

Bruno Fonseca Pereira

**ESTUDO COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO
CORROSIVO IN VITRO DE DIFERENTES
BRÁQUETES AUTOLIGÁVEIS**

Dissertação apresentada ao programa de mestrado em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração: Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Dauro Douglas Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Ênio Tonani Mazzeiro

Belo Horizonte

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

P436e Pereira, Bruno Fonseca
 Estudo comparativo do comportamento corrosivo in vitro de diferentes
bráquetes autoligáveis / Bruno Fonseca Pereira. Belo Horizonte, 2009.
54f. : il.

 Orientador: Dauro Douglas Oliveira
 Co-orientador: Ênio Tonani Mazzeiro
 Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

 1. Corrosão. 2. Aparelhos ortodônticos. 3. Níquel. 4. Bráquetes ortodônticos.
I. Oliveira, Dauro Douglas. II. Mazzeiro, Ênio Tonani. III. Pontifícia
Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em
Odontologia. IV. Título.

CDU: 616.314-089.23

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que nunca pouparam esforços para tornar meus sonhos em realidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar minha vida em todas as suas etapas e tornar possível a continuação desta caminhada.

Ao meu orientador e amigo, Doutor Dauro Douglas Oliveira, por me estender as mãos e me apoiar no início da minha formação na Ortodontia. E por confiar em mim a realização deste trabalho, contando com seu auxílio e conhecimento.

Ao Doutor Martinho Campolina Rebello Horta, pela atenção, disponibilidade e por sempre estar presente na minha formação. Muito obrigado por viabilizar este trabalho e confiar em mim a responsabilidade de utilizar o Laboratório de Patologia da PUC Minas.

Ao Dr. Flávio Ricardo Manzi, por toda a ajuda prestada na confecção deste trabalho e durante toda a minha trajetória na Odontologia.

Ao meu co-orientador, Doutor Ênio Tonani Mazieiro, por todo o apoio dado ao longo desta caminhada.

Ao Elias Guerra Felipe, que permitiu e ajudou minha entrada na Universidade Federal de Minas Gerais, auxiliando bastante na realização de todos os exames necessários para a confecção deste trabalho.

À Ana Maria Silva Penna, pela atenção, simpatia e simplicidade, abrindo as portas do Laboratório de Micro-análises do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais para a realização do meu trabalho.

Aos meus amigos do mestrado das turmas M7, M8, M10 e M11 por toda a amizade construída, companheirismo e por toda a ajuda prestada nestes dois anos e meio de curso.

Agradeço em especial a minha turma de Mestrado M9, por fazer parte da minha vida a partir de agora, se tornando uma nova família para mim:

Dra. Ana Paula Carvalho Gomes Ferreira – por entrar na nossa turma no meio da caminhada e parecer que sempre fez parte da M9, com seu modo carinhoso e amigo de estar sempre disposta a ajudar;

Dr. Bruno Frazão Gribel – por, literalmente, estar sempre ao meu lado, pela amizade construída devido à vizinhança de cadeiras e por estar sempre disposto a ajudar no que for preciso;

Dra. Maria Rita Danelon de Amaral – pela amizade, carinho, parceria e por toda a alegria que ela proporcionou a toda a turma com sua maneira simples e descontraída de ser. Parceria sempre!!!

Dra. Paula Ribeiro Resende de Melo – pela grande amizade construída desde o Aperfeiçoamento em Ortodontia, pelas várias caronas prestadas, pelo companheirismo nas várias situações do curso e por suas risadas que proporcionavam a todos da turma momentos de extrema alegria;

Dr. Rafael Marques de Sousa Araugio – esse eu não tenho palavras para descrever o tanto que ele se entrega a uma amizade, como algumas pessoas falam: “*Esse é pau para toda obra!!!*” Muito obrigado Rafa, por toda a amizade, companheirismo e ajuda durante todos estes anos;

Dra. Sarah Marina Guerra Braga – por toda a sua doçura e carinho com que ela se dirige a todos que estão ao seu lado, por ser sempre amiga e estar disposta a ajudar todos que precisam. Obrigado por tudo!!!

Aos amigos Diego e Alcides, por toda a ajuda e pela amizade construída durante estes dois anos e meio, a qual eu tenho certeza que vai se perpetuar a partir de agora.

A todos os professores do Curso de Mestrado em Ortodontia da PUC Minas, por terem acreditado no meu potencial, pela contribuição para a minha formação profissional e para o meu crescimento pessoal, além do exemplo de profissionalismo e por toda a amizade.

A todos os funcionários da PUC Minas, pela convivência, pelo carinho e pela dedicação.

A todos os meus pacientes, que permitiram meu aprendizado sempre com respeito, amizade e profissionalismo. Desejo tudo de melhor para vocês!

Aos meus amigos Guilherme Gazzinelli, Pablo Noronha, Márcio Quintino, Vinícius de Abreu, Jorge Salim, Alexandre Tadeu, Renato Bittar, pela amizade incondicional e por estarem sempre ao meu lado dando energia para continuar a caminhada.

Ao meu pai, exemplo de profissional e pessoa. Sempre correto em suas decisões e dedicado em tudo o que faz. Obrigado pelo amor incondicional e por permitir que este sonho se tornasse realidade.

À minha mãe, pelo amor e carinho que sempre me proporcionou e por ser meu porto seguro e exemplo de mulher e mãe.

Ao meu irmão, pela amizade, amor, companheirismo e por estar sempre ao meu lado.

À minha segunda família: Waldir, Laninha, Michelle e Carol, por me acolherem como um filho. Por todo o apoio que sempre me deram, por permitirem a minha presença nessa família maravilhosa que hoje eu tenho o orgulho de dizer que faço parte. Amo todos vocês!

Ao amor da minha vida: Poliana. Por ser a razão de tudo o que eu faço e por acompanhar de perto todos os meus passos na Odontologia me dando força, amor e carinho em todos os momentos da minha vida. Muito obrigado por existir em minha vida, deixando-a mais feliz e dando sentido a todas as conquistas. Te amo demais!

*“Cedo ou tarde você descobrirá a diferença entre
Saber o caminho e
Percorrer o caminho.”*

Matrix – Keanu Reeves - 1999

APRESENTAÇÃO

Este trabalho se refere à dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Odontologia com área de concentração em Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e representa requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Os questionamentos que culminaram com a elaboração desta dissertação surgiram da ausência de estudos conclusivos na literatura sobre o assunto a ser estudado. Além disso, o trabalho a seguir representa uma interface de duas áreas de interesse da mesma linha de pesquisa deste programa, na qual o Prof. Dr. Dauro Douglas Oliveira vem pesquisando o comportamento dos bráquetes autoligáveis e o Prof. Dr. Ênio Tonani Mazzeiro, o comportamento corrosivo *in vitro* de bráquetes ortodônticos ditos convencionais. O presente projeto teve as suas atividades iniciadas em junho de 2008, com aprovação pela banca examinadora sob o título “Estudo comparativo do comportamento corrosivo *in vitro* de diferentes bráquetes autoligáveis”.

As propostas primárias deste trabalho foram: (1) analisar qualitativamente, por meio de microscopia eletrônica de varredura, se existe modificação da estrutura superficial dos bráquetes autoligáveis durante a evolução de seu processo corrosivo; (2) quantificar, por meio do exame de absorção atômica, possíveis diferenças nas concentrações de Níquel e de Cromo liberados como produtos da corrosão desses acessórios ortodônticos.

A microscopia eletrônica de varredura foi feita no Laboratório de Microanálise do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a pesagem dos bráquetes foi feita no Laboratório de Biomateriais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e o exame de absorção atômica foi realizado no Laboratório do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Além destes exames, foi feita também a avaliação semi-quantitativa da composição química dos bráquetes autoligáveis das diferentes marcas utilizadas na pesquisa. Esta análise foi feita por meio de microscópio

eletrônico de varredura equipado com o sistema de análise semi-quantitativa de composição química por EDX (Energy Dispersive X-Ray), no Laboratório de Microanálise do Departamento de Física - ICEX, no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte – MG).

De acordo com as opções de formato contempladas pelo regulamento do Programa, esta dissertação foi estruturada no formato de artigo que será enviado para publicação após a avaliação das sugestões dadas pelos membros da banca examinadora.

Além do capítulo referente ao artigo, esta dissertação traz um capítulo de Introdução Geral, mostrando as razões para a realização deste trabalho, um capítulo de Revisão de Literatura e outros dois capítulos que trazem as Proposições e as Hipóteses esperadas. Para melhor compreensão por parte dos leitores, foram feitos também um capítulo com a Metodologia Detalhada da pesquisa, mostrando alguns detalhes que muitas vezes não cabem no artigo, mas fazem falta para aqueles que buscam informações mais detalhadas.

RESUMO

Introdução: Uma das propriedades mais importantes dos materiais ortodônticos é sua biocompatibilidade, pois a corrosão desses acessórios libera produtos que podem aumentar a hipersensibilidade alérgica de alguns pacientes. Apesar do rápido e significativo aumento de market share dos bráquetes autoligáveis (BAL), seu potencial corrosivo ainda não foi devidamente testado. O objetivo deste trabalho foi investigar *in vitro* a corrosão de quatro tipos de BAL e, conseqüentemente, as concentrações de Níquel e Cromo liberados. **Métodos:** A amostra contou com 200 BAL de incisivo central superior direito das marcas In-Ovation R[®] (Dentispaly GAC), SmartClip[™] (3M/Unitek), Time 2[®] (American Orthodontics), e Damon 2[®] (Ormco Corp), sendo 50 espécimes de cada marca. Cada bráquete foi submetido individualmente ao processo corrosivo por imersão em 10 ml de solução salina a 0,9% de NaCl, estéril, sob temperatura constante de 37⁰ C. As amostras foram analisadas após os intervalos de 0 (grupo controle), 3, 5, 7 e 9 semanas. As análises consistiram: (1) na avaliação qualitativa da evolução do processo corrosivo por meio de microscopia de varredura; (2) análise semi-quantitativa da composição química das ligas originais das diferentes marcas comerciais por meio de microscopia eletrônica de varredura e sistema *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) e; (3) avaliação, por meio de espectrofotometria de absorção atômica, das concentrações de Níquel e Cromo nas soluções saturadas pelos produtos da corrosão. **Resultados:** Todos os tipos de bráquetes testados apresentaram potencial corrosivo e os BAL Damon 2[®] apresentaram maior degradação superficial e liberação significativamente maior ($p < 0,05$) de Níquel na solução saturada pelos produtos da corrosão. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) quanto à liberação de Cromo entre os diferentes grupos e nos diversos intervalos de tempo experimentais. **Conclusão:** O potencial corrosivo dos BAL foi comprovado e os efeitos que os produtos dessa corrosão podem causar na estrutura dos cliques, no atrito e na hipersensibilização alérgica dos pacientes ortodônticos precisam ser mais bem estudados.

Palavras-chave: Corrosão. Aparelhos ortodônticos. Liberação de Níquel. Bráquetes autoligáveis.

ABSTRACT

Introduction: Biocompatibility is one of the most important properties of any orthodontic material. The corrosion of these accessories may increase allergic sensibility of some patients. Despite the growing market share of Self-ligating brackets (SLB), their corrosion properties have not been properly evaluated. The purpose of this investigation was to study the corrosion of four different types of self-ligating brackets and the consequent levels of Nickel and Chromium released.

