

## 1. INTRODUÇÃO

O atrito é conhecido como a força de resistência que um corpo gera ao movimentar-se sobre outro. (LOFTUS *et al.*; 1999<sup>22</sup>)

Muitos estudos avaliaram os fatores que influenciam a resistência ao atrito: os materiais do fio e do bráquete, as condições da superfície dos fios e do encaixe do bráquete, a seção do fio, o torque na interface fio-bráquete, o tipo e a força da ligadura, o uso de bráquetes autoligados, à distância inter-bráquete, a saliva e a influência de funções bucais. (BRAUN *et al.*; 1999<sup>3</sup>)

O estudo do atrito utiliza a avaliação do coeficiente de atrito estático, que avalia a força necessária para iniciar o movimento de um determinado objeto ou o coeficiente de atrito dinâmico, que avalia a força existente entre um determinado objeto em relação a uma superfície, em situações de movimento. O atrito estático sempre tem um valor maior que o atrito dinâmico devido à necessidade de romper as ligações moleculares entre as duas superfícies. (YOUNG, 2003<sup>41</sup>)

Na ortodontia, o atrito tem uma grande relevância. Com o desenvolvimento dos aparelhos pré-ajustados e a introdução da “Técnica do Arco Reto”, a terapia ortodôntica passou a utilizar, na grande maioria dos casos, a mecânica de deslizamento para o fechamento dos espaços das extrações dentárias. Para que a mecânica de deslizamento seja efetiva, a resistência ao movimento, denominada de “atrito” deve ser superada. Um alto atrito requer um aumento da força para se iniciar e manter o movimento, pois 12% a 60% das forças aplicadas são dissipadas devidas à resistência do atrito ao deslize. Os arcos utilizados para a fase de retração anterior durante o tratamento ortodôntico são preferencialmente de aço inoxidável e seção retangular, para que se tenha um melhor controle de inclinação dos dentes durante a retração anterior. Esta inclinação dos dentes pode ocorrer principalmente devido a diferença de dimensão entre a canaleta do bráquete e o fio, e pelo posicionamento do bráquete no centro da coroa e fora do centro de resistência do dente. (BRAGA *et al.*; 2004<sup>1</sup>)

Com o surgimento de novos tipos de bráquetes e sistemas de ligação principalmente os sistemas de bráquetes autoligados, um grande número de trabalhos demonstrou que o atrito entre o fio e estes bráquetes pode ser minimizado. Em função disto, alguns autores afirmam ser possível obter um alinhamento e

nivelamento dentário mais eficiente, porque os dentes deslizariam pelo trajeto de menor resistência com pouco ou até sem atrito entre o bráquete e o fio. Afirmou também que esses novos sistemas são capazes de aumentar os intervalos entre as consultas, reduzir o tempo total de tratamento, diminuir o tempo de amarração e melhorar o controle de infecção. (MILES *et al.*; 2006<sup>23</sup>)

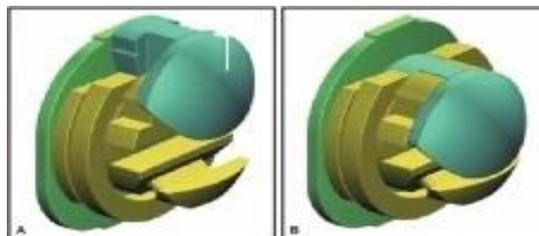
Nem todo atrito é prejudicial ao tratamento ortodôntico. Sem a existência do atrito, determinados movimentos, como a preparação de unidades de ancoragem ou a verticalização de dentes inclinados não poderiam ser efetuados. Mesmo nas mecânicas de deslize, o contato do fio com o bráquete é necessário para se assegurar um movimento de translação dentário. (THORSTENSON *et al.*; 2006<sup>37</sup>)

## **2. PROPOSIÇÃO**

Esse trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura comparando a força de atrito entre os bráquetes autoligados e bráquetes convencionais.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

(FRANK *et al.*; 1980<sup>11</sup>) disseram que a partir do surgimento dos bráquetes autoligados, vários trabalhos para avaliação de atrito (ou fricção) com a utilização destes sistemas começaram a ser proposto. Em 1980, pesquisaram, em um estudo laboratorial, simulando a retração de caninos, o nível de atrito de bráquetes tipo convencionais estreito, médio e largo e dos tipos Begg e Lewis e de um sistema autoligado passivo o Edgelock com diversos tipos de fios, em várias angulações e padronização nas forças de amarração. Os resultados demonstraram que em pequenas angulações e pouco movimento de oscilação do bráquete, a largura do bráquete e a força do tipo de amarração demonstraram serem os fatores principais na geração de atrito nos sistemas. Quando a angulação do bráquete aumenta, ocorre um contato angular entre o arco e a parede do bráquete, provocando um fenômeno denominado binding, que pode ser traduzido como apreensão entre o fio e o bráquete, o qual se transforma no fator preponderante na geração do atrito. Os autores verificaram que os bráquetes com o menor índice de atrito são os tipos Begg e o autoligado Edgelock.



**Fig. 1** – Bráquete self-ligated Edgelock, descrito por Wildman

A) Tampa Aberta B) Tampa Fechada

**Fonte:** BERGER, J. Self-Ligation in the Year 2000. JCD/February 2000;75

(GARNER *et al.*; 1986<sup>14</sup>) compararam o atrito do bráquete tipo Lewis, que é um sistema convencional de aleta única, com o uso de ligas de aço inoxidável, de níquel-titânio e beta-titânio, de calibres 0.016" x 0.022" e 0.017" x 0.025". Foi utilizado um mecanismo de célula de carga e os dispositivos de teste foram mergulhados em saliva artificial, para melhor simular o ambiente bucal. Os fios de aço de menor diâmetro demonstraram um coeficiente de atrito menor, quando comparados com fios de níquel-titânio e beta-titânio. Os fios beta-titânio de maior diâmetro foram os que demonstraram o maior coeficiente de atrito.

(SHIVAPUJA E BERGER, 1994<sup>32</sup>) concluíram em uma pesquisa feita com modelos que permitem a inclinação do dente representando, uma condição clínica com bráquetes autoligados e autoligados estética, não foram significantes os valores de atrito encontrados. E o bráquete cerâmico convencional, em alguns estudos, gerou maior atrito que os outros testados.

(SCHLEGEL, 1996<sup>30</sup>) afirmou que os ortodontistas têm muitos métodos para movimentar os dentes, como a mecânica de deslize, onde o bráquete colado ao dente desliza sobre o fio ortodôntico e que invariavelmente produz um atrito entre o bráquete e o fio, independente se o bráquete está angulado ou não. Desta forma a força necessária para movimentar o dente é aumentada devida á força do atrito existente entre o arco e bráquete, e para que se tenha um bom controle do tratamento e da reabsorção radicular, os efeitos do atrito devem ser minimizados. A quantidade de atrito é bastante influenciada pela pressão do contato entre o arco e o bráquete que ocorrem na canaleta do bráquete acompanhado pelas forças e momentos ocorrendo não em um ponto de contato, mas uma superfície de contato. O autor analisou um modelo de simulador mecânico de aparelho ortodôntico, composto por três bráquetes, sendo dois fixos por onde desliza o arco e um terceiro bráquete, chamado de “ativo” que era puxado por uma mola paralelamente ao arco que passava pelos dois bráquetes fixos. Por meio deste experimento, o autor concluiu que a questão sobre os bráquetes mais largos ou estreitos causam menor atrito, não podendo ser respondida analisada isoladamente, e que um único bráquete combinado a um arco não pode gerar algum tipo de força, momento ou atrito. A magnitude da resultante da força de atrito depende da propriedade do arco, da largura do bráquete, da distância interbráquetes e da posição do chamado “bráquete ativo”.

