



**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba**



**GABRIEL IZAIAS CAMARGO DO VALE**

**AVALIAÇÃO DO ATRITO PRODUZIDO PELO USO DE LIGADURAS  
METÁLICAS POSICIONADAS SOB OU SOBRE O FIO EM BRÁQUETES  
AUTOLIGADOS**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da  
Universidade Estadual de Campinas, como requisito  
para obtenção de Título de Cirurgião-dentista..*

**PIRACICABA  
2015**



**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba**



**GABRIEL IZAIAS CAMARGO DO VALE**

**AVALIAÇÃO DO ATRITO PRODUZIDO PELO USO DE LIGADURAS  
METÁLICAS POSICIONADAS SOB OU SOBRE O FIO EM BRÁQUETES  
AUTOLIGADOS**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba,  
da Universidade Estadual de Campinas, como  
requisito para obtenção de Título Cirurgião-dentista.*

*Orientador: Prof. Dr. João Sarmento Pereira Neto*

**PIRACICABA  
2015**

## **SUMÁRIO**

Resumo	8
Abstract	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. PROPOSIÇÃO	12
3. REVISÃO DA LITERATURA	13
4. METODOLOGIA	20
4.1 – Delineamento Experimental	20
4.2 – Materiais e equipamentos utilizados	20
4.3 - Preparo dos corpos de prova	21
4.4 - Ensaio mecânicos	23
5. RESULTADOS	26
6. DISCUSSÃO	29
7. CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	31

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campina  
Biblioteca da Universidade Estadual de Campinas  
Marilene Girello - CRB 8/6159

V234a Vale, Gabriel Izaías Camargo do, 1992-  
Avaliação do atrito produzido pelo uso de ligaduras metálicas posicionadas sob ou sobre o fio em bráquetes autoligados / Gabriel Izaías Camargo do Vale. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: João Sarmento Pereira Neto.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Aparelhos ortodônticos. 2. Ortodontia. 3. Braquetes ortodônticos. I. Pereira Neto, João Sarmento, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações adicionais, complementares

**Título em outro idioma:** Evaluation of friction produced by the use of metal bands placed under or over the wire into self-ligating brackets

**Palavras-chave**

**em inglês:**

Orthodontic

appliances

Orthodontics

Orthodontic brackets

**Titulação:** Cirurgião-Dentista

**Data de entrega do trabalho definitivo:** 01-10-2015

## ***Dedicatória***

Dedico esse trabalho aos meus Pais, Izaias Vicente do Vale e Rosana Aparecida Camargo do Vale, que nunca mediram esforços. Para me verem formado Cirurgião-Dentista pela FOP/UNICAMP, Ao meu irmão Luiz Otávio Camargo do Vale, minha irmã Ana Beatriz Camargo do Vale e a minha namorada Sabrina Carla Prado

## **Agradecimentos**

---

---

Agradeço ao meu orientador e amigo para toda vida, Prof. Dr João Sarmiento Pereira Neto que sempre foi um exemplo de pessoa e profissional que pretendo ser.

Agradeço à Profa. Dra. Célia Marisa Rizzatti Barbosa pelos ensinamentos passados a mim, e mostrado como um professor deve tratar e ensinar um aluno.

Agradeço ao Prof. Dr. Alan Roger dos Santos Silva, por sempre ter uma palavra amiga, e sempre querer ajudar a mim e a todos os alunos da FOP/UNICAMP.

Agradeço às minhas avós Ana Sene de Camargo, Olinda Firmino do Vale (*in memoriam*), meus tios Ana Rute do Vale, Maria Amélia do Vale, Osvaldo Ferreira, Cassio Álvaro de Camargo e Andréia de Camargo pela ajuda financeira ao longo desses cinco anos de curso e pelo apoio nos momentos difíceis.

Agradeço aos amigos de Tabatinga Abner Lima, André Romeiro, Marcia Romeiro, Alan Marquesi, Lucas Castelo, Lucas Cacheta, Carlos Henrique Porta, e pela amizade de anos.

Agradeço aos meus primos Camila Soler, Ana Carolina Soler, Marco Tulio de Camargo, Ana Laura de Camargo, Maria Fernanda de Camargo, Rodrigo Ferreira do Vale, Diego do Vale, Poliana Mapeli, Fabiana Mapeli e Fabricio Rossi, que considero com irmãos.