Methods: The sample comprised of 200 maxillary right central incisors SLB: In-Ovation R[®] (Dentisply GAC), SmartClip[™] (3M/Unitek), Time 2[®] (American Orthodontics), e Damon 2[®] (Ormco Corp), randomly divided into five different groups of 10 brackets each. The specimens were individually stored in 10 ml of 0.9 % NaCl sterile saline at constant 37⁰ C temperatures. The samples were evaluated at 5 different time intervals: out of the box (control) and 3, 5, 7 and 9 weeks post-immersion in the saline. The tests used were: qualitative corrosion evaluation with scanning electron microscopy (SEM); semi-quantitative chemical composition analysis of the original SLB alloys with SEM and Energy Dispersive X-Ray (EDX); and atomic sorption spectrophotometry of both nickel and chromium concentrations in the post-corrosion saturated solutions. **Results:** All types of SLB tested were affected by corrosion and the Damon 2[®] brackets showed higher superficial degradation as well as significantly greater ($p < 0,05$) levels of Nickel at the saline solution over time. However, there were no significant differences ($p > 0,05$) in the Chromium levels among the different types of SLB studied at none of the time intervals considered.

Conclusion: The corrosive potential of all self-ligating brackets tested was confirmed and further studies must be performed to evaluate the corrosion effects on the clip structure, on friction and also on the allergic sensibility of orthodontic patients treated with such appliances.

Keywords: Corrosion. Orthodontic Appliances. Nickel Release. Self-ligating Brackets.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

MATERIAL E MÉTODOS DETALHADOS

Tabela 1.	25
Tabela 2.....	26
Tabela 1.....	38
Tabela 2.....	38
Tabela 3.....	42
Figura 1.	43
Figura 2.	44
Figura 3.	44
Figura 4.	45
Figura 5.	45
Gráfico 1.....	47
Gráfico 2.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Aspectos gerais da corrosão	15
2.2 Considerações sobre o Níquel	18
2.3 Composição e estrutura dos bráquetes autoligáveis	20
3 PROPOSIÇÕES.....	23
4 HIPÓTESES.....	24
4.1 Hipóteses Nulas	24
4.2 Hipóteses de Pesquisa.....	24
5 MATERIAL E MÉTODOS DETALHADOS	25
5.1 - Amostra.....	25
5.2 - Condições experimentais.....	26
5.3 - Métodos de análise	27
5.3.1 Preparo das amostras	27
5.3.2 Avaliação qualitativa das características superficiais dos bráquetes.....	28
5.3.3 Avaliação semi-quantitativa da composição química das ligas metálicas utilizadas:	28
5.3.4 Avaliação quantitativa dos elementos químicos presentes nas soluções.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
ARTIGO	34
ABSTRACT.....	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	38

2.1 - Métodos de análise	39
2.1.1 Preparo das amostras	39
2.1.2 Avaliação qualitativa das características superficiais dos bráquetes.....	40
2.1.3 Avaliação semi-quantitativa da composição química das ligas metálicas utilizadas:	40
2.1.4 Avaliação quantitativa dos elementos químicos presentes nas soluções.....	40
RESULTADOS.....	42
3.1 Avaliação semi-quantitativa da composição química das ligas metálicas utilizadas.....	42
3.2 Avaliação das características superficiais dos bráquetes	43
3.3 Avaliação da liberação de íons Níquel e Cromo.....	45
DISCUSSÃO	48
4.1 Avaliação das características superficiais dos bráquetes	48
4.2 Avaliação da liberação de íons Níquel e Cromo.....	49
CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1 INTRODUÇÃO GERAL

A corrosão de aparelhos ortodônticos na cavidade bucal tem preocupado alguns ortodontistas há um bom tempo. Esta preocupação está focada em torno de duas questões: (1) se os produtos da corrosão são absorvidos pelo organismo, causando efeitos locais ou sistêmicos; (2) qual a influência da corrosão nas propriedades físicas e no desempenho clínico dos acessórios ortodônticos (HOUSE, K.et al, 2008).

Devido a estas questões, vêm se discutindo há décadas a biocompatibilidade dos materiais dentários, especialmente na Ortodontia, pois a maioria dos materiais ortodônticos possui Níquel na sua composição e sua corrosão é praticamente inevitável, visto que as propriedades microbiológicas, iônicas, térmicas, de pH e enzimáticas fazem do ambiente bucal um meio bastante propício para a degradação de metais (BISHARA, BARRET & QUINN, 1993).

A maioria dos dispositivos metálicos utilizados durante o tratamento ortodôntico é confeccionada com aço inoxidável do tipo austenítico que, entre outros metais, contém em sua liga cerca de 8% de Níquel e 18% de Cromo (SÓRIA, 2005). Mesmo contando com uma boa resistência à corrosão, quando leva-se em consideração as condições em que estas ligas estão submetidas na cavidade bucal, essa resistência se torna questionável (BISHARA, BARRET & QUINN, 1993).

A incidência de processos alérgicos está em constante aumento. Uma reação alérgica pode ocorrer durante qualquer tratamento dentário e ortodôntico, com tudo, o potencial alérgico dos aparelhos ortodônticos é freqüentemente subestimado (SCHUSTER, 2004). Segundo a literatura, a hipersensibilidade ao Níquel duplicou na última década, variando entre 10 a 30% da população apresentando sensibilidade a este metal. O gênero feminino é mais freqüentemente acometido, numa proporção de 5:1. Suspeita-se que a utilização de bijuterias possa exacerbar a sensibilidade ao metal (SÓRIA, 2005).

O Níquel tem sido freqüentemente associado a manifestações alérgicas, provocando mais reações do que todos os outros metais combinados. Estudos *in vitro* vêm comprovando a susceptibilidade à corrosão dos dispositivos ortodônticos compostos por aço inoxidável e a liberação de Níquel como produto da corrosão destes acessórios (VON FRAUNHOFER, 1997; SCHUSTER, 2004; HOUSE, 2008).

Alguns relatos de caso na literatura sugerem que os dispositivos ortodônticos podem desencadear dermatite de contato em pacientes sensíveis (SÓRIA, 2005). Além disso, evidências recentes sugerem que o níquel pode apresentar propriedades mutagênicas, citotóxicas e potencialmente carcinogênicas (NIPERA <www.nipera.org>). Entretanto, pesquisas *in vivo*, inclusive com pacientes já sensíveis ao Níquel, não são totalmente conclusivas quanto aos danos causados para o organismo pela liberação do Níquel como produto da corrosão de aparelhos ortodônticos (BISHARA, BARRET & SELIM, 1993).

A Ortodontia atual conta atualmente com um grande número de ligas metálicas que tentam minimizar o processo de corrosão e seus efeitos adversos na cavidade bucal. Dentre as ligas mais utilizadas estão as de aço inoxidável, cobalto-cromo, níquel-titânio e titânio-molibdênio. A introdução do titânio como material alternativo na confecção de dispositivos ortodônticos é explicada pela alta resistência à corrosão e conseqüente biocompatibilidade desse elemento químico (GIOKA et al., 2004).

No caso dos bráquetes autoligáveis, não se vê diferença significativa quanto às ligas mais utilizadas na sua fabricação. Porém, um estudo sobre a corrosão destes bráquetes e seus efeitos no desempenho clínico e mecânico desses acessórios se faz necessário, pois estes dispositivos vêm tendo um aumento constante em sua participação no mercado de e na clínica ortodôntica. Apesar de todas estas situações, não estão disponíveis até então, trabalhos que avaliam tais características nos bráquetes autoligáveis.

Apesar do intenso marketing por parte da indústria ortodôntica para que os ortodontistas passem a usar bráquetes autoligáveis e, conseqüentemente, sua participação na quantidade de bráquetes vendidos ter aumentado sobremaneira, não existem trabalhos na literatura atual que tenham estudado o processo de corrosão destes bráquetes e seus efeitos clínicos e mecânicos. Desta forma, este estudo é uma tentativa de melhorar a compreensão sobre a corrosão dos bráquetes autoligáveis e suas possíveis conseqüências.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da corrosão

Corrosão é um processo eletroquímico, ou seja, uma reação química na qual ocorre a transferência de elétrons de um componente para outro, resultando na perda de propriedades essenciais do metal (VON FRAUNHOFER, 1997). Ela ocorre com a perda de íons do metal diretamente para a solução ou por uma dissolução progressiva da camada superficial deste metal. Essencialmente, a corrosão ocorre através de duas reações simultâneas: oxidação e redução (*redox*). O nível de corrosão de qualquer metal depende da química do solvente em que ele está imerso (HOUSE, K. et al, 2008).

Na oxidação ou reação anódica, os metais perdem ou cedem elétrons, enquanto na redução ou reação catódica, os elétrons perdidos ou cedidos são transferidos para elementos químicos, dando origem a compostos diferentes ou íons. Estes, por sua vez, podem ser transferidos para a solução corrosiva ou podem ficar insolúveis e se manterem aderidos à superfície do material (VON FRAUNHOFER, 1997; CALLISTER, 2002). No caso dos aços inoxidáveis, a camada superficial de óxido tem a possibilidade de se renovar através do processo de passivação, que é um fato importante para a não progressão da oxidação, resultando na prevenção da desintegração do metal (VON FRAUNHOFER, 1997).

Na corrosão podemos visualizar a formação de uma camada de material não metálico depositado sobre a superfície do metal (CALLISTER, 2002). Quando na cavidade bucal, esta camada resulta em danos às propriedades mecânicas de dispositivos ortodônticos, causando perda de massa e enfraquecimento da estrutura dos mesmos (MATASA, 1995).

Existem várias formas de corrosão enumeradas na literatura, dentre elas podemos citar: corrosão uniforme, puntiforme ou por *pite*, em trinca, intergranular, por fricção, induzida por microrganismos e corrosão galvânica (MATASA, 1995; ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

A corrosão uniforme é a mais comum e é caracterizada pelo fato de toda a estrutura da liga metálica ser atacada de maneira igual, resultando na diminuição de suas propriedades mecânicas, proporcionalmente com a sua perda de massa. Um

exemplo que podemos citar é a presença de camadas de ferrugem sobre o aço inoxidável. Este tipo de corrosão só é facilmente detectado quando grandes quantidades do material já foram dissolvidas (MATASA, 1995; CALLISTER, 2002; ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

Já a corrosão puntiforme ou por *pites* tem como característica básica um processo corrosivo localizado, formando *pites* ou poros na superfície do metal (CALLISTER, 2002; ELIADES & ATHANASIOU, 2002). Neste caso, tem-se maior efeito sobre as propriedades mecânicas e a aparência do metal do que perda de massa. Este é o tipo de corrosão que normalmente acomete os acessórios ortodônticos (MATASA, 1995). Porém, estudos relatam que antes mesmo dos acessórios estarem em contato com a cavidade bucal, o início do processo de corrosão puntiforme já pode ter ocorrido por defeitos e/ou contaminação no processo de fabricação destes acessórios (MATASA, 1995; ELIADES & ATHANASIOU, 2002). Segundo Platt et al. (1997), os aços inoxidáveis austeníticos são susceptíveis a este tipo de corrosão, entretanto, a adição de aproximadamente 2% de molibdênio à liga metálica ocasiona o aumento de sua resistência à corrosão puntiforme.