Em estudo *in-vitro* a força de atrito entre 3 sistemas de bráquetes autoligados e um convencional. As variáveis investigadas foram: os efeitos do tamanho do fio (0,020”, 0,019” x 0,025” e 0,021” x 0,025”), angulação bráquete-fio (0°, 5° e 10°) e a presença de saliva humana não-estimulada. Um total de 120 bráquetes de cada tipo foram usados, cada combinação bráquete-fio foi testada 10 vezes num total de 480 testes. O bráquete era então fixado e sua posição definida na angulação 0°, 5° ou 10° com o auxílio de um seguimento de fio 0,021” x 0,025”. Nos testes úmidos uma gota de saliva era então despejada sobre o bráquete. Na máquina de teste o fio era

deslizado pela canaleta a uma velocidade de 0,5 mm/min e os níveis de atrito processados por computador. A presença de saliva teve efeito inconsistente. O sistema Mobil-Lock Variable-Slot teve a menor atrito para todos os fios a 0° de angulação, com aumento da angulação, seus valores se tornaram comparáveis aos dos outros bráquetes. O sistema de braquetes Activa foi o segundo com resistência de atrito mais baixa, mas teve aumento significativo destes valores quando usado com fios 0,019" x0,025". O sistema SPEED demonstrou baixas forças com fios redondos, mas apresentou grande aumento de atrito com fios retangulares e angulação. Os bráquetes convencionais obtiveram grande variação individual, embora, de um modo geral, forças de atrito mais elevadas foram observadas.

Novo modelo *in vitro* para avaliação da força de atrito de bráquetes autoligados e fios beta-titânio (TMA) em oposição às configurações mais convencionais e levados através de rolamentos de baixo atrito, os bráquetes foram deslizados sobre segmentos de fio não defletido com mínimo atrito com e sem angulação em relação ao fio. Dois aparelhos autoligados foram usados e não geraram nenhuma força normal significativa. O atrito foi testado sobre 4 fios de aço inoxidável e beta-titânio, ambos com secções retangular e redonda. A força usada para superar o atrito e iniciar a movimentação foi aferida por uma máquina de teste à velocidade de 10 mm/min, sendo subtraída ao atrito básico. Os resultados mostraram que arcos redondos tiveram atrito menor que os retangulares; que o beta-titânio gera mais atrito que o aço inoxidável e que o atrito é aumentado pela angulação em todas as combinações bráquete-fio realizadas. Os bráquetes autoligados tiveram menor atrito que os convencionais em todas as angulações e os bráquetes autoligado passivo apresentaram menor atrito que o ativo.

(DAMON, 1998<sup>9</sup>) descreveu um relato da forma de ação do aparelho Damon SL. Afirmando que o desenho do bráquete autoligado permite um nivelamento mais rápido, porque os dentes podem "flutuar ao longo de um trajeto de menor resistência, com pouca ou nenhuma fricção entre o bráquete e o fio". O mecanismo de fechamento elimina muito o atrito criado pela amarração convencional metálica ou de látex, que são utilizadas para manter o arco no encaixe do bráquete. Devido a esse mecanismo de fechamento e á diminuição do atrito, a mecânica de deslize pode ser feita de forma mais eficaz. Em função das características atribuídas ao

sistema, o autor declarou ser possível aumentar o intervalo entre as consultas e reduzir o tempo total de tratamento.

(THOMAS *et al.*; 1998<sup>36</sup>) compararam as características de atrito de dois tipos de bráquetes convencionais e dois tipos de bráquetes autoligados. Foram utilizados os bráquetes autoligados Damon SL (“A” Company) e Time (Adenta) e os convencionais Tip-Edge (TP Orthodontics) e Standard Twin (“A” Company). Foram utilizados cinco combinações de fios e materiais: Níquel-Titânio 0.014” e 0.016” x 0.022”, aço inoxidável trançado 0.0175”, aço inoxidável 0.016” x 0.022” e 0.019” x 0.025”. Os resultados demonstraram que o bráquete Damon apresentou o menor atrito para todos os tipos de fios testados e o bráquete convencional da “A” Company produziu os mais altos índices de atrito para todos os tipos de fios testados.

(O’ REILLY *et al.*; 1999<sup>24</sup>) procurando avaliar os efeitos de deslocamento repetitivo de um bráquete sobre o atrito, durante os movimentos de deslizamento conduziram uma investigação *ex vivo*. No experimento, foi montado um dispositivo que permitia um deslocamento repetitivo de um bráquete, enquanto ocorria o deslizamento do fio. As medições foram feitas numa máquina Instron. Foram testados bráquetes convencionais metálicos (Ormco) em conjunto com fios de aço inoxidável 0.016”, 0.019” x 0.025” e 0.021” x 0.025” e beta-titânio 0.019” x 0.025”. Os deslocamentos foram avaliados de 0 às magnitudes de 0,25; 0,5 até 1mm. Concluíram que o deslocamento repetitivo tinha um significativo efeito na resistência ao deslizamento da interface entre fio e bráquete. A redução da resistência ao deslizamento observada variou dependendo do fio. Em relação á escala de deslocamento testada, houve uma redução de 85%na resistência ao deslizamento no fio 0.021” x 0.025” de aço inoxidável, para 80% no fio 0.019” x 0.025” de aço inoxidável, para 27% no fio 0.019” x 0.025” beta-titânio e 19% para o fio 0.016” de aço. Em função desses resultados, os autores afirmaram que a influência do atrito em condições reais onde ocorre um deslocamento do fio ou do bráquete, normalmente associado ao ciclo mastigatório, pode ser menor.

(LOFTUS *et al.*; 1999<sup>22</sup>) mediram as forças de atrito durante o movimento de deslizamento, utilizando um dispositivo que simula as condições clínicas. Esses dispositivos permitem a inclinação e rotação do bráquete enquanto o fio é deslizado, fazendo com que o arco entre em contato com os cantos e fundo da canaleta do

bráquete, bem como com as amarrações e tampa metálica, no caso do bráquete autoligado. Foram comparados um bráquete de metal convencional, Victory (UNITEK), um autoligado metálico, Damon SL (“A” Company), um de porcelana Transcend (UNITEK) e um bráquete de porcelana com canaleta metálica Clarity (UNITEK). Foram utilizados fios 0.019” x 0.025” de aço inoxidável, Ni-Ti e beta-titânio. A comparação da diferença de atrito entre os bráquetes metálicos convencionais e de cerâmica com canaleta metálica não foi significativa, porém os bráquetes de cerâmica pura apresentaram níveis de atrito mais alto. Os fios beta-titânio produziram mais atrito do que os fios de níquel-titânio e não foram encontradas diferenças com os fios de aço.

(BRAUN *et al.*; 1999<sup>3</sup>) concluiu que a mastigação e a deglutição podem interferir na mecânica de deslize de forma a reduzir o atrito. Os autores afirmaram que no ambiente bucal as funções como a mastigação e deglutição, resultam em movimentos repetitivos que afetam o contato do fio com o bráquete e esses pequenos movimentos reduziram o atrito. Para avaliar esta suposição, analisaram se as pequenas perturbações citadas acima, simuladas em laboratório iriam interferir no atrito entre o fio e bráquete. Foram utilizados bráquetes convencionais e fios de aço inoxidável. Os fios utilizados foram: 0,018”x 0,025”, 0,016”x 0,016” (Ormco). Os bráquetes metálicos convencionais utilizados foram o Mini Dimond (Ormco), com canaleta 0,018” “standart” de caninos e pré-molares. Todos os testes foram realizados em ambiente seco, com os dois tipos de bráquetes, combinados com os fios citados acima, num total de 48 testes. Enquanto a máquina realizava o deslizamento dos fios, pequenos toques sobre o fio ou o bráquete eram provocados por um mesmo operador de maneira aleatória com uma força média de 87,2 gramas. Os toques realizados pelo operador, resultaram na redução do atrito praticamente a zero.

(BRAUCHLI *et al.*; 2001<sup>2</sup>) relatou que na movimentação ortodôntica, a força de atrito (estática ou cinética) resulta da interação de um fio ortodôntico com o *slot* de um bráquete ortodôntico ou uma ligadura. A movimentação dentária pode ocorrer quando as forças aplicadas superam o atrito na interface entre *slot* do bráquete e o fio. Alto nível de força de atrito entre o *slot* do bráquete e o fio pode causar uma ligação entre os dois componentes, o que, por sua vez, resulta num pequeno ou

nenhum movimento do dente. Além disso, tal ligação durante a retração dos dentes anteriores pode causar a perda de ancoragem posterior.