Agradeço a todos os amigos da T 55 e T 55,5, em especial para Carol Vermelho, Cintia, Mayara Zagui, Julia, Guilherme Vitti, Guilherme Machado,

Pedro, Marcos Vinicius, Vinicius Ortega, Luís Otávio, Lucão, Paulo Víctor, Mayara Sumie, Renata, Marcos Paulo, Mateus, Gabriel Meloto e Lucas Barra.

Agradeço a todos os moradores de todas as repúblicas em que morei, em especial ao Moisés, Guilherme, Bruno, Danilo, Daniel, Rodrigo e Raphael.

Agradeço á FOP/UNICAMP, por me formar como Cirurgião-Dentista, que mesmo com todos os seus problemas e com pessoas que não mereciam estar aqui, eu amo e pretendo sempre que possível voltar.

## RESUMO

A utilização dos bráquetes autoligáveis na Ortodontia constitui um avanço tecnológico no tratamento em razão dos baixos níveis de atrito possibilitando melhor movimentação dos dentes e uma aplicação de força mais leve. No entanto, mesmo sendo um sistema autoligável, em alguma fase do tratamento necessita-se do uso de cadeias elastoméricas ou de conjugação com amarrilhos para fechamento de espaços entre os dentes. Desse modo, há dúvidas na clínica ortodôntica se o fio de amarrilho deve ser colocado sob ou sobre o fio, principalmente no tocante ao atrito estático. Objetivo: avaliar *in vitro* o atrito estático de fio de aço inoxidável em bráquetes autoligados com o uso de ligaduras metálicas posicionadas sob e sobre o fio. Metodologia: O Corpo-de-prova consistiu em uma simulação *in vitro* da hemi-arcada do lado direito, de segundo pré-molar superior ao incisivo central superior, sobre uma placa de acrílico, com a colagem de cinco bráquetes autoligados da marca Morelli, o qual foi testado numa máquina de ensaio universal EMIC. A amostra foi dividida em três grupos. Em cada grupo foi utilizado fio ortodôntico 0.018" x 0.025". Os grupos experimentais, em número de dois, consistiram no grupo com amarrilho colocado sobre o fio e no grupo com o amarrilho colocado sob o fio ortodôntico. Foram feitos 10 testes para cada grupo, sendo que em cada ensaio foram trocados os fios e os amarrilhos metálicos. Resultados: No Grupo Controle a força média do atrito foi igual a 287,4gf; no Grupo dos Amarrilhos colocados SOB o fio a força média foi igual a 230,1gf; no Grupo dos Amarrilhos colocados SOBRE o fio a força média do atrito foi igual a 668,2gf. A Análise de Variância para um fator mostrou que há diferenças entre os dois métodos de colocação dos fios, com isto foi realizado o Teste de Tukey com um valor de  $p=0,05$  o qual determinou que o grupo em que os amarrilhos foram colocados SOB o fio apresentou uma média menor, estatisticamente significativa. Conclusões: Desse modo foi possível concluir que o atrito estático em bráquetes autoligados, durante a simulação de fechamento de espaço usando fio ortodôntico retangular de calibre 0.018"x 0.025", é menor quando as ligaduras metálicas são colocadas SOB o fio ortodôntico.

*Palavras-Chave: Aparelhos Autoligados; Amarrilhos Metálicos e Cadeias Elastoméricas.*