A corrosão em trincas ou em frestas se caracteriza pela formação de crateras e trincas, resultando em grande desintegração da superfície do metal, levando a altos níveis de dissolução deste metal no meio bucal. Também comum em bráquetes de aço inoxidável, este tipo de corrosão parece ser favorecido pelo atrito das ligaduras elásticas com as aletas dos bráquetes, deixando estas áreas mais propensas a este tipo de corrosão (ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

No caso da corrosão intergranular, normalmente se tem uma desintegração que pode reduzir o material metálico a forma de grãos, levando à diminuição de suas propriedades mecânicas e à alteração de sua microestrutura (MATASA, 1995; CALLISTER, 2002). Os bráquetes de aço inoxidável que contém área de solda entre seu corpo e sua base são exemplos de regiões críticas para a ocorrência da corrosão intergranular, visto que este tipo de corrosão é mais comum em materiais metálicos com grandes variações de temperatura durante a sua fabricação (CALLISTER, 2002; ELIADES & ATHANASIOU, 2002). Pode-se resultar com isso, numa fratura destes acessórios quando submetidos a esforços mecânicos (GENTIL, 1996).

A corrosão por fricção ocorre na interface de materiais metálicos submetidos ao atrito, sendo estes metais semelhantes ou não. A deterioração de materiais de

aço inoxidável por este tipo de corrosão está ligada a perda da camada de proteção de óxido de cromo devido ao atrito entre as duas partes metálicas, levando a trincas e porosidades na superfície do material. Uma região que está sujeita a este tipo de corrosão é a área entre a canaleta e o fio nela encaixado (ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

A corrosão induzida por microrganismos acontece quando estes são capazes de metabolizar os metais que constituem as ligas, independentemente do ambiente a que estão submetidos. Os *Bacteroides corrodens*, *Thiobacillus ferroxidans* e o *Aerobacter sp.* são alguns exemplos destes microrganismos e todos possuem a capacidade de deteriorar o ferro do aço inoxidável, criando assim uma situação favorável aos processos de oxidação e corrosão (MATASA 1995; ELIADES & ATHANASIOU, 2002). Os *Streptococcus mutans* são responsáveis por este processo de corrosão na cavidade bucal, isto porque os produtos de seu metabolismo resultam em substâncias ácidas que alteram a estrutura superficial das ligas metálicas (ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

Por fim, a corrosão galvânica é ocasionada quando dois materiais metálicos, com diferentes potenciais, entram em contato num mesmo eletrólito, ocasionando a troca de elétrons causada por esta diferença de potencial, o que vai originar um anodo e um catodo. A relação de área entre anodo e catodo deve ser considerada, visto que um par metálico com um anodo grande e um catodo pequeno vão gerar uma pequena taxa de corrosão devido à baixa densidade de corrente produzida (FERREIRA, 2005). Na cavidade bucal, este tipo de corrosão é relativamente comum devido à grande diversidade de materiais metálicos (diferentes restaurações metálicas, bráquetes) que entram em contato (KAROV & HINBERG, 2001). Na Ortodontia, os bráquetes de aço inoxidável que possuem área de solda em sua base desenvolvem este tipo de corrosão quando entram em contato com a cavidade bucal. Isso acontece devido à dissimilaridade dos metais constituintes da solda e do aço e pelas características eletroquímicas do ambiente (MAIJER & SMITH, 1986).

Toms (1988) relatou que a avaliação da taxa de corrosão e do dano provocado para o metal pode ser realizada de várias formas, dentre elas podemos citar: 1) perda de peso, que é o método mais antigo de se avaliar a corrosão, porém só tem validade quando a corrosão for perfeitamente uniforme e todos os produtos de corrosão devem ser removidos antes da pesagem; 2) profundidade do *pite* através de microscópio; 3) perda das propriedades mecânicas após a exposição; 4)

aparência através de microscopia eletrônica; 5) alterações no meio corrosivo (mudanças de pH, aumento na concentração de íons metálicos); 6) método eletroquímico.

É mostrado na literatura que íons metálicos são liberados durante o tratamento ortodôntico, porém em níveis tão baixos quanto os ingeridos numa rotina alimentar diária. Alguns pacientes demonstram uma hipersensibilidade ao níquel quando expostos a ligas que contém este composto. Contudo, esta relação ainda não está inteiramente clara, e existem indícios de que o tratamento ortodôntico pode melhorar a tolerância do sistema imunológico ao níquel em pacientes sensíveis (HOUSE, K. et al, 2008).

Então, o impacto da corrosão no tratamento ortodôntico e na saúde dos pacientes ainda não se encontra bem entendido pela literatura, necessitando de futuros trabalhos para o melhor entendimento sobre os efeitos clínicos da corrosão (HOUSE, K. et al, 2008).

2.2 Considerações sobre o Níquel

O Níquel é um elemento químico de símbolo Ni, de número atômico 28 (28 prótons e 28 elétrons) e de massa atômica 58,7. À temperatura ambiente, ele se encontra em estado sólido. É um elemento de transição situado no grupo 10 (VIII-B) da Classificação Periódica dos Elementos. Pode ser encontrado no ar, nos alimentos e, mesmo ao nascimento, ele é encontrado nos tecidos humanos, parecendo ter certa predileção para os tecidos epiteliais, em concentrações que permanecem constantes durante a vida, desde que o indivíduo não seja submetido a longas exposições (BENNETT, 1982)

Por se tratar de um potente metal sensibilizador e por estar presente em uma infinidade de objetos metálicos do cotidiano, inclusive em dispositivos utilizados para tratamentos médicos e odontológicos, o Níquel é classificado pela comunidade médica como um “alergênico de contato onipresente” (RYCROFT et al., 2001).

De acordo com a literatura, a incidência da hipersensibilidade ao Níquel dobrou nos últimos dez anos, variando entre 10 a 30% da população que apresenta sensibilidade a este metal. Este pode ser o resultado do grande aumento da utilização da liga de níquel-cromo nas últimas duas décadas. O gênero feminino é mais freqüentemente acometido, numa proporção de 5:1. Provavelmente devido ao

contato mais freqüente das mulheres com objetos que contém Níquel, como jóias e bijuterias (SÓRIA, 2005).

Como está presente na maioria das ligas metálicas constituintes de vários dispositivos ortodônticos, o Níquel se tornou parte de quase toda intervenção ortodôntica rotineira e por se tratar de um potente sensibilizador, faz com que a biosegurança destas ligas seja questionada (ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

Segundo Sória (2005), diversas variáveis interferem no processo de corrosão dos bráquetes e, conseqüentemente, na liberação de elementos metálicos no ambiente bucal. Estas variáveis são: processo de fabricação, presença de solda unindo as aletas à base do bráquete, tipo de fio utilizado durante o tratamento ortodôntico, intensidade das forças aplicadas na canaleta, processo de polimento e acabamento do bráquete, rugosidade superficial dentro e fora da canaleta, microbiota bucal, as enzimas e o pH da saliva. Da mesma forma, Eliades (2002) relata que a liberação de Níquel na cavidade bucal não é diretamente proporcional à concentração deste elemento na liga metálica, isso porque sua liberação depende da interação do Níquel com os demais componentes da liga metálica e com o ambiente externo.

Contudo, o Níquel tem sido freqüentemente associado a manifestações alérgicas, provocando mais reações do que todos os outros metais combinados (PELTONEN, 1979). Alguns relatos de casos na literatura sugerem que os dispositivos ortodônticos podem desencadear dermatite de contato em pacientes sensíveis (BISHARA, 1995; LOWEY, 1993). Além disso, evidências recentes indicam que o Níquel pode apresentar propriedades mutagênicas, citotóxicas e carcinogênicas (NIPERA <www.nipera.org>).

Visto isso, os recursos que podemos utilizar para o diagnóstico da hipersensibilidade ao níquel são: anamnese contendo o histórico pessoal e familiar de alergia e as observações clínicas. Depois disso, se for necessário podemos solicitar testes de sensibilidade cutânea (*patch test*) ao sulfato de níquel, Porém, estes testes podem fornecer resultados falso-negativos ou falso-positivos. Desta forma, testes laboratoriais têm sido utilizados como método mais específico de diagnóstico, como os ensaios de transformação de linfócitos com sais de Níquel, principalmente nos casos em fase aguda, em que o teste cutâneo não é indicado (MARIGO et al., 2003).

Os estudos de liberação de Níquel *in vitro* são heterogêneos, existindo variação nos tipos de ligas metálicas e fabricantes avaliados, além dos aspectos metodológicos como tipo de solução de imersão e temperatura. Estes fatos dificultam a interpretação e aplicação clínica dos dados, pois as várias pesquisas relatadas na literatura não podem ser comparadas diretamente (SÓRIA, 2005).

2.3 Composição e estrutura dos bráquetes autoligáveis

Apesar da grande variedade de metais existentes, a maioria não é empregada pelas indústrias em seu estado puro, mas em forma de ligas com propriedades alteradas em relação ao metal inicial, o que visa entre outras coisas, a redução dos custos de produção e a melhoria das propriedades metálicas (resistência, oxidação e corrosão). As ligas contêm dois ou mais elementos químicos, sendo que pelo menos um deles é um metal.

Até a década de 30, o ouro era a liga mais utilizada para a fabricação de dispositivos ortodônticos, porém nos dias atuais podemos ver vários tipos de ligas presentes nos diferentes bráquetes ortodônticos (VON FRAUNHOFER, 1997). Dentre as ligas mais utilizadas estão as de aço inoxidável, cobalto-cromo, níquel-titânio e titânio-molibdênio (GIOKA et al., 2004).

Os processos mais comuns de fabricação de bráquetes de aço inoxidável são o forjamento, a estampagem e a fundição. No caso do forjamento e a estampagem os bráquetes são produzidos por meio de pressão mecânica, a partir de um bloco metálico sólido, resultando em bráquetes contendo uma estrutura em duas peças (corpo e base), posteriormente unidas através de solda. Assim, forma-se uma camada contendo o material utilizado para a solda entre estas duas peças (CALLISTER, 2002).

Já no caso do processo de fundição, o aço inoxidável é fundido sob altas temperaturas e é injetado num molde pré-existente, de modo que após a solidificação, o metal assume a forma do molde numa peça única, ou seja, sem uma camada de solda (CALLISTER, 2002; PROFFIT, 1995). Os bráquetes produzidos desta forma recebem o nome de monobloco e apresentam uma estrutura mais precisa, durável e de qualidade superior, quando comparados aos bráquetes contendo interface de solda entre as peças.

As ligas de aço inoxidável são compostas por Ferro, Carbono, Cromo e Níquel, e vêm sendo amplamente utilizadas na confecção dos bráquetes ortodônticos (ELIADES, ELIADES & BRANTLEY, 2001). Dentre os tipos de aço inoxidável, o mais utilizado na fabricação de dispositivos ortodônticos é o austenítico, devido as suas melhores propriedades mecânicas e anticorrosivas, quando produzidos sob baixas temperaturas (abaixo de 400⁰C). Normalmente este tipo de aço é composto por 18% de Cromo, 8% de Níquel, 70% de Ferro, 2 a 3% de Molibdênio e no máximo 0,15% de Carbono. A sua resistência à corrosão se deve propriamente à presença do cromo, por este ser um metal altamente reativo (BISHARA, BARRET & QUINN, 1993; ELIADES & ATHANASIOU, 2002).