(THORSTENSON E KUSY, 2001<sup>38</sup>) observaram o comportamento do atrito em aparelhos autoligados e aparelhos convencionais em fios sujeitos a dobras de segunda ordem. Foram comparados bráquetes convencionais de aço inoxidável, com arcos de aço inoxidáveis retangulares e amarelo às de bráquetes autoligados com os mesmos arcos e dobras de segunda ordem. O deslizamento de ambos foi aferido. Foram usadas forças de ligação de 200 a 600 centinewtons (cN) e ângulos de  $-9^\circ$  a  $9^\circ$ . O mesmo ângulo foi usado para os bráquetes autoligados embora nenhuma amarração adicional tenha sido usada para eles. Quando usados de modo passivo, os bráquetes autoligados apresentaram atrito similar aos bráquetes convencionais, mas quando fechados os bráquetes autoligados não exibiram atrito. Na configuração ativa, todos apresentaram aumento no atrito com maior angulação. Para todos os ângulos, o atrito dos bráquetes autoligados foi menor que dos bráquetes convencionais.

(CACCIAFESTA *et al.*; 2003<sup>5</sup>) concluíram que recentemente tem havido um aumento no uso de bráquetes autoligados. Este é um sistema de bráquetes com um dispositivo mecânico incorporado para fechar o *slot* do bráquete. Esse dispositivo do bráquete autoligado pode ser de dois tipos: que pressionam o fio no slot do bráquete, denominados ativos, e aqueles em que o fio não é pressionado, denominados autoligados passivos. Sejam bráquetes autoligados ativos ou passivos, a quarta parede móvel desse bráquete converte o slot em um tubo. As principais vantagens desse mecanismo autoligado relatadas na literatura são: a redução do tempo de cadeira devido à rápida colocação e retirada do arco, diminuição do atrito melhorando a mecânica de deslize; além de requerer menor assistência ao lado da cadeira odontológica. Apesar dos relatos de atrito reduzido ser uma das vantagens dos bráquetes autoligados quando comparados com bráquetes com designs convencionais tal questão ainda é controversa. Mediram e compararam o nível de atrito entre bráquetes metálicos autoligados (Damon SL II, Ormco), bráquetes autoligados de policarbonato (Oyster, Gestenco) e bráquetes metálicos convencionais (Victory, Unitek) e três diferentes tipos de liga: aço inoxidável, Ni-Ti e beta-titânio. Foram feitas medições em um aparelho especialmente projetado para medir o atrito cinético e estático. Os bráquetes

autoligados metálicos geraram forças de atrito mais baixas do que o sistema de policarbonato e convencional, os quais não mostraram diferenças significativas entre eles.

(HARRADINE, 2003<sup>17</sup>) revisando a situação atual dos sistemas de bráquetes autoligados, discutiu os desenvolvimentos recentes, as vantagens clínicas e as possíveis imperfeições dos sistemas disponíveis. O autor relatou as propriedades de um sistema de ligação ideal, que seriam: ser seguro e robusto; assegurar um encaixe completo do fio no bráquete, exibir um baixo atrito entre o bráquete e o fio; ser rápido e fácil de usar, permitir um atrito maior quando desejado, permitir uma ligação fácil de correntes elásticas, permitir uma boa higiene bucal e ser confortável ao paciente. O autor também discutiu as vantagens dos bráquetes autoligados, salientando principalmente o papel do baixo atrito, onde discutiu experimentos *in vitro* e avaliações *in vivo* do desempenho desses tipos de bráquetes e afirmou que, sob a ótica das evidências atuais e baseados na experiência clínica, os bráquetes autoligados proporcionam uma redução significativa do atrito em todas as dimensões do movimento dentário. Outras vantagens descritas para os bráquetes autoligados foram um menor comprometimento da ancoragem, o alinhamento mais fácil de dentes com irregularidades severas e um gasto de tempo menor para a troca de arcos. Foi também comparada à questão da ligação passiva e ativa, onde o autor afirmou que este não é um aspecto fundamental para a diferenciação dos bráquetes autoligados e disse que os bráquetes autoligados ativos permitem um alinhamento inicial mais completo, já que seu mecanismo de fechamento pressiona o fio contra a canaleta, porém quando são utilizados fios mais grossos esta característica aumenta o atrito do sistema e reduz sua capacidade de produzir torque.

(HAIN; DHOPATKAR E ROCK, 2003<sup>16</sup>) avaliaram o método de ligação do bráquete ao fio, em relação ao atrito gerado. Neste estudo *in vitro* foram analisados os níveis de atrito com um novo tipo de ligadura, a slick (TP Orthodontics), que reduz o nível de atrito, utilizando-se bráquetes metálicos convencionais (Minitwin, Unitek), e de porcelana com canaleta metálica (Clarity, Unitek), amarrados com ligaduras elásticas convencionais, com ligaduras elásticas slick e com amarrações metálicas. Para efeito de comparação, foi utilizado no teste um bráquete autoligado (Speed, Stritr Industries). Foram utilizados segmentos de fios de aço inoxidável de 0.019" x 0.025". Foi demonstrado que este tipo de ligadura elástica, quando lubrificado com

saliva, pode diminuir os níveis de atrito. O nível de atrito dos bráquetes autoligados foi menor do que os bráquetes amarrados com ligaduras elásticas convencionais. As ligaduras slick foram comparáveis ao bráquete autoligado. As amarrações metálicas frouxas produziram os menores níveis de atrito.

(SMITH; ROUSSOW E WATSON, 2003<sup>33</sup>) avaliaram a resistência de atrito de uma simulação de retração de um dente canino, o dispositivo de teste permitia uma inclinação e verticalização dinâmica e progressiva do bráquete, ao mesmo tempo em que ocorria a tração linear do bráquete que era aproximadamente parecida com uma retração de canino por mecânica de deslizamento. Foram utilizados seis tipos de bráquetes, sendo três convencionais: de metal (Victory, Unitek), cerâmico (Transcend 6000, Unitek) e cerâmico com canaleta metálica (Clarity, Unitek), e três tipos de bráquetes autoligados: ativo (Speed, Strite Industries); passivo (Damon, Ormco) e autoligado com ligação variável (Time, American Orthodontics). Foram avaliados os fios de aço inoxidável e Ni-Ti nos diâmetros 0.018", 0.020", 0.018" x 0.025" e 0.021" x 0.025"; os fios de aço trançado 0.017", 0.019", 0.018" x 0.025" e 0.021" x 0.025" e os fios de Ni-Ti trançados de 0.018" e 0.020". Os autores concluíram que os bráquetes cerâmicos com ou sem canaleta de metal proporcionaram o maior atrito, seguidos pelos bráquetes metálicos convencionais, pelos bráquetes autoligados ativos, pelos bráquetes autoligados com ligação variável. Os bráquetes autoligados passivos apresentaram o menor índice de atrito. Também concluíram que os fios de aço normal e de aço trançado provocaram mais atrito do que os fios de Ni-Ti. Da mesma forma, os fios de menor dimensão produziram menos atrito que os fios maiores e os fios redondos produziram menos atrito que os fios retangulares.

(KHAMBAY; MILLET E MCHUGH, 2004<sup>20</sup>) para avaliar os efeitos do atrito em relação aos métodos de ligação ao arco ortodôntico realizaram um estudo in vitro. Foram testadas as forças de atrito produzidas por bráquetes convencionais (Mini Twin, Unitek) com fios de aço e beta-titânio, nos calibres 0.017" x 0.025" e 0.019" x 0.025" deslizando sobre eles. Foram testadas amarrações elásticas modulares: Alastik (Unitek) e SuperSlick (Tp Orthodontics), nas cores púrpura e cinza e uma amarração pré-formada de aço 0.09". O bráquete autoligado Damon II (Ormco) e o mesmo braquete convencional citado anteriormente, sem nenhum tipo de amarração foram utilizados como controle. O bráquete autoligado e o bráquete convencional

sem amarração produziram forças de atrito desprezíveis. Para todos os tipos de fios testados, com exceção do beta-titânio 0.017" x 0.025", onde o módulo púrpura produziu menos força, a amarração com ligadura de aço produziu os menores índices de atrito. Os autores afirmaram que não houve um padrão consistente de força de atrito media entre as várias combinações de tipo e tamanho de fio e método de amarração. Afirmaram também, que sob as condições deste experimento, somente o uso de bráquetes autoligados passivos praticamente eliminou o atrito.

