polidos que os usinados e deveriam ser os preferidos em mecânica de deslizamento<sup>28</sup>. Porém, para Matasa<sup>23</sup>, a moldagem por injeção geraria superfícies mais ásperas que os braquetes obtidos pelo processo de corte com disco de diamante ou usinados.

No presente estudo, 8 dos 9 grupos foram compostos por braquetes confeccionados pelo processo de moldagem por injeção. Foi possível observar diferenças de polimento das superfícies dos diferentes grupos, possivelmente devido às características das ligas e devido ao número de etapas presente no processo de moldagem por injeção de metal.

A presença de poros pode estar relacionada a este processo, principalmente com a quantidade de aglutinante incorporada à mistura e que posteriormente é removida por aquecimento. O processo final de polimento também pode interferir nas características de superfície e deve ser realizado de modo a se obter uma superfície lisa e regular.

Entretanto, o processo de confecção dos braquetes não é a única variante que pode interferir nas características de superfície dos braquetes. Neste estudo foi observado que a composição das ligas que formam os braquetes difere entre si tanto na porcentagem quanto no tipo de elementos químicos presentes, o que influencia de modo decisivo nas características físicas dos materiais.

A comparação dos grupos 7 e 8, com processos de confecção distintos, mostrou que o grupo 7 (confeccionados por moldagem por injeção de metal e corpo único) apresentou superfície mais polida que seu equivalente, grupo 8 (composto por braquetes convencionais confeccionados pelo processo de usinagem)<sup>28</sup>. Isto pode ter ocorrido devido à diferença na composição das ligas destes dois tipos de braquetes.

Deve-se enfatizar que embora o polimento da superfície do fundo do *slot* dos diferentes tipos e materiais dos braquetes testados sejam diferentes e que diversos estudos tenham sugerido a correlação positiva entre a diminuição do polimento da

superfície e fricção superficial, para que se possa correlacionar tais dados é importante a realização do teste de resistência friccional. Desta forma, sugere-se a realização de novos estudos com estes objetivos.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

Os braquetes de aço inoxidável *Equilibrium 2 (Dentaurum)*, *Standard (TP Orthodontics)*, *Série Light (American Orthodontics)*, *Kirium Line (Abzil Lancer)* e Convencional (Morelli) são compostos por diferentes elementos químicos tais como: cromo, níquel, silício, ferro, cobre e alumínio. Nos braquetes de aço inoxidável *Monobloc (Morelli)* não foi verificado, detectável através do EDS, níquel em sua composição. O braquete de titânio *Equilibrium ti (Dentaurum)* foi verificado como sendo composto por titânio puro. Os braquetes de cromo-cobalto *Topic (Dentaurum)* são contituídos destes elementos em sua composição.

Os braquetes de aço inoxidável *Monobloc Golden (Morelli)* são recobertos por nitreto de titânio.

Os braquetes de aço inoxidável *Equilibrium 2 (Dentaurum)*, *Série Light (American Orthodontics)*, *Monobloc (Morelli)* e de titânio *Equilibrium ti (Dentaurum)* apresentaram a superfície do fundo do *slot* com aspecto de melhor polimento. Os braquetes de cromo-cobalto *Topic (Dentaurum)*, de aço inoxidável *Standard (TP Orthodontics)*, Convencional e *Monobloc Golden (Morelli)* apresentaram a superfície menos polida. Os braquetes de aço inoxidável *Kirium Line (Abzil Lancer)* apresentaram características intermediárias de polimento.

Enviado em: setembro 2006  
Revisado e aceito: julho de 2007

## Elemental composition and superficial aspect of metallic brackets slot

### Abstract

**Aim:** To evaluate the elemental composition and the slot roughness of 90 metallic brackets divided into 9 groups: group 1 - stainless steel (Equilibrium 2 - Dentaurum); group 2 - titanium (Equilibrium ti - Dentaurum); group 3 - chromium-cobalt (Topic - Dentaurum); group 4 - stainless steel (Standard - TP Orthodontics); group 5 - stainless steel (Serie light - American Orthodontics); group 6 - stainless steel (Kirium Line - Abzil Lancer); group 7 - stainless steel (Monobloc - Morelli); group 8 - stainless steel (Standard - Morelli) and group 9 - stainless steel (Monobloc Golden - Morelli). **Methods:** Elemental composition was evaluated using the Spectroscopy of Dispersive Energy. The qualitative slot surface evaluation was assessed using a 500X scanning electron microscope. The microphotography was classified according to surface characteristics in 0-8 values. **Results: Elemental composition** - group 1 = 100% titanium alloy; group 9 = 99,48% of titanium nitride coated. Group 3 = cobalt-chromium alloy; Group 8 = nickel free stainless steel alloy; other groups stainless steel alloy. **Surface evaluation** - Group 1 = value 2 (smoothest surface); Groups 2, 5 and 7 =value 3 (smooth surface); Groups 3, 8 and 9 showed value 6 (roughness surface); Group 4 = value 6,5 (the most roughness and irregular surface); and Group 6 has intermediate characteristics among the groups, with value 5. **Conclusions:** Metallic brackets were composed of different alloys and they were available with a small percentage or no nickel. The surface roughness was similar for both titanium and stainless steel, however the titanium nitride coated and cobalt-chromium showed an irregular and rough surface.