## **ABSTRACT**

*The use of self-ligating brackets in orthodontics is a technological breakthrough in the treatment due to the low friction levels enabling better movement of teeth and a lighter force application. However, even as self-ligating system in any phase of treatment requires from the use of elastomeric or metallic chains for closing spaces between teeth. Thus, there are doubts in the orthodontic clinic if the wire ligature should be placed under or over the wire, especially with regard to the static friction. Objective: To evaluate in vitro the stainless steel wire static friction self-ligating brackets with the use of metal ligatures placed under and over the wire. Methodology: The body of the test piece consisted of a simulation in vitro hemi-arch on the right, second upper premolar to the maxillary central incisor on an acrylic plate with a collage of five self-ligating brackets of Morelli, which was tested in a universal testing machine EMIC. The sample was divided into three groups. In each group was used orthodontic wire 0.018 "x 0.025". Experimental groups are two in number, comprised in the group with ligature placed on the wire and in the group with the ligature placed under the orthodontic wire. 10 tests were performed for each group, and in each test wires and metal ligatures were exchanged. Results: In the control group the average force of friction was equal to 287.4gf; the Group of ligatures placed UNDER the wire average strength was equal to 230.1gf; in the ligatures Group placed OVER the wire the average force of friction was equal to 668.2gf. The ANOVA for one factor showed that there are differences between the two wires of the placement methods, this was done with the Tukey test with a p-value = 0.05 which determined that the group that ligatures were placed UNDER the wire had a lower average statistically significant. Conclusions: Thus it was concluded that the static friction self-ligating brackets during space closure simulation using rectangular orthodontic wire gauge 0.018 "x 0.025", is lower when the metal ligatures are placed UNDER the orthodontic wire.*

*Key-Words: Self-ligating Appliances; Metal and Elastomeric Chains*

## **1. INTRODUÇÃO**

A Ortodontia vem evoluindo ao longo dos anos. Em busca de um tratamento de boa qualidade, os dispositivos e as técnicas vêm passando por mudanças que visam a diminuição do tempo de atendimento e tratamento, trazendo mais conforto e segurança para os pacientes, além de proporcionar uma melhor higienização do aparelho em razão da não utilização de amarrilhos metálicos ou de módulos elásticos.

O bráquete de Russell surgiu em 1935 como proposta para diminuir o atrito e as forças, sendo considerado atualmente como um aparelho pré-ajustado. Conhecidos como autoligados, estes bráquetes apresentam uma quarta parede móvel, usada para converter a canaleta em tubo. A utilização dos bráquetes autoligáveis na Ortodontia constitui uma revolução nova no tratamento, porque os baixos níveis de atrito possibilitam a aplicação de forças suaves, mais compatíveis com a força ótima aceita. Este sistema tem a vantagem de reduzir o tempo de cadeira, que promove a higiene bucal e uma força de atrito baixa, devido à melhoria mecânica de deslizamento. Além disso, pode eliminar potenciais possibilidades de laceração dos tecidos moles provocada pela utilização de fios de aço inoxidável.

Na opinião de Martins Neto *et al*, em 2014 desde que a Ortodontia passou a ser reconhecida como ciência, os aparelhos ortodônticos fixos têm passado por evolução constante. A busca pela otimização do atendimento leva o ortodontista a procurar uma redução do tempo de tratamento, através da utilização de formas terapêuticas como os autoligáveis. Destacaram ainda que o sistema de bráquetes autoligáveis é uma técnica inovadora que busca

alcançar as necessidades dos pacientes, respeitando os limites fisiológicos de cada caso, aliando rapidez, redução do número de consultas e melhores resultados estéticos e funcionais. Inúmeras vantagens têm sido atribuídas a este sistema, como a otimização do tempo de atendimento clínico, possível graças ao baixo atrito entre o bráquete e o fio, principalmente na fase inicial do tratamento ortodôntico, por dispensar qualquer tipo de amarrilho; otimização do tempo de atendimento clínico e uso de forças de menor intensidade.

Sabemos que o sistema convencional é confiável, considerando o controle tridimensional do dente. Porém, a necessidade da utilização de amarrilhos metálicos e elásticos para fixação do fio no interior da canaleta, gera um atrito significativo nas três fases do tratamento ortodôntico: alinhamento, nivelamento e fechamento de espaços. No entanto, mesmo sendo um sistema autoligável, em alguma fase do tratamento necessita-se do uso de cadeias elastoméricas ou de conjugação com amarrilhos para fechamento de espaços entre os dentes. Desse modo, há dúvidas na clínica ortodôntica se o fio ou a cadeia elastomérica deve ser colocada sob ou sobre o fio, principalmente no tocante ao atrito estático, o que é objetivo do presente estudo.

## **2. PROPOSIÇÃO**

O objetivo desta pesquisa será avaliar *in vitro* o atrito estático de fio de aço inoxidável em bráquetes autoligados com o uso de ligaduras metálicas posicionadas sob e sobre o fio.