Leite (2003) comparou o comportamento do processo corrosivo de bráquetes de aço inoxidável e de bráquetes de aço com baixo teor de Níquel (*nickel-free*). Foi observado que os últimos obtiveram um comportamento corrosivo consideravelmente superior ao dos bráquetes de aço inoxidável convencional e que a estrutura do bráquete foi determinante para diferença de comportamento corrosivo, visto que bráquetes monoblocos foram superiores aos bráquetes com base soldada.

Com a evolução das pesquisas feitas em relação aos materiais ortodônticos, as ligas à base de titânio surgiram como uma nova possibilidade para a fabricação de bráquetes ortodônticos, com a vantagem de não apresentarem Níquel em sua composição e por serem mais resistentes ao processo corrosivo que as ligas de aço inoxidável convencionais (ELIADES & ATHANASIOU, 2002; HUANG, YEN & KAO, 2001). O titânio é um material muito usado na fabricação das placas de fixação óssea e de fixação óssea para implantes dentários, apresentando excelente resistência à corrosão, além de ser biocompatível e mostrar boa resistência mecânica.

Historicamente, a idéia de se desenvolver bráquetes que não necessitassem do uso de amarrilhos para estabilizar os fios ortodônticos em suas canaletas foi testada na primeira metade do século passado através do aparelho Russel Lock (STOLZENBERG, 1946). Ficando algum tempo em esquecimento, este tipo de bráquete ganhou destaque novamente no início desta década com os novos relatos de sucesso do emprego deste dispositivo.

Dois tipos de bráquetes autoligáveis são citados na literatura: com clipe passivo ou apresentando clipe ativo. No primeiro, o clipe não pressiona o fio contra as paredes internas da canaleta, funcionando apenas como barreira que mantém o

arco dentro do acessório. Já os bráquetes com clipe ativo, podem apresentar duas situações: o clipe estar pressionando o fio contra a canaleta, ou o clipe estar passivo e não encostar-se ao arco. O diâmetro do fio vai determinar a passividade do mecanismo de fechamento desse segundo grupo de bráquetes autoligáveis (DAMON, 1998).

As vantagens relatadas pelos fabricantes deste tipo de bráquete são: tempo de cadeira reduzido, menor atrito nas fases de alinhamento e nivelamento, menor número de consultas para término do tratamento, utilização de forças mais leves e higienização melhorada (DAMON, 1998). Entretanto, muitas dessas supostas vantagens foram afirmadas sem embasamento científico e com interesse comercial questionável e, com o passar dos anos, a comunidade científica vem pesquisando melhor o assunto e desmistificando várias dessas afirmações.

3 PROPOSIÇÕES

Os autores deste trabalho propõe-se a comparar a corrosão de quatro tipos de bráquetes auto-ligáveis, avaliando:

- Se existe modificação da avaliação de superfície dos bráquetes na evolução do processo corrosivo;
- Se há diferença significativa nas concentrações de Níquel e de Cromo liberados como produtos da corrosão desses acessórios.

4 HIPÓTESES

4.1 Hipóteses Nulas

- Não existem diferenças qualitativas de degradação superficial decorrentes do processo corrosivo nos diferentes bráquetes autoligáveis testados.

- Não existem diferenças estatisticamente significantes nas concentrações de Níquel e de Cromo liberados como produtos da corrosão dos diferentes bráquetes autoligáveis estudados.

4.2 Hipóteses de Pesquisa

- Existem diferenças qualitativas de degradação superficial decorrentes do processo corrosivo nos diferentes bráquetes autoligáveis testados.

- Existem diferenças estatisticamente significantes nas concentrações de Níquel e de Cromo liberados como produtos da corrosão dos diferentes bráquetes autoligáveis estudados.

5 MATERIAL E MÉTODOS DETALHADOS

5.1 - Amostra

A amostra contou com 200 bráquetes metálicos autoligáveis de incisivo central superior direito, sendo 50 espécimes de cada tipo: In-Ovation R[®] (GAC, Bohemia, NY, EUA), SmartClip[™] (3M Unitek, Monrovia, CA, USA), Time 2[®] (American Orthodontics, Sheboygan, WI, USA), Damon 2[®] (Ormco Corp, Glendora, CA, USA).

Os bráquetes foram distribuídos em cinco grupos, representando cada tipo de acessório testado e estes, subseqüentemente redivididos em cinco subgrupos, correspondentes aos diferentes tempos de imersão na solução corrosiva. A tabela 1 representa a distribuição destes grupos segundo os tempos experimentais. Por outro lado, a tabela 2 mostra a distribuição dos bráquetes de cada marca comercial considerando os diferentes grupos experimentais.

Tabela 1. Distribuição dos grupos de bráquetes segundo os tempos de imersão

Grupos de bráquetes		Tempos de imersão
Grupo controle	Grupo 0	0 semanas
Grupos experimentais	Grupo 1	9 semanas
	Grupo 2	7 semanas
	Grupo 3	5 semanas
	Grupo 4	3 semanas

Tabela 2. Distribuição da amostra segundo os grupos experimentais

Marca	Grupo Controle	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Total
In-Ovation R [®]	10	10	10	10	10	50
SmartClip [™]	10	10	10	10	10	50
Time 2 [®]	10	10	10	10	10	50
Damon 2 [®]	10	10	10	10	10	50
TOTAL	50	50	50	50	50	200

5.2 - Condições experimentais

Para a indução do processo corrosivo, os bráquetes foram mantidos em vidros de penicilina, de 30 mm de diâmetro por 80 mm de altura e previamente esterilizados em autoclave, contendo 10 ml de solução salina estéril de 0,9% de cloreto de sódio NaCl (Laboratório Sanobiol Ltda, Pouso Alegre – MG). Este volume foi aferido por meio de seringa descartável de 20 ml e dispensado nos frascos de penicilina.

Os bráquetes foram colocados nesses recipientes utilizando-se uma pinça clínica esterilizada para evitar a contaminação da amostra. O posicionamento dos bráquetes nos vidros de penicilina foi feito de modo que eles ficassem totalmente submersos na solução salina e com suas bases em contato com o fundo do frasco. Um total de 200 vidros de penicilina foi necessário para a distribuição da amostra. Estes recipientes foram tampados, identificados e mantidos sob temperatura constante de 37⁰C, dentro de uma estufa do laboratório de Patologia Bucal da Faculdade de Odontologia da PUC Minas.

Para manter a padronização das análises após os quatro intervalos de indução à corrosão, os grupos experimentais foram imersos em momentos diferentes. Ou seja, o experimento foi iniciado submetendo à corrosão, primeiramente, as amostras de nove semanas (Grupo 1). Após duas semanas, iniciou o processo para o grupo de sete semanas (Grupo 2), e assim

sucessivamente, até o grupo de três semanas (Grupo 4). Este procedimento permitiu que todos os quatro grupos finalizassem a etapa de imersão ao mesmo tempo.

Depois do início do ensaio de corrosão para cada grupo, a cada dois dias, acrescentou-se cerca de 5 ml de solução salina em todas as amostras. Desta forma, ao final dos tempos de imersão, estas permaneciam submersas em volumes semelhantes de solução.

Terminados os intervalos de imersão, os bráquetes dos 5 grupos experimentais foram acondicionados em suas caixas originais, previamente identificadas de acordo com cada grupo e marca comercial. As soluções saturadas com os produtos da corrosão dos diferentes grupos experimentais foram mantidas em seus respectivos vidros e identificadas para posterior análise.

5.3 - Métodos de análise

Após os ensaios de corrosão para cada um dos grupos experimentais, as seguintes etapas de análises foram realizadas:

- avaliação qualitativa das características superficiais dos bráquetes novos (grupo controle) e dos bráquetes que sofreram corrosão (grupos experimentais), por meio de microscopia eletrônica de varredura;
- avaliação quantitativa das concentrações de Níquel e Cromo nas soluções saturadas pelos produtos da corrosão, por meio de espectrofotometria de absorção atômica.

5.3.1 Preparo das amostras

As amostras dos grupos experimentais e controle, utilizadas para a análise qualitativa de superfície e para a análise semi-quantitativa de composição química das ligas, foram preparadas da seguinte forma: os bráquetes novos foram lavados com solução de acetona a 80%, em cuba ultra-sônica por 3 minutos, e em seguida, deixados em repouso para secagem espontânea. Essa lavagem foi realizada com o objetivo de remover possíveis resíduos não-metálicos da superfície do material. Os bráquetes corroídos não sofreram qualquer tipo de lavagem para evitar que a camada de óxido depositada sobre sua superfície fosse removida.

5.3.2 Avaliação qualitativa das características superficiais dos bráquetes

Para a avaliação qualitativa das características superficiais das amostras, foram utilizados 10 bráquetes de incisivo central superior direito de cada uma das marcas comerciais e em cada um dos intervalos de análise (0, 3, 5, 7 e 9 semanas). Desta forma, foram analisados 200 bráquetes.

Um corte da amostra foi previamente preparado conforme descrito no item 5.3.1, para posterior análise e obtenção de imagens ao microscópio eletrônico de varredura (Modelo JSM – 840A, JEOL, Japão), no Laboratório de Microanálise do Departamento de Física do ICEX, no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte – MG).

As imagens panorâmicas dos bráquetes foram obtidas em uma angulação de aproximadamente 90⁰ e com um aumento de 20 vezes. As áreas selecionadas dos bráquetes foram analisadas em aumentos maiores de 100 vezes.

5.3.3 Avaliação semi-quantitativa da composição química das ligas metálicas utilizadas:

Para a avaliação da composição química das ligas metálicas dos bráquetes utilizados, foram selecionados os bráquetes do grupo controle, que previamente foram preparados e avaliados qualitativamente por microscopia eletrônica de varredura. Esta análise foi realizada por meio de microscópio eletrônico de varredura (XL30, Philips) equipado com o sistema de análise semi-quantitativa de composição química por EDX (*Energy Dispersive X-Ray*), no Laboratório de Microanálise do Departamento de Física - ICEX, no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte – MG).

5.3.4 Avaliação quantitativa dos elementos químicos presentes nas soluções

As soluções saturadas pelos produtos da corrosão dos bráquetes dos grupos experimentais foram analisadas por meio de espectrofotômetro de absorção atômica (Varian 220 FS), no Departamento de Química da UFMG. Esta análise concentrou-se na determinação das dosagens de Níquel e Cromo.

Para a avaliação das soluções no espectrofotômetro de absorção atômica, as amostras foram submetidas a um filtro de celulose de alta porosidade, permitindo uma filtragem rápida, com objetivo principal de retenção das partículas suspensas. Após a filtragem, foi retirado 5 ml da solução original e adicionado 5 ml de água destilada, objetivando a diminuição da concentração de íons Sódio (Na) e evitando interferências na leitura do aparelho. Após estes procedimentos, as soluções foram levadas ao espectrofotômetro para a análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETT, R. D.; BISHARA, S. E.; QUINN, J. K. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 103, n. 1, p. 8-14, Jan. 1993.

BENNETT, B. G. Exposure of man to environmental nickel: an exposure commitment assessment. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 203-212, 1982.