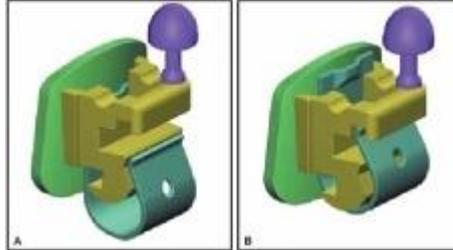


**Fig. 2 – Bráquete Damon II**

**Fonte:** Site: <http://www.ormco.com/index/damon-thesys-tem-damon2-thebracket>.

(HENA O E KUSY, 2004<sup>18</sup>) avaliaram 4 tipos de bráquetes convencionais: Mini Diamond (Ormco); Mini Diamond (GAC), TipEdge (TP Orthodontics) e MiniMono HT (Forestadent) e 4 tipos de bráquetes autoligados: Damon II (Ormco), In-Ovation (GAC); Speed (Strite Industries) e Time (American Orthodontics). Foi efetuada uma simulação laboratorial, utilizando uma maquina de testes, realizando analises de relacionamentos de dois bráquetes, deslizando por eles três tipos de arcos (Ni-Ti de 0.014", 0.016" x 0.022" e 0.019" x 0.025"). Cada conjunto de bráquetes foi montada sobre um dos quadrantes de um modelo de acrílico, sendo que cada quadrante possuía um grau de má oclusão mais acentuado. As observações foram feitas em estado seco e úmido. De forma geral, as forças de atrito foram maiores nos bráquetes convencionais, nos fios de maior calibre e nos quadrantes com a má oclusão mais severa, porém nos fios mais finos, a diferença de atrito entre os bráquetes autoligados e convencionais foi mais acentuada. Em relação aos testes

em campo seco e úmido, a diferença só foi significativa para um tipo de bráquete (In-Ovation), em um dos quadrantes.



**Fig. 3** – Bráquete In-Ovation R (GAC) – vista frontal

Fonte: Site: <http://www.gacorthomax.com.br/produtosphp?local=detalhe&pi=51>.

(TECCO *et al.*; 2005<sup>35</sup>) para avaliar o atrito, analisou em um teste de laboratório um sistema com dez bráquetes montados. Foram utilizados dois sistemas de bráquetes autoligados: Damon SL II (Ormco) e Time Plus (American Orthodontics) e um sistema de bráquete convencional, Victory (Unitek). Todos os sistemas foram testados com três diferentes tipos de ligas metálicas, aço inoxidável, Ni-Ti e Beta-titânio; em três medidas diferentes, 0.016", 0.017" x 0.025" e 0.019" x 0.025". O sistema Time Plus gerou uma força de atrito significativamente inferior, quando comparado com os outros sistemas. Porém, o bráquete Damon SL II gerou menos atrito quando fios redondos eram usados. O fio beta-titânio foi o que gerou mais atrito e todos os bráquetes mostraram mais força de atrito conforme a espessura do arco aumentou. O trabalho também demonstrou que o modelo de estudo contendo dez bráquetes mantém a concordância com os achados nos sistemas que utilizam um ou três bráquetes.

(GRIFFITHS *et al.*; 2005<sup>15</sup>) testaram um novo tipo de ligadura elástica (SuperSlick, TP Orthodontics), que se propõe a reduzir o atrito na ligação com o arco de forma significativa. Foram utilizados bráquetes autoligados, do sistema Damon SL II (Ormco) e bráquetes de porcelana, do tipo Inspire (Ormco). Os bráquetes autoligados foram testados com seu dispositivo de fechamento ativo e com o dispositivo de fechamento aberto e amarrado com ligaduras elásticas, para funcionar como um bráquete convencional. Os bráquetes autoligados, com o dispositivo de fechamento ativo, foram os que exibiram a menor resistência de atrito ao deslizamento. A ligadura elástica SuperSlick demonstrou uma resistência de atrito maior do que a amarração elástica de perfil redondo e menor do que a de perfil

quadrado. Os bráquetes de porcelana exibiram maiores resistências ao deslizamento.

(TECCO *et al.*; 2007<sup>34</sup>) concordam que o atrito gerado entre o fio e a ligadura durante o processo de movimentação dentária induzida (MDI) tende a influenciar a velocidade e intensidade do deslocamento dentário. Inúmeras variáveis estão intimamente relacionadas com a resistência de atrito: tipo de material de confecção do bráquete (metal/cerâmica); marca comercial; rigidez do clipe; *design* do clipe; dimensão, forma e angulação da interface fio/canaleta; umidade do meio; forças de ligação; tipo de amarração; liga metálica do fio. Os fios ortodônticos de maior secção transversa tendem a provocar uma maior fricção superficial. O coeficiente de atrito das ligas metálicas dos fios pode ser descrito na seguinte ordem crescente: aço inoxidável, níquel-titânio, cromo-cobalto e titânio molibdênio. Comparou em alguns estudos *in vitro* a força de atrito entre bráquetes autoligados ativos e passivos e bráquetes convencionais com diferentes diâmetros e secção de fios, composição dos fios e variação de angulação. Observou-se menor atrito em bráquetes autoligados passivos em relação aos bráquetes autoligados ativos e bráquetes convencionais.

(YEH *et al.*; 2007<sup>40</sup>) relataram alguns estudos *in vitro* compararam a força de atrito entre bráquetes autoligados passivos e ativos e bráquetes convencionais com diferentes diâmetros e secção de fios, composição dos fios e variação de angulação. Observou-se menor atrito em bráquetes autoligados passivos em relação aos bráquetes autoligados ativos e bráquetes convencionais.

(RINCHUSE E MILES, 2007<sup>29</sup>) relatam que muitos trabalhos e apresentações apoiados por fabricantes parecem ter uma faceta científica, mas em sua maioria se amparam em estudos de caso. O valor dos estudos *in vitro* sobre bráquetes autoligados foi questionado por não conseguir simular as respostas biológicas. Bráquetes autoligados geram excelentes resultados *in vitro* com fios menores comuns ao início do tratamento. Quando usado fios 0,016" x 0,022" ao 0,019" x 0,025" NiTi e em uma canaleta 0,022" não há diferenças de atrito entre bráquetes autoligados e bráquetes convencionais.

(REICHENEDER *et al.*; 2007<sup>27</sup>) compararam *in vitro* a força de atrito de 2 tipos de autoligados passivos e estéticos Opal (Ultradent Products) e Oyster (Gestenco Int.), com 4 tipos bráquetes estéticos convencionais Transcend (3M

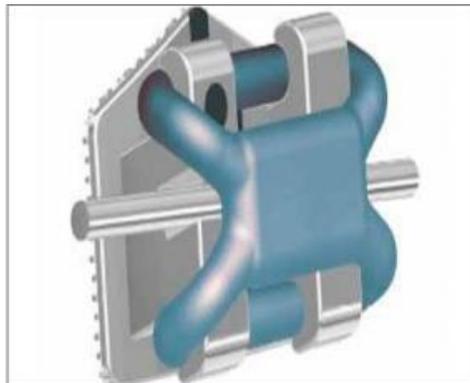
Unitek), Inspire (Ormco), Allure (GAC Int.), and Image (Gestenco Int.). O atrito foi testado com 3 diferentes dimensões e qualidades de fios (fio de aço inoxidável 0,017" × 0,025", 0,019" × 0,025" e o fio TMA 0,019" × 0,025". Todos os bráquetes tinham canaleta de 0,022" e correspondiam ao bráquete do 1º pré-molar superior na prescrição de Roth (implicando ângulo 0° e torque 7°). Dois grupos de 30 bráquetes Opal foram envelhecidos em uma máquina sob condições padrão por 9-10 e 18-20 meses respectivamente. O atrito dos bráquetes envelhecidos foi então testada de modo similar com os mesmos tipos de fios usados para as demais amostras. Observou-se que os bráquetes Opal apresentaram os valores mais baixos de atrito para todos os fios testados. Somente os bráquetes Oyster tiveram valor de atrito similar quando combinados com fio de aço inoxidável 0,019" × 0,025". Os bráquetes Opal envelhecidos apresentaram valores de atrito mais altos que os bráquetes Opal novos, mas, ainda assim, mais baixos que os outros 4 bráquetes estéticos convencionais.

(SCOTT *et al.*; 2008<sup>31</sup>) afirmam que os bráquetes autoligados apresentam menor resistência friccional quando comparados aos bráquetes convencionais. Em relação à diluição do apinhamento na região anterior superior e inferior não foram encontradas diferenças em relação ao tempo de tratamento comparando-se a eficiência dos bráquetes autoligados passivos com os ativos e dos bráquetes autoligados com os bráquetes convencionais.