### **3.REVISÃO DA LITERATURA**

Frank & Nicolai (1980) realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de comparar a força de atrito estático *durante* a retração dos caninos com fios de Aço, Elgiloy Azul e Nitinol 0,016"; 0,018"; 0,020"; 0,017" x 0,025" e 0,019" x 0,025", com bráquetes 0.20" e 0.22", angulados em 0, 3, 6 e 10 graus. A distância entre os bráquetes, simulando a retração do canino foi 7 a 10mm e de 7 a 13mm. A união entre os bráquetes foi feita de cinco maneiras, com ligadura de aço 150, 225 e 300Gm, Corrente Elastomérica e Elastic e Ligadura de Aço. Os autores concluíram que os fios retangulares apresentaram mais atrito do que os redondos; em pequenas angulações, a força de ativação das ligaduras tem fator determinante no aumento do atrito sendo que não houve diferenças significantes entre as combinações entre os diferentes tipos de uso das ligaduras.

Damon em 1998 observou que a ampla evidência na literatura de que a mecânica ortodôntica convencional, no que se refere à intenção de mover os dentes de forma eficiente, raramente atinge remodelação atraumática dos tecidos periodontais. O fornecimento vascular é frequentemente prejudicado, o que por sua vez afeta o metabolismo oxidativo. Além disso, os dentes ferulizados em grupos não parece moverem-se de forma tão eficiente como os dentes individualmente. A auto-ligadura possibilita um nivelamento mais rápido porque os dentes são submetidos a uma força menor, com pouco ou nenhum atrito entre o slot do bráquete e o fio. O mecanismo de articulação elimina grande parte do atrito criado pelo amarrilho ou cadeias elastoméricas convencionais utilizados para prender o arco no bráquete. Deste modo, a

mecânica de deslizamento é conseguida no verdadeiro sentido da palavra. Este sistema é capaz de aumentar os intervalos entre as consultas reduzindo assim, o tempo total de tratamento.

Loftus *et al*, em 1999, estudaram *in vitro* as forças de atrito em um modelo representativo de uma situação clínica. O estudo mostrou que não há diferenças no que se refere às ligaduras quando foram feitas as comparações dos bráquetes convencionais e autoligados. No entanto, os bráquetes cerâmicos convencionais produziram atrito significativamente mais elevado do que os demais testados; os fios de arco beta titânio produziram forças de atrito mais altas que os fios de níquel e titânio, mas não há diferenças significativas entre os dois tipos de fios.

Hain, Dhopatkar, e Rock em 2003, observaram que durante a movimentação ortodôntica com o sistema Edgewise pré-ajustado, o atrito gerado na interface bráquete/arco tende a reduzir o movimento desejado. O método de ligaduras é um importante contribuinte para esta força de atrito. Este estudo *in vitro* investigou o efeito do método de ligação com relação ao atrito e avaliou a eficácia dos novos módulos elastoméricos lisos de TP Orthodontics (La Porte, Indiana), que são indicados para reduzir o atrito na interface módulo/fio. Os módulos foram comparados com os módulos convencionais e, ligaduras de aço inoxidável utilizando o sistema de bráquetes autoligados. Os resultados mostraram que, quando se considera o movimento do dente ao longo de um arco de aço inoxidável 0,019"x0,025" os módulos elásticos convencionais podem reduzir o atrito estático até 60%, independentemente do sistema de suporte utilizado. O uso de módulos em todos os tipos de bráquetes reduziu significativamente o atrito.

Khambay, Millett, e McHugh em 2005, investigaram o efeito do tipo de elastômero e de ligadura de aço inoxidável sobre a força de atrito. Foram utilizados fios de aço inoxidável e de TMA com dimensões de 0,017"×0,025" e 0,019"×0,025", em combinação com sistema de bráquetes autoligados Damon II e um Convencional de bráquetes Edgewise. Quatro tipos de cadeias elastoméricas, (Roxa, Cinza, Alastik e Superslick), e uma ligadura de aço de 0,09 polegadas foram utilizados como métodos de ligadura. Os Corpos-de-prova foram testados numa máquina de ensaio universal, com uma velocidade de 5mm/min e cada teste teve a duração de 4 minutos. Cada Corpo-de-prova foi testado 10 vezes na presença de saliva humana. Para os fios 0,017"×0,025" de aço, 0,019"×0,025" de aço ou 0,019"×0,025" de TMA, as ligaduras de aço produziram as menores forças de atrito. Com o arco de TMA 0,017"×0,025", o módulo elástico roxo produziu a menor força de fricção. Não houve padrão consistente nas forças de atrito entre as várias combinações de fio, tamanho e método de ligação.