BERGER, J. L. The Speed appliance: a 14-year update on this unique self-ligating orthodontic mechanism. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v.105, n.3, p.217-223, mar. 1994.

BISHARA, S. E.; BARRETT, R. D.; SELIM, M. I. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 103, n. 2, p. 115-119, Feb. 1993.

BISHARA, S. E. Oral lesion caused by an orthodontic retainer: a case report. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v.108, no. 2, p. 115-17, Aug. 1995.

CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais**. 5. Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589 p.

DAMON, D. H. The rationale, evolution and clinical application of the self-ligating bracket. **Clin Orthod Res.**, v. 1, p. 52-61, 1998.

DAMON, D. H. The damon low-friction bracket: a biologically compatible straight-wire system. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v.32, n.4, p.670-680, nov 1998.

ELIADES, T.; ELIADES, G.; BRANTLEY, W. A. Orthodontic brackets. In: BRANTLEY, W. A.; ELIADES, T. **Orthodontic materials: scientific and clinical aspects**. New York: T. Thieme, 2001. Cap. 7, p. 143-171.

ELIADES, T.; ATHANASIOU, A. E. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. **Angle Orthod**, Appleton, v. 72, n.3, p. 222-237, Mar. 2002.

FERREIRA, T. L. **Avaliação da resistência a corrosão de materiais metálicos utilizados em aparelhos ortodônticos fixos**. 2005. 24f. Tese (Doutorado) – Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 345p.

GIOKA, C. et al. Titanium orthodontic brackets: structure, composition, hardness and ionic release. **Dental Materials Journal**, Washington, v. 20, n. 7, p. 693-700, Sep 2004.

HOUSE, K.; SERNETZ, F.; DYMOCK, D.; SANDY, J. R.; IRELAND, A. J. Corrosion of orthodontic appliances – should we care? **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 133, n.4, p. 584-592, April 2008.

HUANG, T. S.; YEN, C. C.; KAO, C. T. Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 120, n. 4, p. 383-391, Oct. 2001.

KAROV, J.; HINBERG, I. Galvanic corrosion of selected dental alloys. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 28, p. 212-219, 2001.

LEITE, T. H. N. **Estudo comparativo do comportamento in vitro de diferentes bráquetes ortodônticos**. 2003. 194f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Ortodontia) – Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LOWEY, M. N. Allergic contact dermatitis associated with the use of an Interlandi headgear in a patient with a history of atopy. **Br Dent J**, London, v.175, no. 24, p. 67-72, July 1993.

MAIJER, R.; SMITH, D. C. Biodegradation of the orthodontic bracket system. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 90, n. 3, p. 195-198, Sep. 1986.

MARIGO, et al. Evaluation of immunologic profile in patients with nickel sensitivity due to use of fixed orthodontic appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 124, n.1, p. 46-52, July 2003.

MATASA, C. G. Attachment corrosion and its testing. **J. Clin Orthod**, Boulder, v. 29, n. 1, p. 16-23, Jan. 1995.

PELTONEN, L. Nickel sensitivity in the general population. **Contact Derm**, Copenhagen, v. 5, no. 1, p. 27-32, Jan. 1979.

PLATT, J. A. et al. Corrosion behavior of 2205 duplex stainless steel. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 112, n. 1, p. 69-79, July 1997.

PROFFIT, W. R. Aparelhos fixos contemporâneos. In: PROFFIT, W. R. **Ortodontia contemporânea**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. Cap. 12, p. 312-340.

REDLICH, M. et al. In vitro study of frictional forces during sliding mechanics of "reduced-friction" brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v.124, n.1, p.69-73, jul 2003.

RYCROFT, R. J. G. et al. **Text book of contact dermatitis**. 3. ed. Berlin: Springer, 2001. 1114p.

SCHUSTER, G.; REICHLER, R.; BAUER, R. R.; SCHOPF, P. M. Allergies induced by orthodontic alloys: incidence and impact on treatment. Results of a survey in private orthodontic offices in the Federal State of Hesse, Germany. **J Orofac Orthop**, v. 65, n. 1, p. 48-59, 2004.

SÓRIA, M. L.; MENEZES, L.; DEDAVID, B.; PIRES, M.; RIZZATTO, S.; COSTA FILHO, L. C. Avaliação in vitro da liberação de níquel por bráquetes metálicos. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 10, n. 3, p. 87-96, maio/jun. 2005.

STOLZENBERG, J. The efficiency of the Russel attachment. **Am J Orthod Oral Surg**, v. 32: p. 572-82, 1946.

TOMS, A. P. The corrosion of orthodontic wire. **European Journal of Orthodontics**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 87-97, May 1988.

VON FRAUNHOFER, J. A. Corrosion of orthodontic devices. **Semin Orthod**, Birmingham, v. 3, n. 3, p. 198-205, Sep. 1997.

ARTIGO

ESTUDO COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO CORROSIVO *IN VITRO* DE DIFERENTES BRÁQUETES AUTOLIGÁVEIS

BRUNO FONSECA PEREIRA, ÊNIO TONANI MAZZIEIRO, DAURO DOUGLAS OLIVEIRA

A SER SUBMETIDO AO AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS

ABSTRACT

Introduction: Biocompatibility is one of the most important properties of any orthodontic material. The corrosion of these accessories may increase allergic sensibility of some patients. Despite the growing market share of Self-ligating brackets (SLB), their corrosion properties have not been properly evaluated. The purpose of this investigation was to study the corrosion of four different types of self-ligating brackets and the consequent levels of Nickel and Chromium released.

Methods: The sample comprised of 200 maxillary right central incisors SLB: In-Ovation R[®] (Dentisply GAC), SmartClip[™] (3M/Unitek), Time 2[®] (American Orthodontics), e Damon 2[®] (Ormco Corp), randomly divided into five different groups of 10 brackets each. The specimens were individually stored in 10 ml of 0.9 % NaCl sterile saline at constant 37⁰ C temperatures. The samples were evaluated at 5 different time intervals: out of the box (control) and 3, 5, 7 and 9 weeks post-immersion in the saline. The tests used were: qualitative corrosion evaluation with scanning electron microscopy (SEM); semi-quantitative chemical composition analysis of the original SLB alloys with SEM and Energy Dispersive X-Ray (EDX); and atomic sorption spectrophotometry of both nickel and chromium concentrations in the post-corrosion saturated solutions. **Results:** All types of SLB tested were affected by corrosion and the Damon 2[®] brackets showed higher superficial degradation as well as significantly greater ($p < 0,05$) levels of Nickel at the saline solution over time. However, there were no significant differences ($p > 0,05$) in the Chromium levels among the different types of SLB studied at none of the time intervals considered.

Conclusion: The corrosive potential of all self-ligating brackets tested was confirmed and further studies must be performed to evaluate the corrosion effects on the clip structure, on friction and also on the allergic sensibility of orthodontic patients treated with such appliances.

Keywords: Corrosion. Orthodontic Appliances. Nickel Release. Self-ligating Brackets.

INTRODUÇÃO

A corrosão de aparelhos ortodônticos na cavidade bucal tem preocupado alguns ortodontistas há um bom tempo. Esta preocupação está focada em torno de duas questões: (1) se os produtos da corrosão são absorvidos pelo organismo, causando efeitos locais ou sistêmicos; (2) qual a influência da corrosão nas propriedades físicas e no desempenho clínico dos acessórios ortodônticos (HOUSE, K. et al, 2008).

Devido a estas questões, vêm se discutindo há décadas a biocompatibilidade dos materiais dentários, especialmente na Ortodontia, pois a maioria dos materiais ortodônticos possui Níquel na sua composição e sua corrosão é praticamente inevitável, visto que as propriedades microbiológicas, iônicas, térmicas, de pH e enzimáticas fazem do ambiente bucal um meio bastante propício para a degradação de metais (BISHARA, BARRET & QUINN, 1993).

A maioria dos dispositivos metálicos utilizados durante o tratamento ortodôntico é confeccionada com aço inoxidável do tipo austenítico que, entre outros metais, contém em sua liga cerca de 8% de Níquel e 18% de Cromo (SÓRIA, 2005). Mesmo contando com uma boa resistência à corrosão, quando levamos em consideração as condições em que estas ligas estão submetidas na cavidade bucal, essa resistência se torna questionável (BISHARA, BARRET & QUINN, 1993).

A incidência de processos alérgicos está em constante aumento. Uma reação alérgica pode ocorrer durante qualquer tratamento dentário e ortodôntico, com tudo, o potencial alérgico dos aparelhos ortodônticos é freqüentemente subestimado (SCHUSTER, 2004). Segundo a literatura, a hipersensibilidade ao Níquel duplicou na última década, variando entre 10 a 30% da população apresentando sensibilidade a este metal. O gênero feminino é mais freqüentemente acometido, numa proporção de 5:1. Suspeita-se que a utilização de bijuterias possa exacerbar a sensibilidade ao metal (SÓRIA, 2005).

O Níquel tem sido freqüentemente associado a manifestações alérgicas, provocando mais reações do que todos os outros metais combinados. Estudos *in vitro* vêm comprovando a susceptibilidade à corrosão dos dispositivos ortodônticos compostos por aço inoxidável e a liberação de Níquel como produto da corrosão destes acessórios (VON FRAUNHOFER, 1997; SCHUSTER, 2004; HOUSE, 2008). Alguns relatos de caso na literatura sugerem que os dispositivos ortodônticos podem

desencadear dermatite de contato em pacientes sensíveis (SÓRIA, 2005). Além disso, evidências recentes sugerem que o níquel pode apresentar propriedades mutagênicas, citotóxicas e potencialmente carcinogênicas (NIPERA <www.nipera.org>). Entretanto, pesquisas *in vivo*, inclusive com pacientes já sensíveis ao Níquel, não são totalmente conclusivas quanto aos danos causados para o organismo pela liberação do Níquel como produto da corrosão de aparelhos ortodônticos (BISHARA, BARRET & SELIM, 1993).

A Ortodontia atual conta atualmente com um grande número de ligas metálicas que tentam minimizar o processo de corrosão e seus efeitos adversos na cavidade bucal. Dentre as ligas mais utilizadas estão as de aço inoxidável, cobalto-cromo, níquel-titânio e titânio-molibdênio. A introdução do titânio como material alternativo na confecção de dispositivos ortodônticos é explicada pela alta resistência à corrosão e conseqüente biocompatibilidade desse elemento químico (GIOKA et al., 2004).

No caso dos bráquetes autoligáveis, não se vê diferença significativa quanto às ligas mais utilizadas na sua fabricação. Porém, um estudo sobre a corrosão destes bráquetes e seus efeitos no desempenho clínico e mecânico desses acessórios se faz necessário, pois estes dispositivos vêm tendo um aumento constante em sua participação no mercado de e na clínica ortodôntica. Apesar de todas estas situações, não estão disponíveis até então, trabalhos que avaliam tais características nos bráquetes autoligáveis.

Para a indução do processo corrosivo, os bráquetes foram mantidos em vidros de penicilina, contendo 10 ml de solução salina, estéril, com uma concentração de 0,9% de cloreto de sódio (NaCl) (solução fisiológica injetável – Laboratório Sanobiol Ltda, Pouso Alegre – MG) medido por meio de seringa descartável de 20 ml, e dispensado nos vidros.