**Key words:** Metallic brackets. Elemental composition. Slot roughness.

## REFERÊNCIAS

- ANUSAVICE, K. J. **Phillips**: materiais dentários. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- CHIAVERINI, V. **Aços-carbono e aços-liga**: características gerais, tratamentos térmicos e principais tipos. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1959.
- COHRT, H. Metal injection molding. **Mater. World.**, London, v. 7, p. 201-203, 1999.
- DEGUCHI, T. et al. Trial production of titanium orthodontic brackets fabricated by metal injection molding (MIM) with sintering. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v. 75, p. 1491-1496, 1996.
- ELIADES, T.; ATHANASIOU, A. E. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 72, no. 3, p. 222-237, Mar. 2002.
- ELIADES, T. et al. Nickel content of as-received, retrieved, and recycled stainless steel brackets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 122, no. 2, p. 217-220, Aug. 2002.
- FACCIONI, F. et al. In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa cells. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 124, no. 6, p. 687-694, Dec. 2003.
- GONTIJO, L. P.; MAZZEIRO, E. T.; LANDRE JÚNIOR, J. Composição química e resistência mecânica da base de braquetes "Straight-Wire". **Rev. Dental Press Ortodon. Ortop. Facial**, Maringá, v. 9, n. 4, p. 52-59, jul./ago. 2004.
- HUNT, N. P. et al. An investigation into the effect of polishing on surface hardness and corrosion of orthodontic archwires. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 69, no. 5, p. 433-440, Oct. 1999.
- MICROSCÓPIO eletrônico de varredura. Disponível em: <<http://www.degeo.ufop.br/laboratorios/microlab/mev.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2004.
- RODRIGUES, P. C. **Bioestatística**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eduff, 2002.
- JANSON, G. R. P. et al. Nickel hypersensitivity reaction before, during, and after orthodontic therapy. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 113, no. 6, p. 655-660, June 1998.
- KAPUR, R.; SINHA, P. K.; NANDA, R. S. Comparison of frictional resistance in titanium and stainless steel brackets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 116, no. 3, p. 271-274, Sept. 1999.
- KAPUR, R.; SINHA, P. K.; NANDA, R. S. Frictional resistance in orthodontic brackets with repeated use. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 116, no. 4, p. 400-404, Oct. 1999.
- KERUSO, H.; MOE, G.; HENSTEN-PETTERSEN, A. Salivary nickel and chromium in subjects with different types of fixed orthodontic appliances. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 111, no. 6, p. 595-598, June 1997.
- KRISHNAN, V.; KUMAR, K. J. Mechanical properties and surface characteristics of three archwire alloys. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 74, no. 6, p. 825-831, Dec. 2004.
- KRISHNAN, V.; KUMAR, K. J. Weld characteristics of orthodontic arch wire materials. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 74, no. 4, p. 533-538, Apr. 2004.
- KUSY, R. P.; O' GRADY, P. W. Evaluation of titanium brackets for orthodontic treatment: Part I. The active configuration. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 118, no. 6, p. 675-684, Dec. 2000.
- KUSY, R. P.; WHITLEY, J. Q. Friction between different wire-bracket configurations and materials. **Semin. Orthod.**, Philadelphia, v. 3, no. 3, p. 166-177, Sept. 1997.
- KUSY, R. P. et al. Evaluation of titanium brackets for orthodontic treatment: Part I. The passive configuration. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 114, no. 5, p. 558-572, Nov. 1998.
- KUSY, R. P. et al. Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 58, no. 1, p. 33-45, Jan. 1988.
- LEE, S. H.; CHANG, Y. Effects of recycling on the mechanical properties and the surface topography of nickel-titanium alloy wires. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 120, no. 6, p. 654-663, Dec. 2001.
- MATASA, C. G. Titanium, a metal with a future in orthodontics. **The Orthodontic Materials Insider**, v. 8, no. 3, p. 8, Sept. 1995. Disponível em: <[http://www.orthocycle.com/insider/insider\\_1995/september\\_1995.pdf](http://www.orthocycle.com/insider/insider_1995/september_1995.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2004.
- MATASA, C. G. Encaixe do braquete examinado através do microscópio de força atômica (MFA). **Rev. Clin. Ortodon. Dental Press**, Maringá, v. 2, n. 5, p. 60-75, set./out. 1997.
- MATASA, C. G. Biomateriais em Ortodontia. In: GRABER, T. M.; VANARSDALL, R. L. **Ortodontia**: princípios e técnicas atuais. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 269-299.
- MENEZES, L. M. et al. Hypersensitivity to metals in Orthodontics. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 126, no. 1, p. 58-64, July 2004.
- NISHIO, C. et al. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 125, no. 1, p. 56-64, July 2004.
- OGATA, R. H. et al. Frictional resistances in stainless steel bracket-wire combinations with effects of vertical deflections. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 109, no. 5, p. 535-542, Nov. 1996.
- PROFFIT, W. R.; FIELDS, H. W. **Ortodontia contemporânea**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- SAUNDERS, C. R.; KUSY, R. P. Surface topography and frictional characteristics of ceramic brackets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 106, no. 1, p. 76-87, July 1994.
- WALKER, M. P.; WHITE, R. J.; KULA, K. S. Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 127, no. 6, p. 662-669, June 2005.
- WATANABE, I.; WATANABE, E. Surface changes induced by fluoride prophylactic agents on titanium-based orthodontic wires. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 123, no. 6, p. 653-656, June 2003.
- ZINELIS, S. et al. Metallurgical characterization of orthodontic brackets produced by metal injection molding (MIM). **Angle Orthod.**, Appleton, v. 75, no. 6, p. 1024-1031, Nov. 2005.
- ZINELIS, S. et al. Elemental composition of brazing alloys in metallic orthodontic brackets. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 74, no. 3, p. 394-399, Mar. 2004.

## Endereço para correspondência

Tatiana Féres Assad-Loss  
 Rua: Santa Rosa 96 – Santa Rosa  
 CEP: 24.220-240 - Niterói / RJ  
 E-mail: tatianaassad@yahoo.com.br