Krishnan, Kalathil e Abraham, em 2009, realizaram um estudo *in vitro* com a finalidade de comparar os efeitos de aço inoxidável, de níquel-titânio, e arcos de beta-titânio sobre as forças de atrito dos bráquetes autoligados passivo e ativo em relação a um sistema convencional. No experimento foram utilizados bráquetes com **slots** 0,022" e fios 0,019"×0,025" de Aço Inoxidável, NiTi e de Beta-Titânio. Os valores máximos foram observados nos arcos beta-titânio, sendo constatadas diferenças significativas entre o níquel-titânio e arcos de aço inoxidável. Com os bráquetes autoligáveis passivos ou ativos e o uso do fio de aço inoxidável não houve uma diferença significativa. Por outro lado, foram encontradas diferenças significativas nos

fios de níquel-titânio e beta-titânio. Os autores concluíram que quando os fios de níquel-titânio e beta-titânio forem usados para a movimentação dentária guiada, os aparelhos passivos podem minimizar a resistência de atrito.

Klahon, Rinchuse, Robinson e Close (2010) avaliaram *in vitro* o atrito estático produzido em bráquetes autoligados e convencionais ligados com diferentes métodos de ligação. Cinco bráquetes de segundos pré-molares foram colados com os *slots* alinhados e o atrito foi testado no deslizamento do fio de aço. 0.016"x0.022" e 0.018"x0.025". Os bráquetes testados foram: autoligado passivo Damon MX (Ormco); autoligado ativo In-ovation R (GAC) e convencional Victory (3M Unitek) ligados com três métodos diferentes: ligadura elastoméricas convencional; ligadura elastomérica não convencional Slide (Leone Orthodontic Products) e ligadura de aço que foram usadas com 2 fios de aço inoxidáveis retangulares (0,016"x0,022" e 0,018"). As ligaduras elastoméricas foram posicionadas 60 minutos antes dos testes para reduzir a tensão elástica. As ligaduras metálicas foram completamente apertadas e depois foram desapertadas três voltas. Um segmento de fio novo era utilizado a cada teste, sendo realizados 30 testes em cada conjunto, totalizando 300 testes. Os resultados demonstraram que os bráquetes autoligados passivos Damon MX não diferiram estatisticamente dos bráquetes convencionais com ligaduras de aço. Nos testes realizados em fio de aço. 0.016"x0.022", o bráquete Damon MX e convencional com ligadura de aço apresentaram significativamente menor atrito que os bráquetes In-ovation R, bráquetes convencional com ligadura Slide e ligadura elastomérica convencional, nesta ordem. Com o fio. 0.018"x0.025" de aço houve um aumento do atrito nas combinações bráquetes/fios, com exceção dos bráquetes autoligados Damon

MX e convencionais com ligaduras metálicas que não apresentaram atrito mensurável em ambos os fios. Os bráquetes In-ovation R produziram maior atrito que os bráquetes convencionais com ligaduras Slide em fios aço 0.018"x0.025".

Reznikov, Har-Zion, Barkana I Abed e Redlich (2010) realizaram um estudo *in vitro* para verificar as forças de atrito entre vários bráquetes autoligados e fios ortodônticos de aço inoxidável, submetidos à força de cisalhamento. As amostras de fio foram examinadas por meio de um microscópio eletrônico de varredura, antes e depois dos testes de deslizamento. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os grupos de resistência de fricção em resposta à deflexão do fio. Assim, os autoligados desenvolveram forças de atrito mais altas, quando comparados com os do grupo de controle convencional de ligadura elástica.