O posicionamento dos bráquetes nos vidros de penicilina foi feito de modo que eles ficassem totalmente submersos pela solução salina e com suas bases em contato com o fundo do frasco. Um total de 200 vidros foi necessário para a distribuição da amostra. Estes recipientes foram tampados, identificados e mantidos sob temperatura constante de 37^oC, por meio de uma estufa.

Depois de iniciar o ensaio de corrosão para cada grupo, a cada dois dias aproximadamente, foi acrescentado cerca de 5 ml de solução salina em todas as amostras. Desta forma, ao final dos tempos de imersão, estas estarão submersas em volumes semelhantes de solução.

2.1 - Métodos de análise

Após os ensaios de corrosão para cada um dos grupos experimentais, foram realizadas as seguintes etapas de análise:

- avaliação qualitativa das características superficiais dos bráquetes novos (grupo controle) e dos bráquetes que sofrerão corrosão (grupos experimentais) por meio de microscopia eletrônica de varredura;
- avaliação quantitativa das concentrações de níquel e de cromo nas soluções saturadas pelos produtos da corrosão, por meio de espectrofotometria de absorção atômica.

2.1.1 Preparo das amostras

As amostras dos grupos experimentais e controle, utilizadas para a análise qualitativa de superfície e para a análise semi-quantitativa de composição química das ligas, foram preparadas da seguinte forma: os bráquetes novos foram lavados com solução de acetona a 80%, em cuba ultra-sônica por 3 minutos, e em seguida, deixados em repouso para secagem espontânea. Os bráquetes corroídos não

sofreram qualquer tipo de lavagem para evitar que a camada de óxido depositada sobre eles fosse removida.

2.1.2 Avaliação qualitativa das características superficiais dos bráquetes

Para a avaliação qualitativa das características superficiais das amostras, foram utilizados 10 bráquetes de incisivo central superior direito de cada uma das marcas comerciais e em cada um dos intervalos de análise.

Todos os bráquetes foram previamente preparados para posterior análise e obtenção de imagens ao microscópio eletrônico de varredura (Modelo JSM – 840A, Fabricante LEOL, Japão).

As imagens panorâmicas dos bráquetes foram obtidas em uma angulação de aproximadamente 90° e com um aumento de 20 vezes e as áreas selecionadas dos bráquetes analisadas em aumentos maiores de 100 vezes.

2.1.3 Avaliação semi-quantitativa da composição química das ligas metálicas utilizadas:

Para a avaliação da composição química das ligas metálicas dos bráquetes utilizados, foram selecionados os bráquetes do grupo controle, que previamente foram preparados e avaliados qualitativamente por microscopia eletrônica de varredura.

Esta análise foi realizada por meio de microscópio eletrônico de varredura (Marca Philips, modelo XL30) equipado com o sistema de análise semi-quantitativa de composição química por EDX (Energy Dispersive X-Ray).

2.1.4 Avaliação quantitativa dos elementos químicos presentes nas soluções

As soluções saturadas pelos produtos da corrosão dos bráquetes dos grupos experimentais foram analisadas por meio de espectrofotômetro de absorção atômica (Modelo Varian 220 FS). Esta análise concentrou principalmente na determinação das dosagens de Níquel e Cromo.

Para a avaliação das soluções no espectrofotômetro de absorção atômica, estas foram submetidas a um filtro de celulose de alta porosidade, permitindo uma

filtragem rápida, com objetivo principal de retenção das partículas suspensas. Após a filtragem, foi retirado 5 ml da solução original e adicionada 5 ml de água destilada, objetivando a diminuição da concentração de íons Sódio (Na) e evitando interferências na leitura do aparelho. Após estes procedimentos, as soluções foram levadas ao espectrofotômetro para a análise.

RESULTADOS

3.1 Avaliação semi-quantitativa da composição química das ligas metálicas utilizadas

Os resultados da avaliação da composição química das ligas metálicas dos bráquetes utilizados por meio de microscópio eletrônico de varredura equipado com o sistema de análise semi-quantitativa de composição química por EDX estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado semi-quantitativo da composição química das ligas metálicas dos bráquetes estudados em seu estado de fornecimento.

Marca / Área	Si	Fe	Mo	Co	Cu	Cr	Ni	Ti	Total
Damon 2 (Clipe)	0.43	71.96	0.14	0.15	5.60	17.44	4.22	0.06	100.00
Damon 2 (Base)	0.39	75.60	0.25	0.10	1.15	17.53	4.98	0.00	100.00
Inovation R (Clipe)	0.19	3.02	10.23	32.18	0.07	21.99	31.77	0.55	100.00
Inovation R (Base)	2.65	71.33	0.01	0.00	1.36	21.86	2.60	0.19	100.00
SmartClip (Clipe)	0.03	0.21	0.05	0.14	0.10	0.08	53.12	46.27	100.00
SmartClip (Base)	0.82	73.86	0.12	0.00	0.58	21.50	3.11	0.02	100.00
Time 2 (Clipe)	0.44	76.16	0.19	0.03	0.54	17.30	5.36	0.00	100.00
Time 2 (Base)	1.95	71.90	0.05	0.00	0.84	22.63	2.63	0.01	100.00

De acordo com os resultados expressos na tabela 3, pode-se concluir que os bráquetes Damon 2[®], apresentam um aço com composição característica de aço inoxidável tanto na base do bráquete quanto no clipe, sendo que no clipe foi observada alta taxa de Cobre (Cu), enquanto na base o Níquel (Ni) foi o elemento que se destacou. Os bráquetes Inovation R[®], apresentam uma liga composta por Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni) e Molibdênio (Mo) em seu clipe e a base apresenta características de um aço inoxidável. O SmartClip[™] possui uma liga de Níquel-Titânio (Ni-Ti) em seu clipe e sua base é um aço inoxidável. Por fim, os bráquetes Time 2[®], apresentaram uma liga de aço inoxidável tanto no clipe quanto na base

3.2 Avaliação das características superficiais dos bráquetes

A Figura 1 fornece o resultado obtido pelo microscópio eletrônico de varredura após observar os bráquetes autoligáveis das diferentes marcas avaliadas neste estudo nos seus estados de fornecimento (grupo controle).

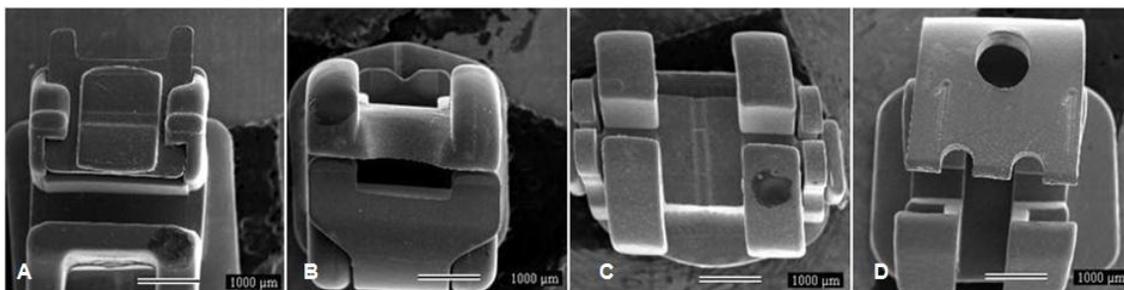


Figura 1. Características superficiais dos BAL testados antes da corrosão visualizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura em um aumento de 20x. **A**, Damon 2[®]; **B**, In-Ovation-R[®]; **C**, SmartClip[™]; **D**, Time 2[®]. FOTOMICROGRAFIAS.

As Figuras 2, 3, 4 e 5 mostram o resultado das características superficiais das marcas comerciais de bráquetes autoligáveis estudados nos diferentes intervalos de tempo a que foram submetidos à corrosão. Observou-se uma relação positiva entre tempo e degradação superficial em todos os bráquetes quando avaliados ao microscópio eletrônico de varredura. Entretanto, qualitativamente, os bráquetes Damon 2[®], foram os que apresentaram maior grau de degradação, seguidos pelos bráquetes In-Ovation R[®], Time 2[®] e, com os BAL SmartClip[™] sendo os que se mostraram menos suscetíveis ao processo corrosivo.

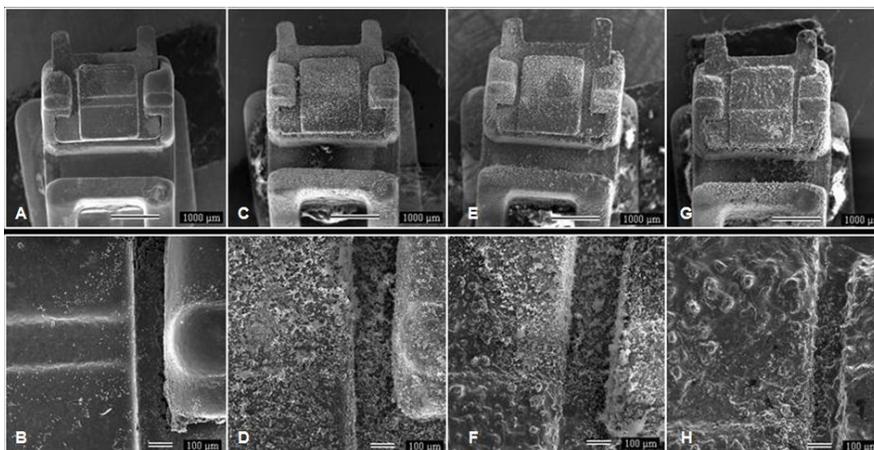


Figura 2. Características superficiais dos bráquetes Damon 2[®] após a imersão em solução salina estéril. **A e B**, 3 semanas; **C e D**, 5 semanas; **E e F**, 7 semanas; **G e H**, 9 semanas. Onde, **A, C, E e G** foram registradas em um aumento de 20x e **B, D, F e H** em 100x. FOTOMICROGRAFIAS.

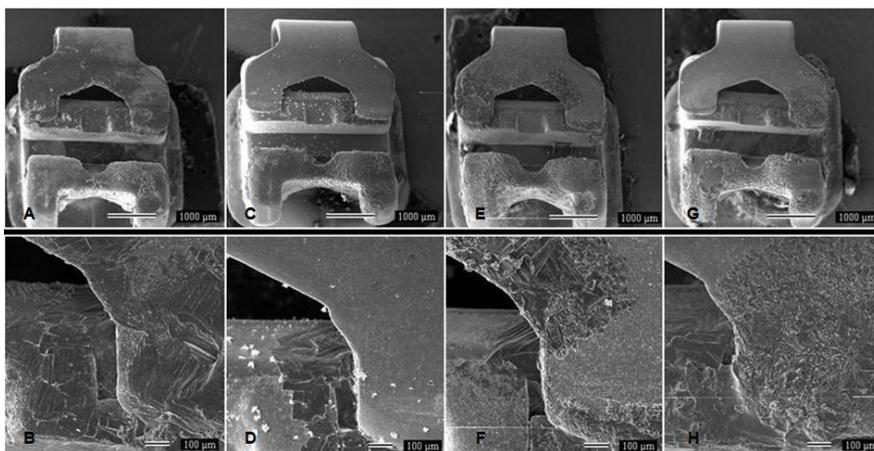


Figura 3. Características superficiais dos bráquetes In-Ovatin-R[®] após a imersão em solução salina estéril. **A e B**, 3 semanas; **C e D**, 5 semanas; **E e F**, 7 semanas; **G e H**, 9 semanas. Onde, **A, C, E e G** foram registradas em 20x e **B, D, F e H** em 100x. FOTOMICROGRAFIAS.