(REICHENEDER *et al.*; 2008<sup>27</sup>) compararam o atrito de 4 bráquetes autoligados metálicos (Speed, Damon 2, In-Ovation, e Time) e de 3 bráquetes convencionais metálicos (Time, Victory Twin, e Discovery). O bráquete autoligado Time também foi usado como bráquete convencional. O atrito foi testado 20 vezes para cada combinação bráquete-arco usando arcos de aço inoxidável em três dimensões diferentes (0,017" × 0,025", 0,018" × 0,025" e 0,019" × 0,025"). Todos os bráquetes tinham *slot* 0,022" e a prescrição de um 1º pré-molar superior. Foram analisados estatisticamente os dados de todas as combinações e os resultados mostraram que quase todos os bráquetes tiveram atrito mais baixo com o arco de dimensão 0,018" × 0,025". O atrito nos bráquetes autoligados usando-se o arco de dimensão 0,018" × 0,025" foi 45-48% mais baixo que com os arcos de 0,017" × 0,025" e 0,019" × 0,025". Os bráquetes convencionais tiveram o atrito 14% menor quando usado o arco 0,018" × 0,025" quando comparados aos arcos de 0,017" ×

0,025" e 0,019" × 0,025". Os bráquetes autoligados apresentaram menor atrito com o arco 0,018" × 0,025" que os bráquetes convencionais. Os bráquetes convencionais tiveram menor atrito com os arcos de 0,017" × 0,025" e 0,019" × 0,025".

(GANDINI *et al.*; 2008<sup>13</sup>) concluíram que as ligaduras elastoméricas não convencionais inovadoras, como a ligadura Slide (Leone Orthodontic Products, Sesto Fiorentino, Firenze, Itália) ou os mais recentes, chamados Amarrilhos Individuais "8" e os Amarrilhos individuais "88" (Tecnident Equipamentos Ortodônticos Ltda., Vila Nery, São Carlos, Brasil), foram introduzidas no mercado. Denominadas de ligaduras de baixo atrito, uma vez que aplicadas sobre bráquetes convencionais, estes se tornaram completamente passivos, como a tampa vestibular dos bráquetes autoligados, garantindo assim a mesma liberdade de deslize para o fio. Estudos *in vitro* mostraram que essas ligaduras de baixo atrito são capazes de reduzir as forças de atrito em relação às ligaduras elastoméricas convencionais, tanto durante o nivelamento e alinhamento quanto na mecânica de deslize.



**Fig. 4** – Ligaduras Slide

**Fonte:** Site: [www.jco-online.com/files/archive/2005/08/464-jco-img-f2.jpg](http://www.jco-online.com/files/archive/2005/08/464-jco-img-f2.jpg).

(BURROW, 2009<sup>4</sup>) em sua revisão questiona o paradigma de que o atrito seja de fato o maior responsável pela resistência ao deslizamento em um tratamento. Estudos em laboratório mostram que a ligação do arco contra os cantos da canaleta inicia logo que o dente começa a mover-se e sofre angulação e é muito mais importante do que se pensava. Esta ligação leva a uma deformação no arco que para temporariamente o movimento. Estudos clínicos dão suporte à tese de que o movimento de corpo no deslize pouco tem a ver com atrito, estando muito mais relacionado a este processo de ligação e liberação que se dá tanto em bráquetes

convencionais quanto em autoligados. Os poucos estudos clínicos existentes até então não apoiam a tese de que bráquetes autoligados geram tempo de tratamento reduzido em decorrência de um possível atrito reduzido.

(CASTRO, 2009<sup>6</sup>) buscou na literatura evidências científicas que dessem suporte a maior eficiência atribuída aos autoligados e verificou que os bráquetes autoligados ainda não demonstraram superioridade mecânica em relação aos sistemas convencionais.

(TURPIN, 2009<sup>39</sup>) exalta em editorial os trabalhos *in-vivo* como sendo a melhor referência quanto a real eficiência dos bráquetes autoligados. Os testes *in vitro* são ditos incapazes de replicar o meio bucal especialmente a natureza de tecidos moles e ósseos em que o movimento dentário se dá. Quatro estudos longitudinais, recentes e *in-vivo* e com grupos controle foram base para este argumento. Os estudos indicaram que os bráquetes autoligados não apresentaram vantagem mensurável em tempo de tratamento, número de visitas, tempo gasto em alinhamento inicial ou na posição final do incisivo e dimensões transversais (distância intercanina e intermolares).

(OLIVEIRA, 2009<sup>25</sup>) comparou a força de atrito produzida por bráquetes metálicos convencionais e bráquetes autoligados de canino, primeiro e segundo pré-molar do lado direito durante a mecânica de deslizamento. Com este propósito foram confeccionados corpos de prova com resina acrílica autopolimerizável e fixados os acessórios, sendo divididos em:

*Grupo 1* - bráquetes metálicos convencionais usinados, prescrição Roth, modelo light, com canaleta de 0,022" x 0,028", da marca Morelli (Dental Morelli, Sorocaba, SP, Brasil);

*Grupo 2* - bráquetes metálicos convencionais usinados, prescrição Roth modelo M2000, com canaleta de 0,022" x 0,028", da marca ORMCO (Glendora, Califórnia, USA);

*Grupo 3* - bráquetes convencionais injetados, prescrição Roth, com canaleta 0,022" x 0,028", marca Morelli (Dental Morelli, Sorocaba, SP, Brasil);

*Grupo 4* - bráquetes autoligados, prescrição In-Ovation com canaleta de 0,022" x 0,028", marca GAC (New York, NY, USA);

*Grupo 5* - bráquetes autoligados, prescrição Damon com canaleta de 0,022" x 0,028", da marca ORMCO (Glendora, Califórnia, USA);

*Grupo 6* - bráquetes autoligados, prescrição Smart Clip, com canaleta de 0,022" x 0,030", da marca 3M Unitek (Monróvia, CA, USA).

Cada grupo específico foi composto de cinco corpos de prova e que foram submetidos ao ensaio de atrito, promovendo-se o deslizamento de um segmento de fio de aço inoxidável 0,019" x 0,025" marca (Morelli, Sorocaba- SP-Brasil) pelas canaletas dos acessórios e avaliados na máquina de Ensaio Universal.

Os grupos foram comparados quanto à força máxima de atrito, força média de atrito estático e força média de atrito dinâmico. Os resultados encontrados foram:

1) os bráquetes autoligados de aço inoxidável Smart Clip e Damon geraram forças de atrito estático e cinéticos significativamente menores do que os bráquetes de aço inoxidáveis convencionais usinados e convencional injetado;

2) as comparações entre bráquetes autoligados de marcas distintas evidenciou que o Smart Clip e Damon apresentaram resistência ao atrito menor que o In-Ovation;

3) dentre os bráquetes convencionais, os bráquetes usinados M2000 ORMCO apresentou maior resistência ao atrito;

4) os bráquetes autoligados In-Ovation e os bráquetes convencionais Morelli usinado e injetado não apresentaram diferença significativa.



**Fig. 5** – Bráquete Smart Clip (Unitek/3M)

**Fonte:** Site: <http://www.clinicatresamericas.com.br/artigos/11-aparelhos-ortodonticos-auto-ligados-smart-clip-3m.html>

(KRISHNAN; KALATHIL E ABRAHAM, 2009<sup>21</sup>) pesquisaram *in vitro* o atrito de bráquetes autoligados contemporâneos e arcos de diferentes ligas. Foram comparados o desempenho de 2 bráquetes autoligados passivos, 2 bráquetes autoligados ativos e 1 bráquete convencional, todos com canaleta 0,022". Foram usados fios 0,019" x 0,025" polegadas de aço, níquel-titânio e beta-titânio. O atrito foi avaliada através de um bráquete colado a um hemi arco artificial fixado em uma máquina de teste. Como resultados, verificou-se que as forças de atrito foram mais

baixas para os bráquetes autoligados em oposição ao sistema de bráquetes convencional. Os maiores valores de força foram vistos com o fio beta-titânio. Quando usados fios de aço não houve diferenças entre ao atrito de bráquetes autoligados passivos ou ativos. Quando usados fios níquel-titânio ou beta-titânio verificou-se que os bráquetes autoligados passivos podem minimizar resistência de atrito.