Rodrigues *et al*, em 2011 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar clinicamente as condições periodontais por meio da mensuração do Índice de Biofilme Dentário (IDB), Índice de Sangramento (IS) e Índice de Profundidade à Sondagem (PS) de pacientes submetidos a tratamento ortodôntico. O grupo teste consistiu de 20 indivíduos com idade média de 13,5 anos submetidos a tratamento ortodôntico com aparelho fixo com a utilização de dois tipos de ligadura: ligadura elastomérica (LE) e ligadura de aço inoxidável (SSL). Os resultados foram comparados com um grupo controle de 15 indivíduos com idade média de 15,3 anos não submetidos à tratamento ortodôntico prévio. As medidas foram realizadas antes do tratamento ortodôntico (T1) e seis meses após a colocação do aparelho ortodôntico fixo (T2); e no grupo controle seis meses após a medição inicial (T2). Ambos os

grupos foram orientados quanto á higiene bucal, antes da realização da pesquisa. Os autores concluíram que as superfícies dentárias mostraram um aumento estatisticamente significativo nos níveis de biofilme dentário, Índice de sangramento e de profundidade de sondagem, nos dois momentos avaliados quando os grupos foram comparados. Por outro lado, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos que usaram ligaduras elastomérica e os que usaram ligaduras de aço.

Leite *et al.* (2014) compararam *in vitro* a resistência ao atrito entre bráquetes autoligados e convencionais amarrados por ligaduras elastoméricas e amarrilhos metálicos. Foram usados bráquetes de incisivos centrais superiores convencionais Abzil Kirium Capellozza (3M/Unitek) e autoligados Easy Clip (Aditek). Os bráquetes convencionais foram amarrados com ligaduras elastoméricas (3M/Unitek) e fio amarrilho de aço .010". Foi avaliado o atrito em fio NiTi .016" e .016 x.022" e fio de Aço .019"x.025". Foram feitos 10 testes para cada combinação bráquete/fio totalizando 180 leituras. O teste foi realizado em angulações de 0° e 5°. Em relação ao tipo de amarração, os bráquetes com amarrilhos metálicos apresentaram médias mais elevadas com relação ao atrito, seguidos dos bráquetes com ligaduras elastoméricas e bráquetes autoligados. Quanto ao fio. 019" x .025" de aço houve médias mais baixas comparado aos .016" e .016" x .022" de NiTi que não diferiram entre si. Quanto à angulação, nenhuma diferença estatística foi encontrada entre 0° e 5°. Foi realizada análise microscópica dos fios e bráquetes antes e após os testes de deslize e a análise mostrou uma superfície mais áspera para os fios NiTi se comparados ao de aço antes do deslizamento. Ambos os fios exibiram

marcas de desgaste após o deslizamento, sendo mais evidenciadas nos fios  
NiTi.

## 4. METODOLOGIA

### 4. Materiais e Métodos

#### 4.1– Delineamento Experimental

As unidades experimentais foram constituídas por segmento (de 2° pré-molar superior direito a incisivo central superior direito) de bráquetes autoligados da marca Morelli avaliados com fio de secção retangular de diâmetro. 018"x.025" submetido ao atrito em três situações: sem ligadura, com ligadura posicionada sob o arco, com ligadura posicionada sobre o arco. Os fatores em estudo serão:

- a) Bráquetes, em um nível experimental: sistema autoligado;
- b) Fios de aço (Ni-Cr): fio .018" x .025";
- c) Amarrilho metálico: ausência amarrilho, com amarrilho sobre o fio e com amarrilho sob o fio;

#### 4.2 Materiais e equipamentos utilizados

Os materiais utilizados no experimento e suas respectivas características e fabricantes estão apresentados nos quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Bráquetes, características e método de ligação utilizado no experimento.

Bráquetes (fabricante) Cidade, estado, país Características	Tipo	Características
<b>SLI (Morelli)</b> Sorocaba, São Paulo, Brasil Slot 0.022" x 0.028"	Pré-molar superior D (2°) ref. 10.14.007	Torque: -7°; angulação: 0°
	Pré-molar superior D (1°) ref. 10.14.007	Torque: -7°; angulação: 0°
	Canino superior D ref.10.14.005	Torque: -2°; angulação: 9°
	Incisivo lateral superior D ref.10.14.003	Torque: 8°; angulação: 9°
	Incisivo central superior D ref.10.14.001	Torque: +11°; angulação: 5°

Quadro 2 – Materiais complementares, características e fabricantes utilizados no experimento.