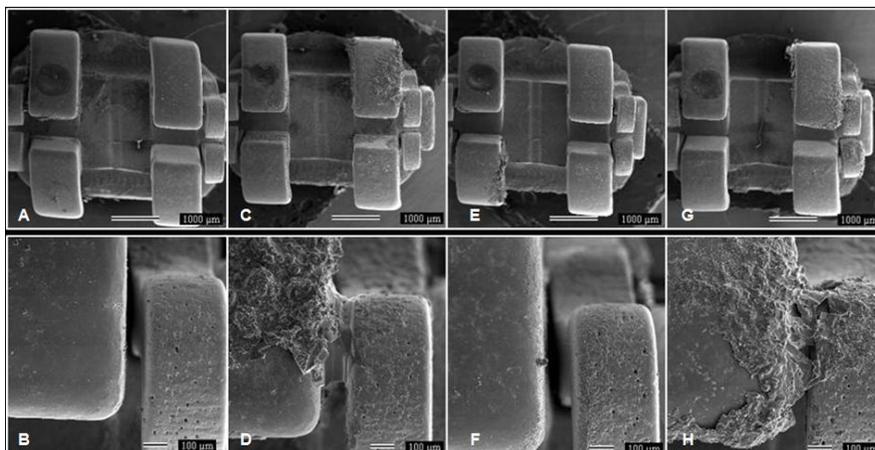


Figura 4. Características superficiais dos bráquetes SmartClip™ após a imersão em solução salina estéril. **A e B**, 3 semanas; **C e D**, 5 semanas; **E e F**, 7 semanas; **G e H**, 9 semanas. Onde, **A, C, E e G** foram registradas em 20x e **B, D, F e H** em 100x. FOTOMICROGRAFIAS.

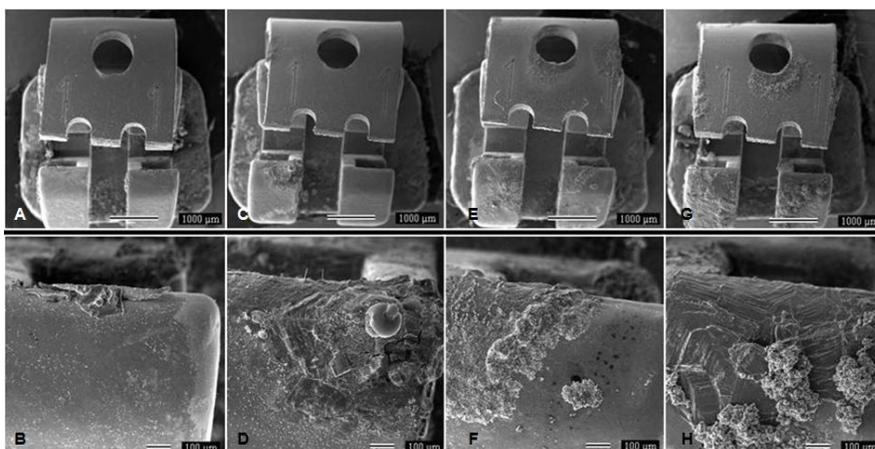


Figura 5. Características superficiais dos bráquetes Time 2® após a imersão em solução salina estéril. **A e B**, 3 semanas; **C e D**, 5 semanas; **E e F**, 7 semanas; **G e H**, 9 semanas. Onde, **A, C, E e G** foram registradas em 20x e **B, D, F e H** em 100x. FOTOMICROGRAFIAS.

3.3 Avaliação da liberação de íons Níquel e Cromo

Três semanas após o início do processo corrosivo, a quantidade de íons Níquel liberado pelos bráquetes Damon 2® foi maior do que os demais grupos, porém não sendo estatisticamente significativo ($p > 0,05$). No intervalo de cinco semanas, as amostras de SmartClip™ e Time 2® apresentaram liberação de Níquel muito semelhantes ao intervalo de três semanas. Por outro lado, houve um acréscimo considerável na quantidade de íons Níquel liberados pelos grupos de Damon 2® e In-Ovation-R®. Estes resultados não foram diferentes estatisticamente

entre si ($p < 0,05$), porém, significativamente maiores do que aqueles registrados com as amostras de Time 2[®] e SmartClip[™] ($p > 0,05$).

Ao comparar os resultados de cinco e sete semanas, não observou-se incrementos significativos na quantidade de íons liberados em nenhum dos grupos, notando inclusive a tendência de formação de um platô no Gráfico 1, o que ilustraria uma possível constância do processo de liberação iônica. Entretanto, entre sete e nove semanas, um novo pico de liberação de íons Níquel foi registrado para os bráquetes Damon 2[®], quando este apresentou resultados significativamente maiores em relação ao In-Ovation-R[®] ($p < 0,05$).

Quanto à liberação de íons Cromo, SmartClip[™] e Time 2[®] apresentaram um comportamento constante durante todos os intervalos de tempo. Por outro lado, as amostras de In-Ovation-R[®] apresentaram um acréscimo razoável, porém não significativo de três para cinco semanas de exposição ao meio corrosivo e de cinco a nove semanas houve um ligeiro decréscimo na liberação de Cromo, porém também sem ser significativo em relação a nenhum dos demais Grupos ($p > 0,05$). Finalmente, os bráquetes Damon 2[®] apresentaram o comportamento de liberação de íons Cromo mais errático entre todos os Grupos testados. Registrou-se uma elevação considerável de três para cinco semanas, um decréscimo de intensidade semelhante de cinco para sete semanas e novo acréscimo de sete a nove semanas, porém em nenhum dos intervalos de tempo houveram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Os resultados da avaliação da liberação de íons Níquel e Cromo estão expressos nos Gráficos 1 e 2.

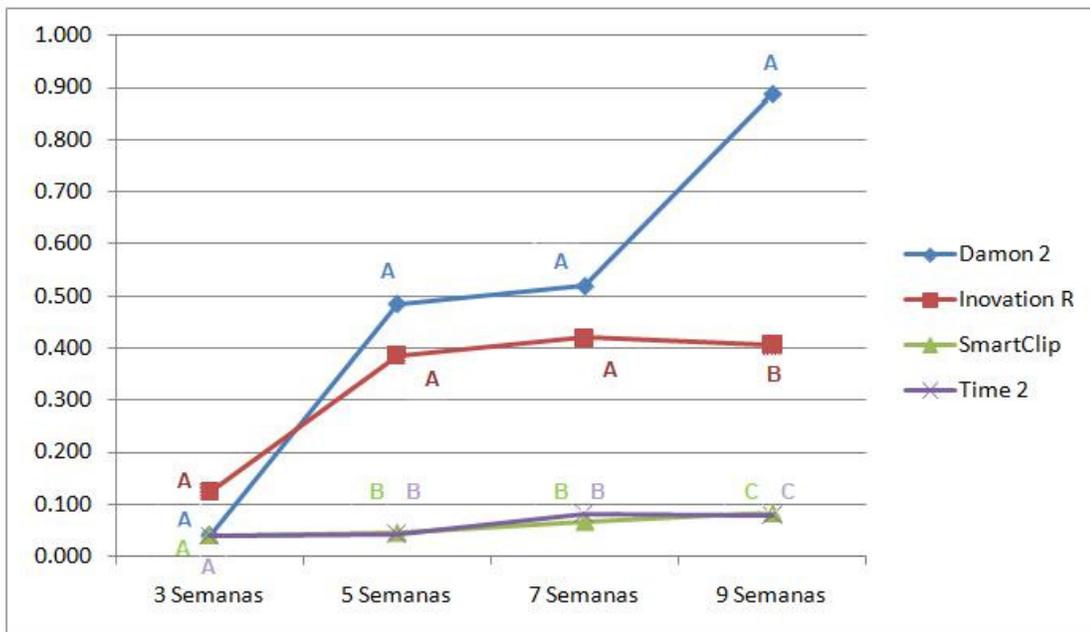


Gráfico 1. Na comparação das médias da liberação de Níquel ($\mu\text{g/ml}$) após 3 semanas, as médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste ANOVA ($p>0,05$). Já a comparação das médias da liberação de Níquel ($\mu\text{g/ml}$) nos outros intervalos de tempo analisados, as Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si ($p<0,05$), enquanto letras iguais não se diferem pelo teste Tukey ($p>0,05$).

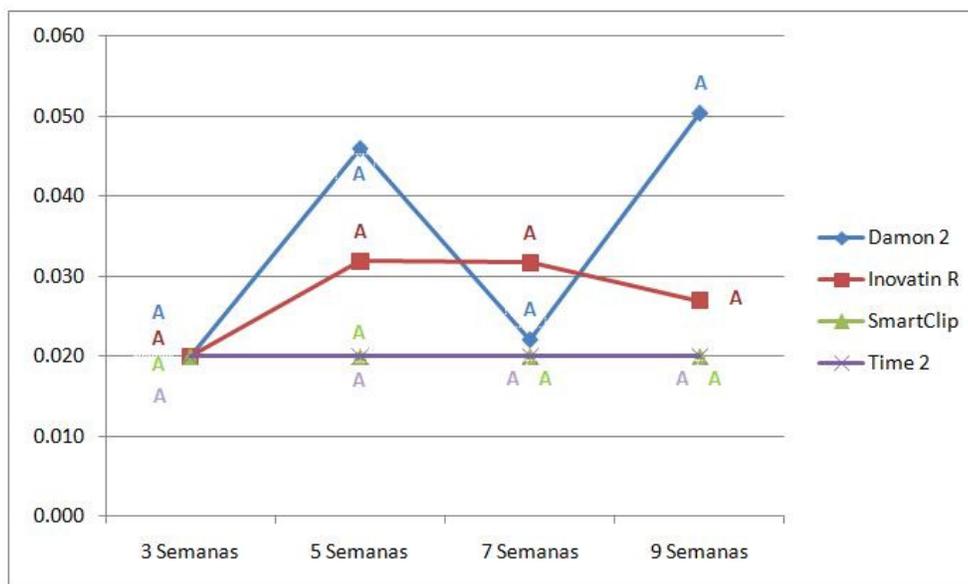


Gráfico 2. Comparação das médias da liberação de Cromo ($\mu\text{g/ml}$) em todos os intervalos de tempo analisados, onde as médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste ANOVA ($p>0,05$).

DISCUSSÃO

A corrosão dos materiais utilizados durante o tratamento ortodôntico é fonte de preocupação para muitos ortodontistas, pois alguns dos íons metálicos liberados neste processo corrosivo podem sensibilizar os pacientes ou aumentar suscetibilidades alergênicas pré-existentes.