(CHUNG *et al.*; 2009<sup>8</sup>) pesquisaram a influência do torque sobre o atrito cinético nas mecânicas de deslize envolvendo bráquetes autoligados ativos e passivos. As forças de atrito fio-canaleta foram aferidas e comparadas entre 5 grupos de bráquetes e tubos em um segmento dental posterior simulado com torques variados (-15°, -10°, -5°, 0°, 5°, 10°, 15°) no bráquete do segundo pré-molar. O fio ortodôntico de trabalho (0,019" x 0,025" de aço inoxidável) foi então inserido nas canaletas e tubos. O aumento do torque de 0° a + ou - 15° produziu significativos aumentos no atrito para todos os bráquetes e tubos. O torque entre 0° a + ou - 5° gerou menos atrito quando usa dos bráquetes autoligados passivos, seguidos por bráquetes autoligados ativos e pelos sistemas de bráquetes convencionais com ligadura elástica. Ao torque de + ou -10°, aparentemente houve o fim da folga entre fio e a canaleta e todos os grupos de bráquetes e tubos apresentaram resistência similar, com uma exceção em +10°. Em + ou - 15° de torque, um grupo passivo e um ativo produziu significativamente mais resistência que os outros três.

(EHSANIA *et al.*; 2009<sup>10</sup>) testaram a quantidade de atrito gerada *in vitro* por bráquetes autoligados e bráquetes convencionais através de uma revisão sistemática da literatura. Várias bases eletrônicas de dados (Medline, PubMed, Embase, Cochrane Library, and Web of Science) foram consultadas sem limites até a data de abril de 2008. Os estudos *in vitro* encontrados foram selecionados e revisados. Uma pesquisa adicional foi realizada com base nas referências dos próprios na intenção de identificar algum artigo que pudesse não estar nas bases de dados eletrônicas. Um total de 73 artigos foi encontrado, destes 19 atendiam aos critérios de seleção desta revisão, muitos métodos foram empregados. Não foi encontrada evidência suficiente para afirmar, com arcos retangulares, na presença de angulação, torque e/ou em maloclusões consideráveis, que os bráquetes autoligados produzam menos atrito que os bráquetes convencionais.

(REZNIKOV *et al.*; 2010<sup>28</sup>) avaliaram as forças de atrito entre vários bráquetes autoligados e arcos de aço inoxidável sujeitos a diversas dobras no plano vestibulo-lingual (de primeira ordem). Três tipos de bráquetes autoligados e 2 bráquetes convencionais (controle) foram testados em um novo sistema *in-vitro*. A força de atrito foi testada com arcos de aço inoxidável em 3 estados de deflexão. Amostras dos arcos foram colhidas em microscópio eletrônico antes e depois do deslize. Os resultados mostram diferenças significativas entre os grupos quanto à força de atrito gerada após a deflexão do arco. Nas dobras de primeira ordem, os bráquetes autoligados passivos desenvolveram força de atrito mais alta que os bráquetes convencionais. Os bráquetes convencionais usados como controle que dispunham de ligaduras de baixa fricção obtiveram forças de atrito mais baixas que qualquer outro grupo. Os bráquetes autoligados ativos ficaram entre os passivos e convencionais. Consideráveis alterações de superfície foram encontradas nas amostras dos arcos usados por bráquetes autoligados passivos.

(FLEMING E JOHAL, 2010<sup>12</sup>) investigaram, numa revisão sistemática da literatura, as diferenças clínicas em relação ao uso de bráquetes autoligados na ortodontia. Para isto, as bases de dados eletrônicas foram pesquisadas (sem restrições relacionadas ao status ou à língua da publicação) considerando-se estudos desde 1950 até abril de 2009. Testes clínicos randomizados controlados (TRC) e testes clínicos controlados (TCC) investigando a influência do tipo de bráquete na eficiência do alinhamento, experiência subjetiva de dor, quebra da adesão, mudanças dimensionais do arco, taxa de fechamento de espaços ortodônticos, efeitos periodontais e reabsorção radicular foram selecionados. Foram analisados 6 TRCs e 11 TCCs. Não houve diferença significativa dos bráquetes autoligados em relação à dor experimentada pelos pacientes. A análise estatística dos demais fatores foi inviável em virtude de desenhos metodológicos inadequados e/ou heterogêneos.

(KAHLON *et al.*; 2010<sup>19</sup>) empregaram *in vitro* arcos de aço inoxidável tipo Gianelly, ligaduras de baixa fricção, ligaduras convencionais e amarrilhos com bráquetes convencionais e bráquetes autoligados ativos e passivos de modo a terem 5 possíveis modos de ligação. Também foram usadas duas medidas de arcos de aço inoxidável (0,016" x 0,022" e 0,018" x 0,022"). No quesito avaliado, atrito, as

ligaduras de baixa fricção foram superiores às convencionais e inferiores aos bráquetes autoligados e bráquetes convencionais com amarrilho.

(PANDIS *et al.*; 2010<sup>26</sup>) relatam que o diâmetro, material do bráquete, prescrição e o tipo de liga influenciam diretamente sobre o coeficiente de atrito, mostrando melhor performance dos bráquetes autoligados com fios redondos e menos calibrosos e maior eficiência para os bráquetes convencionais quando se usou os fios de aço 0,019"x0,025".

(CHEN *et al.*; 2010<sup>7</sup>) realizaram uma revisão de literatura buscando evidências científicas que confirmassem a eficácia, eficiência e estabilidade de resultados dos bráquetes autoligados em comparação com os bráquetes convencionais. Uma triagem qualitativa dos artigos de 4 bases de dados eletrônicas de 1966 a 2009 também foi feita. Nenhuma diferença em tempo total de tratamento foi comprovada e as únicas vantagens comprovadamente observadas em favor dos bráquetes autoligados foram menor tempo de cadeira e uma vestibularização dos incisivos superiores discretamente menores.

#### 4. DISCUSSÃO

A partir do surgimento dos bráquetes autoligados, demonstraram que em pequenas angulações e pouco movimento de oscilação do bráquete, a largura do bráquete e a força do tipo de amarração demonstraram ser os principais fatores na geração de atrito. Os bráquetes mais largos ou estreitos causam menor atrito, não podendo ser respondida isoladamente, e que um único bráquete combinado a um arco não pode gerar algum tipo de força, momento ou atrito. Com o mecanismo de fechamento e a diminuição do atrito, a mecânica de deslize pode ser feita de forma mais eficaz aumentando o intervalo entre as consultas, reduzindo o tempo total de tratamento e a rápida colocação e retirada do arco. (CACCIAFESTA *et al.*; 2003<sup>5</sup>; DAMON, 1998<sup>9</sup>; FRANK *et al.*; 1980<sup>11</sup>; HARRADINE, 2003<sup>17</sup>; SCHLEGEL, 1996<sup>30</sup>)

A ligação do arco contra os cantos da canaleta inicial logo quando o dente começa a mover-se e sofre angulação dando suporte a tese de que o movimento de corpo no deslize pouco tem a ver com atrito, estando muito mais relacionados ao processo de ligação e liberação que se dá tanto em bráquetes convencionais quanto em bráquetes autoligados. Verificando assim que os bráquetes autoligados não apresentam vantagens mensurável em tempo de tratamento, número de visitas, tempo gasto em alinhamento inicial ou na posição final do incisivo, dimensões transversais e superioridade mecânica. (BURROW, 2009<sup>4</sup>; CASTRO, 2009<sup>6</sup>; CHEN *et al.*; 2010<sup>7</sup>; TURPIN, 2009<sup>39</sup>)

Comparando o atrito em um sistema convencional de aleta única, com o uso de ligas de aço inoxidável, de níquel-titânio e beta-titânio observaram que os fios de aço de menor diâmetro demonstraram um coeficiente de atrito menor, quando comparados com os fios de níquel-titânio e beta-titânio. Os fios de beta-titânio de maior diâmetro foram os que demonstraram o maior coeficiente de atrito. (GARNER *et al.*; 1986<sup>14</sup>; KRISHNAN; KALATHIL; ABRAHAM, 2009<sup>21</sup>; LOFTUS *et al.*; 1999<sup>22</sup>; TECCO *et al.*; 2005<sup>35</sup>)

Em uma pesquisa comparando o desempenho de bráquetes autoligados passivos, bráquetes autoligados ativos e bráquetes convencionais concluíram que quando usados os fios níquel-titânio ou beta-titânio os bráquetes autoligados passivos podem minimizar a resistência de atrito. (KRISHNAN; KALATHIL; ABRAHAM, 2009<sup>21</sup>)