<b>Materiais</b>	<b>Características</b>	<b>Fabricante (cidade, estado, país)</b>
Fio de aço inoxidável - ref. 55.03.013	.018" x .025"	Morelli (Sorocaba, São Paulo, Brasil)
Fios em rolo para amarrilho – 50g -ref. 55.01.210	.012" – 0.25mm	Morelli (Sorocaba, São Paulo, Brasil)
Pinça de Mathiew Cod.QO.640.14	14cm	Quinelato (Rio Claro, São Paulo, Brasil)

Foi utilizada uma máquina de ensaio universal (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) para aplicação do deslizamento e leitura da resistência ao atrito entre os bráquetes e o fio sendo simulada a utilização da ligadura metálica em um segmento de fio de aço e. 018"x.025" de aço previamente alinhado nos bráquetes colados no Corpo-de-prova.

#### **4.3- Preparo dos corpos de prova**

Foi utilizada uma placa de acrílico com dimensões de 55 mm x 25 mm x 8 mm em que foram colados os bráquetes do estudo. (Figura 1 e 2), sendo feitas marcações em seu eixo central, dividindo-a em lado direito e esquerdo para que após a colagem a canaleta ou slots dos bráquetes ficassem no mesmo eixo da puxada do aparelho de ensaio,



Figura 1: Paquímetro Digital usado para medir a distância entre os bráquetes



Figura 2 - Placa de acrílico com as marcações

Para os ensaios, cinco bráquetes correspondentes aos dentes segundo pré-molar superior direito, primeiro pré-molar superior direito, canino superior direito, incisivo lateral superior direito e incisivo central superior direito foram alinhados paralelamente sobre a placa na região mais central, com o primeiro bráquete (correspondente ao pré-molar) sendo posicionado a uma distância de 3 cm da extremidade superior da placa. Este alinhamento representa o hemiarco superior do lado direito, com distância inter-bráquete de 8 mm, semelhante á distância adotada por Pichioni (2007), correspondente á distância média inter-bráquetes que se encontra habitualmente em situações clínicas. À distância inter-bráquete foi medida do centro do bráquete ao centro do bráquete vizinho.

Para colagem dos bráquetes na placa, os *slots* foram alinhados com auxílio de uma guia confeccionada com fio de aço. 021"x.025" (fio-guia). As distâncias corretas foram mensuradas com um paquímetro digital (Starret® 727-6/150) (Figura 1).

Os bráquetes foram colados à placa de acrílico com resina autopolimerizável da marca Fill Magic ortodôntico, sendo previamente demarcadas quanto aos locais dos respectivos bráquetes com uma broca em baixa rotação e higienizadas com gaze embebidas em álcool 70% e secas com papel absorvente, conforme visto na Figura 2.

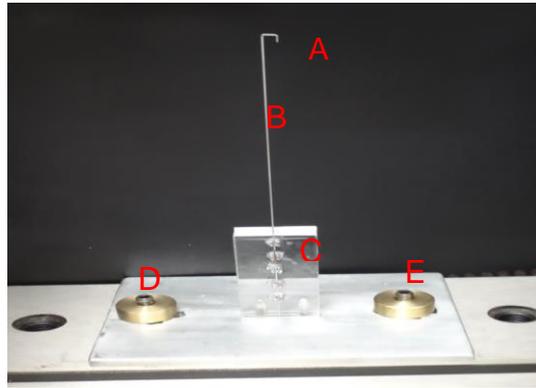


Figura 3: Parte inferior da Máquina de Ensaio com o Corpo-de- Prova Adaptado. (A – Alça em forma de Gancho; B – Fio ortodôntico 0.18"x0.25"; C – Placa de Acrílico com Bráquetes; D e E – Parafusos de Fixação do Corpo-de-Prova á Base da Máquina de Ensaio)

A seguir foi aplicado o adesivo da marca singol bond 2 da 3M por meio de um microbrush na base dos cinco bráquetes posicionados no fio-guia e nas demarcações da placa onde os bráquetes foram colados. O conjunto de bráquetes foi posicionado na placa de modo que o fio-guia ficasse paralelo à placa. Após o período de cinco minutos este foi removido.