A partir dos anos 1990, observou-se a tentativa de reintrodução dos bráquetes autoligáveis no mercado ortodôntico. Baseando-se em características como baixo atrito, possibilidade de se aumentar o espaço de tempo entre as consultas e o menor tempo de cadeira para os ajustes, todos os grandes fabricantes de produtos ortodônticos lançaram pelo menos um tipo de bráquetes autoligáveis e vêm fazendo maciças campanhas de marketing a respeito destes produtos. Conseqüentemente, as vendas desses bráquetes vêm aumentando sobremaneira e hoje em dia, sua participação no *market share* é bastante elevada. Apesar disso, vários aspectos de seu comportamento clínico ainda não foram devidamente testados e sua superioridade sobre os bráquetes ditos convencionais ainda é questionável. Um bom exemplo desta falta de informações científicas imparcialmente testadas é o processo corrosivo destes acessórios, pois até a presente data, não foram encontrados artigos que avaliassem tal propriedade.

4.1 Avaliação das características superficiais dos bráquetes

Pela análise visual qualitativa das amostras, pôde-se notar que todas as marcas comerciais de bráquetes autoligáveis exibiram superfícies pouco homogêneas e algum grau de irregularidades antes mesmo da indução do processo corrosivo. Alguns autores como Buchman (1980), Maijer & Smith (1982, 1986), Gwinnett (1982), Matasa (1995), Wichelhaus, Culum & Sander (1997) e Eliades & Athanasiou (2002), em análises superficiais de amostras isoladas de bráquetes convencionais detectaram defeitos semelhantes aos encontrados nas amostras analisadas por este estudo, tais como poros, fendas e superfícies irregulares. Os autores consideram tais defeitos como áreas mais susceptíveis à corrosão. Segundo Eliades & Athanasiou (2002) a presença de poros na superfície dos acessórios ortodônticos já pode, na realidade, caracterizar um processo de corrosão puntiforme

antes mesmo do material ser submetido ao meio bucal ou a ensaios de corrosão *in vitro*.

Todos os BAL testados apresentaram aumento da resposta ao estímulo corrosivo da solução salina ao longo do tempo. Os bráquetes Damon 2[®] foram os que mostraram maior degradação superficial, seguidos dos In-Ovation-R[®], Time 2[®] e SmartClip[™]. Como essa análise é qualitativa, não se pode afirmar que um grupo de bráquetes teve necessariamente um comportamento melhor do que o outro. Entretanto, as imagens geradas pela MEV dão indícios nessa direção, estimulando o interesse para uma comparação mais detalhada entre esses acessórios. Como os produtos da corrosão afetam as superfícies desses bráquetes, pode-se questionar os efeitos dessa degradação em áreas vitais para o bom desempenho clínico dos BAL.

4.2 Avaliação da liberação de íons Níquel e Cromo

A partir das análises das soluções saturadas pelos produtos da corrosão por meio de espectrofotometria de absorção atômica foi possível determinar as concentrações de Níquel e Cromo e comparar o comportamento corrosivo das diferentes marcas comerciais em relação a este aspecto.

Neste estudo, verificou-se que as concentrações de Cromo nas soluções após todos os intervalos experimentais e para todas as marcas comerciais não foram representativas. Por outro lado, a liberação de Níquel mostrou certa variabilidade entre as amostras. Este fato também foi observado nos estudos de LEITE (2003).

Porém, os resultados referentes à liberação de Cromo encontrados neste estudo foram contrastantes em relação aos trabalhos de Berge, Gjerdet & Erichsen (1982), Barret, Bishara & Quinn (1993), pois estes autores verificaram um aumento progressivo das concentrações de Cromo nas soluções com o decorrer do tempo.

Os valores referentes à liberação de Níquel das amostras SmartClip[™] (3M Unitek) e Time 2[®] (American Orthodontics) foram numericamente menores do que os valores apresentados pelas amostras Damon 2[®] (Ormco Corp) e In-Ovation R[®] (GAC). Entretanto, pôde-se notar que ambas as amostras demonstraram uma tendência de aumento progressivo das concentrações de Níquel nas soluções com o decorrer do tempo. Estes resultados estão de acordo com o trabalho de Berge,

Gjerdet & Erichsen (1982), que também verificaram aumento das concentrações de Níquel, após submeterem aparelhos ortodônticos de aço inoxidável ao processo corrosivo *in vitro*. Diferentemente, os trabalhos de Parker & Shearer (1983), Barrett, Bishara & Quinn (1993) e Hwang, Shin & Cha (2001) demonstraram que a liberação de Níquel nas soluções, foi maior nos primeiros dias ou nas primeiras semanas e com o decorrer do tempo há uma diminuição progressiva da concentração deste elemento.

Foi verificado neste trabalho uma nítida diferença entre as liberações de Níquel e Cromo entre as amostras analisadas. Na realidade, conforme citado anteriormente, a liberação de cromo não foi estatisticamente significativa em nenhuma das amostras. Segundo Parker & Shearer (1983) a detecção de maiores concentrações de Níquel do que de Cromo nas soluções saturadas pode ser explicada pelo fato de o Níquel ser inicialmente liberado como composto solúvel, enquanto que o Cromo normalmente apresenta-se como composto insolúvel. Desta forma, o Cromo tende a permanecer nos resíduos sobre a superfície do material e ser liberado mais lentamente.

Os resultados qualitativos e quantitativos do presente estudo mostraram que como era de se esperar, os BAL responderam positivamente aos estímulos corrosivos. Entretanto, são apenas o início do melhor entendimento sobre os possíveis efeitos que os produtos da corrosão podem causar no desempenho clínico dos BAL, pois outras questões bastante relevantes ainda precisam ser respondidas. A corrosão enfraquece a estrutura dos Clipes? Esse possível enfraquecimento aumenta as chances de quebra dos mesmos? Os depósitos dos produtos da corrosão afetam a canaleta? Como esse possível aumento de rugosidade superficial altera a diminuição do atrito conferida pelos BAL? Como se vê, apesar dos BAL apresentarem algumas características atrativas com o baixo atrito em alguns momentos do tratamento ortodôntico, outros trabalhos precisam ser conduzidos para comprovar a tal superioridade desses acessórios, conforme preconizado pelos fabricantes e seus palestrantes.

Portanto, o potencial corrosivo de todos os bráquetes autoligáveis testados foi comprovado. Entretanto, novos estudos devem ser realizados para avaliar os efeitos da corrosão na estrutura dos clipes, no atrito produzido e também na hipersensibilização alérgica dos pacientes ortodônticos tratados com estes aparelhos.

CONCLUSÕES

Após a pesagem dos bráquetes, avaliação qualitativa da degradação superficial dos acessórios ao microscópio eletrônico de varredura e avaliação quantitativa dos elementos químicos presentes nas soluções através da espectrofotometria de absorção atômica, pode-se concluir que:

1. Foram observadas diferenças qualitativas de degradação superficial decorrentes do processo corrosivo nos diferentes bráquetes autoligáveis testados, onde os bráquetes Damon 2[®] foram os que apresentaram maior degradação de sua superfície, seguido pelo In-Ovation-R[®]. Os bráquetes SmartClip[™] e Time 2[®] foram os que obtiveram menores índices de degradação superficial, mostrando características qualitativas quase semelhantes quanto à resposta ao processo corrosivo.
2. Os bráquetes Damon 2[®] e In-Ovation-R[®] apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) nas concentrações de Níquel liberado como produtos da corrosão quando comparados com os bráquetes SmartClip e Time 2[®], sendo que os primeiros obtiveram taxas de liberação iônica superiores aos bráquetes SmartClip[™] e Time 2[®]. Este achado relaciona positivamente a avaliação qualitativa com a quantitativa.
3. Não existiram diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$) nas concentrações de íons Cromo liberados como produtos da corrosão dos diferentes bráquetes autoligáveis durante todo intervalo de tempo testado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETT, R. D.; BISHARA, S. E.; QUINN, J. K. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 103, n. 1, p. 8-14, Jan. 1993.

BENNETT, B. G. Exposure of man to environmental nickel: an exposure commitment assessment. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 203-212, 1982.

BERG, M.; GJERDET, N. R.; ERICHSEN, E. S. Corrosion of silver soldered orthodontic wires. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v. 40, p. 75-79, 1982.

BISHARA, S. E.; BARRETT, R. D.; SELIM, M. I. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 103, n. 2, p. 115-119, Feb. 1993.

BUCHMAN, D.J.L. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. **Am J Orthod**, Saint Louis, v. 77, n. 6, p. 654-668, June 1980.

ELIADES, T.; ATHANASIOU, A. E. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. **Angle Orthod**, Appleton, v. 72, n.3, p. 222-237, Mar. 2002.

GIOKA, C. et al. Titanium orthodontic brackets: structure, composition, hardness and ionic release. **Dental Materials Journal**, Washington, v. 20, n. 7, p. 693-700, Sep 2004.

GWINNETT, J. A. Corrosion of resin-bonded orthodontic bracket. **Am J Orthod**, Saint Louis, v. 82, n. 6, p. 441-446, June 1982.

HOUSE, K.; SERNETZ, F.; DYMOCK, D.; SANDY, J. R.; IRELAND, A. J. Corrosion of orthodontic appliances – should we care? **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 133, n.4, p. 584-592, April 2008.

HWANG, C. J.; SHIN, J. S.; CHA, J. Y. Metal release from simulated fixed orthodontic appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 120, n. 4, p. 383-391, Oct. 2001.

LEITE, T. H. N. **Estudo comparativo do comportamento in vitro de diferentes bráquetes ortodônticos**. 2003. 194f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Ortodontia) – Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MAIJER, R.; SMITH, D. C. Biodegradation of the orthodontic bracket system. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 90, n. 3, p. 195-198, Sep. 1986.

MAIJER, R.; SMITH, D.C. Corrosion of orthodontic bracket bases. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Saint Louis, v. 81, n. 1, p. 43-48, Jan. 1982.

MATASA, C. G. Attachment corrosion and its testing. **J. Clin Orthod**, Boulder, v. 29, n. 1, p. 16-23, Jan. 1995.

NIPERA: **Evaluation of respiratory carcinogenicity of nickel and nickel compounds**. Virtual Books, 2009. Disponível em:

http://www.nipera.org/index.cfm/ci_id/13019/la_id/1.htm#ExecutiveSummary

Acesso em: 22 junho 2008, 19:51:53.

PARK, H. Y.; SHEARER, T. R. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. **Am J Orthod**, Saint Louis, v. 84, n. 2, p. 156-159, Aug. 1983.

SCHUSTER, G.; REICHLER, R.; BAUER, R. R.; SCHOPF, P. M. Allergies induced by orthodontic alloys: incidence and impact on treatment. Results of a survey in private orthodontic offices in the Federal State of Hesse, Germany. **J Orofac Orthop**, v. 65, n. 1, p. 48-59, 2004.

SÓRIA, M. L.; MENEZES, L.; DEDAVID, B.; PIRES, M.; RIZZATTO, S.; COSTA FILHO, L. C. Avaliação in vitro da liberação de níquel por bráquetes metálicos. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 10, n. 3, p. 87-96, maio/jun. 2005.

VON FRAUNHOFER, J. A. Corrosion of orthodontic devices. **Semin Orthod**, Birmingham, v. 3, n. 3, p. 198-205, Sep. 1997.

WICHELHAUS, A.; CULUM, T.; SANDER, F. G. Investigaciones relacionadas con la composición de la superficie de las aleaciones que se utilizan en ortodoncia, con una consideración especial para el porcentaje que contienen de níquel. **Rev Esp Ortod**, Madri, v. 27, p. 45-60, 1997.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)