Representando uma condição clínica com bráquetes autoligados e bráquetes autoligados estéticos os valores de atrito encontrados não foram significantes. Entre os bráquetes metálicos convencionais e de cerâmica também não foram significantes. Já os bráquetes convencionais de cerâmica pura, geraram maior atrito que os outros testados. (CACCIAFESTA *et al.*; 2003<sup>5</sup>; LOFTUS, 1999<sup>22</sup>; SHIVAPUJA; BERGER, 1994<sup>32</sup>; SMITH; ROUSSOW; WATSON, 2003<sup>33</sup>)

Em estudo comparando a força de atrito entre os sistemas de bráquetes autoligados e convencionais levando as variáveis investigadas, os efeitos do tamanho do fio e a angulação bráquete-fio obtivemos que os arcos redondos apresentam menor atrito que os retangulares, o atrito é aumentado pela angulação em todas as combinações bráquete-fio. Os bráquetes autoligados tem menor atrito que os convencionais em todas as angulações e fios testados, e os bráquetes autoligados passivo apresentaram menor atrito que o ativo. (HENAO; KUSY, 2004<sup>18</sup>; SMITH; ROUSSOW; WATSON, 2003<sup>33</sup>; THOMAS *et al.*; 1998<sup>36</sup>)

Os bráquetes autoligados passivos estéticos apresentam valores mais baixos de atrito para quase todos os fios quando comparados com os bráquetes estéticos convencionais, mas quando utilizado o fio 0,019"x 0,025" obtiveram valores de atrito similar. (REICHENEDER *et al.*; 2007<sup>27</sup>)

Utilizando os fios 0,016"x0,022" ao 0,019x0,025" Niti em uma canaleta 0,022" não há diferença de atrito entre bráquetes autoligados e bráquetes convencionais. (RINCHUSE; MILES, 2007<sup>29</sup>)

Analisando os bráquetes autoligados metálicos e os bráquetes convencionais metálicos concluímos que os bráquetes autoligados apresentaram menor atrito com o arco 0,018"x0,025" que os bráquetes convencionais e os bráquetes convencionais tiveram menor atrito com os arcos de 0,017"x0,025" e 0,019"x0,025". (PANDIS *et al.*; 2010<sup>26</sup>; REICHENEDER *et al.*; 2008<sup>27</sup>; SCOTT *et al.*; 2008<sup>31</sup>)

Não foram encontradas evidências suficientes para afirmar, com arcos retangulares, na presença de angulações, torque e/ou em maloclusões consideráveis, que os bráquetes autoligados produzem menos atrito que os bráquetes convencionais. (EHSANIA *et al.*; 2009<sup>10</sup>)

Avaliando os efeitos de deslocamento repetitivo de um bráquete sobre o atrito, durante os movimentos de deslizamento concluiu que a mastigação e

deglutição podem interferir na mecânica de deslize de forma a reduzir o atrito. (BRAUN *et al.*, 1999<sup>3</sup>; O' REILLY *et al.*; 1999<sup>24</sup>)

A movimentação dentária ocorre quando as forças aplicadas superam o atrito na interface entre o slot do bráquete e o fio, quando tem alto nível de atrito resulta em um pequeno ou nenhum movimento do dente e durante a retração dos dentes anteriores pode causar perda de ancoragem posterior. (BRAUCHLI *et al.*; 2001<sup>2</sup>)

Avaliando as forças de atrito nas dobras de primeira ordem, os bráquetes autoligados passivos desenvolveram força de atrito mais alta que os bráquetes convencionais. Os bráquetes convencionais usados como controle que dispunham de ligaduras de baixa fricção obtiveram forças de atrito mais baixas que qualquer outro grupo. (REZNIKOV *et al.*; 2010<sup>28</sup>)

O comportamento do atrito em aparelhos autoligados e aparelhos convencionais em fios sujeitos a dobras de segunda ordem, com arcos de aço inoxidáveis retangulares e amarrilhos ás de bráquetes autoligados com os mesmos arcos e dobras quando usados de modo passivo, os bráquetes autoligados apresentaram atrito similar aos bráquetes convencionais, mas quando fechados os bráquetes autoligados não exibiram atrito. Na configuração ativa, todos apresentaram aumento no atrito com maior angulação, para todos os ângulos, o atrito dos bráquetes autoligados foi menor que dos bráquetes convencionais. (GRIFFITHS *et al.*; 2005<sup>15</sup>; THORSTENSON; KUSY, 2001<sup>38</sup>)

Estudos in vivo compararam a força de atrito entre bráquetes autoligados passivos e ativos e bráquetes convencionais com diferentes diâmetros e secção de fios, observou menor atrito em bráquetes autoligados passivos. (YEH *et al.*; 2007<sup>40</sup>)

Revisando a situação atual dos bráquetes autoligados, á questão da ligação ativa e passiva foi comparada e concluíram que este não é um aspecto fundamental para a diferenciação dos bráquetes autoligados e que os bráquetes autoligados ativos permitem um alinhamento inicial mais completo, já que o mecanismo de fechamento pressiona o fio contra a canaleta, porém quando são utilizados fios mais grossos esta característica aumenta o atrito do sistema e reduz sua capacidade de produzir torque. (HARRADINE, 2003<sup>17</sup>)

As ligaduras de baixo atrito, aplicadas sobre bráquetes convencionais, se tornaram completamente passivos, como a tampa vestibular dos bráquetes autoligados, garantindo assim a mesma liberdade de deslize para o fio. No quesito

atrito, as ligaduras de baixo atrito são capazes de reduzir as forças de atrito em relação às ligaduras elastoméricas convencionais, mas são inferiores aos bráquetes autoligados e bráquetes convencionais com amarrilho. (GANDINI *et al.*; 2008<sup>13</sup>; HAIN; DHOPATKAR; ROCK, 2003<sup>16</sup>; KAHLON *et al.*; 2010<sup>19</sup>)

O bráquete autoligado e o bráquete convencional sem amarração produziram forças de atrito desprezíveis. As amarrações com ligadura de aço em todos os tipos de fios produziram os menores índices de atrito. Não houve um padrão consistente de força de atrito media entre as varias combinações de tipo e tamanho de fio e método de amarração. Somente o uso de bráquetes autoligados passivos eliminou praticamente o atrito. (KHAMBAY; MILLET; MCHUGH, 2004<sup>20</sup>; TECCO *et al.*; 2007<sup>34</sup>)

Bráquetes metálicos convencionais e bráquetes autoligados durante a mecânica de deslize foram comparados quanto à força de atrito, observaram que os bráquetes autoligados de aço inoxidável geraram forças de atrito estático e cinéticos significativamente menores do que os bráquetes de aço inoxidáveis convencionais usinados e convencionais injetado, já os bráquetes autoligados e os bráquetes convencionais usinados e injetados não apresentaram diferença significativa. (OLIVEIRA, 2009<sup>25</sup>)

A influência do torque sobre o atrito cinético nas mecânicas de deslize em bráquetes autoligados ativos e passivos mostrou que o aumento do torque de 0° a + ou - 15° produziu aumentos significativos no atrito para todos os bráquetes e tubos. O torque entre 0° a + ou - 5° gerou menos atrito quando usados bráquetes autoligados passivos, seguidos por bráquetes autoligados ativos e pelos sistemas de bráquetes convencionais com ligadura elástica. Ao torque de + ou -10°, aparentemente houve o fim da folga entre fio e a canaleta e todos os bráquetes e tubos apresentaram resistência similar. Em + ou - 15° de torque, o grupo passivo e o ativo produziram significativamente mais resistência. (CHUNG *et al.*; 2009<sup>8</sup>)

Em relação ao uso de bráquetes autoligados na ortodontia não há diferença significativa em relação á dor experimentada pelos pacientes. (FLEMING; JOHAL, 2010<sup>12</sup>)

## 5. CONCLUSÃO

Esse estudo demonstrou que os braquetes autoligados metálicos geraram forças de atrito estático e cinético significativamente menor do que os braquetes convencionais metálicos e os bráquetes autoligados passivos apresentaram menor coeficiente de atrito que os bráquetes autoligados ativos. Os fios de beta titânio apresentaram resistências ao atrito mais elevadas do que os de aço inoxidável e de níquel titânio. Todos os braquetes apresentaram forças de atrito maiores ao se ampliar o tamanho do fio. As ligaduras de baixo atrito são capazes de reduzir as forças de atrito em relação às ligaduras elastoméricas convencionais, mas os que apresentam o menor coeficiente de atrito são os bráquetes convencionais e bráquetes autoligados com amarrilhos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAGA, C. P. et al. Avaliação do coeficiente de atrito de braquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta-titânio. **Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v.9, n.6, p.70-83, nov./dez. 2004
2. BRAUCHLI LM, SENN C, WICHELHAUS A. Active and passive self- -ligation - a myth? **Angle Orthod**. 2001 Mar;81(2):312-8.
3. BRAUN S, BLUESTEIN M, MOORE BK, BENSON G. Friction in perspective. **Am J Orthod Dentofacial Orthop** 1999; 115:619-27
4. BURROW, S.J. Friction and resistance to sliding in orthodontics: A critical review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. Vol.135, n.4, p.442-447, abr. 2009.
5. CACCIAFESTA V, SFONDRINI MF, RICCIARDI A, SCRIBANTE A, KLERSY C, AURICCHIO F. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combinations. **Am J Orthod Dentofac Orthop**. 2003 Oct;124(4):395-402.
6. CASTRO, Bráquetes autoligados: eficiência x evidências científicas. **Revista Dental Press Ortodontia e Ortopedia Facial**.vol. 14, n. 4, p. 20-24, jul. 2009.
7. CHEN, S.S. et al. Systematic review of self-ligating brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol.137, n. 6, p.726.e1-726.e18, jun. 2010.
8. CHUNG, M. et al. Third-Order Torque and Self-Ligating Orthodontic Bracket-Type Effects on Sliding Friction. **Angle Orthodontist**. v. 79, n. 3, p. 551-557, 2009.
9. DAMON, D.H. The rationale, evolution and clinical application of the self-ligating brackets. **Clin Orthod Res**,v.1, n.1 p.52-61, Aug. 1998.
- 10.EHSANI, S. et al. Frictional resistance in self-ligating orthodontic brackets and conventionally ligated brackets: a systematic review. **Angle Orthodontist**. vol. 79, n.3, p. 592-60, 2009.
- 11.FRANK C. A.; NIKOLAI R.J. A comparative study of frictional resistance between orthodontic bracket and archwire. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v.78, n.6, p.593-609, Desc. 1980.
- 12.FLEMING, P.S.; JOHAL, A. Self-ligating brackets in orthodontics: a systematic review. **Angle Orthodontist**, vol.80, n.3, p. 575-584, 2010.

13.GANDINI P, ORSI L, BERTONCINI C, MASSIRONI S, FRANCHI L. In vitro frictional forces generated by three different ligation methods. **Angle Orthod**. 2008 Sept;78(5):917-21.

14.GARNER; L.D.; ALLAI, W.W.; MOORE, B.K. Comparison of frictional forces during simulated canine retraction of a continuous edgewise archwire. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v.90, n.3, p.199-203, Sept. 1986.

15.GRIFFITHS, H.S; SHERRIFF; IRELAND. Resistance to sliding with 3 types of elastomeric modules. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v.127, n.6, p.670-75, June 2005.

16.HAIN, M. DHOPATKAR, A.; ROCK, P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v.123, n.4, p.416-22, Apr. 2003.

17.HARRADINE, N.W.T. Self-ligating brackets: where are we now? **J Orthod**, v.30, n.3, p.262-73, Sept.2003.

18.HENAO, S.P.; KUSY, R.P. Evaluation of the frictional resistance of conventional and self-ligating brackets designs using standardized archwires and dental typodonts. **Angle Orthod**, v.74, n.2, p.202-11, Apr. 2004.

19.KAHLON,S. et al.In-vitro evaluation of frictional resistance with 5 ligation methods and Gianelly-type working wires. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol. 138, n. 1, p. 67-71, jul. 2010.

20.KHAMBAY, B.; MILLETT, D.; McHUGH, S. Evaluation of methods of archwire ligation on frictional resistance. **Eur J Orthod** v.26, n.3, p.327-32, June 2004.

21.KRISHNAN, M.; KALATHIL, S.; ABRAHAM, K. M. Comparative evaluation of frictional forces in active and passive self-ligating brackets with various archwire alloys. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol. 136, n. 5, p. 675-682, nov, 2009.

22.LOFTUS BP, ARTUN J. A model for evaluating friction during orthodontic tooth movement. **Eur. J. Orthod**.V. 23, n. 3, p.253-61,1999.

23.MILES, PG.; WEYANT, R.J.; RUSTVELD, L. A clinical trial of Damon 2 vs. Conventional twin brackets during initial alignment. **Angle Orthod**, v.76, n.3, p.480-485, May 2006.

24.O' REILLY, et al. An ex vivo investigation into the effect of bracket displacement on the resistance to sliding. **British J Orthod**, v.26, n.3, p.219-27, Sept. 1999.

25.OLIVEIRA. R. R. **Avaliação do atrito do fio ortodôntico na Canaleta de aparelhos autoligáveis comparados a aparelhos ligáveis**. 2009. 83p. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Universidade de Marília, Marília, 2009.

26.PANDIS N, POLYCHRONOPOULOU A, ELIADES T. Active or passive self-ligating brackets? A randomized controlled trial of comparative efficiency in resolving maxillary anterior crowding in adolescents. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. 2010;137(1):12.e1-6.

27.REICHENEDER, C. A. et al. Frictional properties of aesthetic brackets. **European Journal of Orthodontics**. vol. 29, p. 359-365, 2007.

28.REZNIKOV, N. ET AL.Measurement of friction forces between stainless steel wires and “reduced-friction” self-ligating brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol.138, n. 3, p. 330-338, set. 2010.

29.RINCHUSE, J. D.; MILES, P. G. Self-ligating brackets: present and future. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol. 132, n. 2, p. 216-222, ago. 2007.

30.SCHLEGEL, V. Relative friction minimization in fixed orthodontic bracket appliances. **J. Biomechanics**, v.29, n.4 p. 483-91, abr. 1996

31.SCOTT P, DIBIASE AT, SHERRIFF M, COBOURNE MT. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: aq randomized clinical trial. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. 2008;134(4):470.e1-8.

32.SHIVAPUJA PK, BERGER J. A comparative study of conventional ligation and self-ligating bracket systems. **AM J Orthod Dentofacial Orthop**. 1994 Nov;106(5):472-480.

33.SMITH, D.V; ROUSSOW, P.E.; WATSON, P. Quantified simulation of canine retraction: evaluation of frictional resistance. **Semin Orthod**, v.9, n.4, p.262-80, Dec. 2003.

34.TECCO S, DI IORIO D, CORDASCO G, VERROCCHI I, FESTA F. An in vitro investigation of the influence of self-ligating brackets, low friction ligatures, and archwire on frictional resistance. **Eur J Orthod**. 2007;29(4):390-7.

35. TECCO, S. et al. Friction of conventional and self-ligating brackets using a 10 bracket model. **Angle Orthod**, v.75, n.6, p.828-32, Nov. 2005.

36. THOMAS, S., SHERRIFF, M.; BIRNIE, D. A comparative in vitro study of the frictional characteristics of two types of self-ligating brackets and two types of pre-adjusted edgewise brackets tied with elastomeric ligatures. **Eur J Orthod**, v.20, n.5, p. 589-96, Oct. 1998.

37. THORSTENSON, G.A.; KUSY, R.P. Effect of archwire size and material on the resistance to sliding of self-ligating brackets with second-order angulation in the dry state. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v.122, n.3, p.295-305, Sept. 2006

38. THORSTENSON, G.A.; KUSY, R. P. Resistance to sliding of self-ligating brackets versus conventional stainless steel twin brackets with second-order angulation in the dry and wet (saliva) states. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol. 120, n. 4, p. 361-370, out. 2001.

39. TURPIN, L. D. In-vivo studies offers Best measure of self-ligation. [Editorial]. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. vol. 136, p. 141-142, ago. 2009.

40. YEHL, CL, KUSNOTO B, VIANA G, EVANS CA, DRUMMOND JL. In- vitro evaluation of frictional resistance between brackets with passive- ligation designs. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. 2007 Jun;131(60):704-722.

41. YOUNG, H.D. **Física 1- Mecânica** 10 Ed., Editora Addison Wesley: São Paulo, 2003