#### 4.4 Ensaios mecânicos

A resistência ao atrito foi avaliada com fios. 018"x.025" de aço inoxidável da marca Morelli com a utilização de bráquetes autoligados num corpo-de-prova proposto para o experimento.

Para cada fio testado foi feita uma alça em forma de gancho (Figura 3-A) para que o fio pudesse ser fixado ao gancho preso ao aparelho de ensaio e tracionado pela máquina de forma passiva, sem gerar angulações ou inclinações indesejáveis. O tamanho total do fio incluindo a alça correspondeu a 22 cm (Figura 3-B).

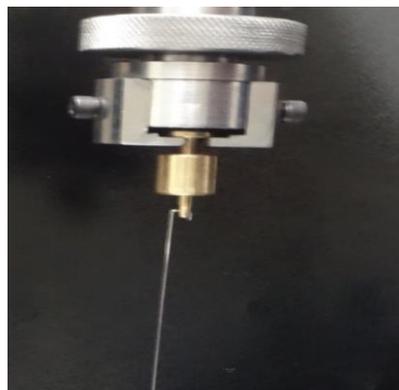


Figura 4: Adaptação do Corpo-de-Prova

Cada corpo-de-prova foi devidamente posicionado na base da máquina de ensaios universal de modo que os *slots* ficassem paralelos à tração do fio. Para isso, foi utilizado um fio guia de aço .021"x.025" posicionado no gancho para ser estabelecido o paralelismo deste com os *slots* dos bráquetes.

Para cada conjunto bráquetes/fio foram avaliadas três situações: ausência de amarrilho, com ligadura sob o fio e ligadura sobre o fio. Cada conjunto de bráquetes foi testado dez vezes em cada situação. Os testes foram feitos aleatoriamente por sorteio. Previamente a cada ensaio, os fios foram limpos por meio de uma gaze embebida em álcool 70% e secados com papel absorvente evitando assim a presença de qualquer detrito indesejável que possa influenciar no deslize. A cada teste os *clips* foram abertos posicionando-se o fio no gancho de tracionamento e nos *slots* dos bráquetes e os *clips* fechados.

A máquina universal de ensaios foi programada para deslocar o fio por tração com velocidade de 3 mm por minuto usando-se uma célula de carga de 20N. A resistência ao atrito estático foi mensurada em gf. O registro da resistência ao atrito foi realizado em um *software* específico para a máquina de ensaio.

Os ensaios mecânicos foram feitos á temperatura ambiente e a cada teste realizado, os fios foram removidos do respectivo corpo-de-prova. Os bráquetes foram devidamente higienizados com gaze embebida em álcool 70% e secos com papel absorvente, sendo repetido todo o procedimento fazendo-se a troca do fio, dos amarrilhos e da cadeia elastomérica, de acordo com o conjunto sorteado.

Após a realização dos testes, os dados foram anotados em uma planilha no programa Excel de acordo com cada grupo e submetidos à análise estatística.

### **Análise Estatística**

Inicialmente foi feita a estatística descritiva (média, desvio-padrão, etc) e, a seguir, o teste ANOVA, sendo que a variável de resposta - atrito estático - medida em grama força (gf), sendo esta, uma variável do tipo quantitativa contínua.

Os valores das cinco repetições para cada grupo foram utilizados para se obter a média do grupo. Os valores de força de atrito foram submetidos à análise de variância. Para as comparações múltiplas foram utilizados testes de Tukey. Os cálculos estatísticos foram conduzidos no Excel 2010 e no PAST versão 2.1.7c. Sendo adotado o nível de significância de 5%.

## 5. RESULTADOS

O Fio 0.018"x0.025" foi submetido ao teste de tração na máquina de Ensaio Universal EMIC DL2000 em duas situações, mas utilizando-se o mesmo tipo de bráquete:

Com Amarrilho metálico sob o fio e

Com Amarrilho Metálico sobre o fio

Hipóteses:

H<sub>0</sub>: não há diferenças entre os dois métodos de colocação do Amarrilho

H<sub>1</sub>: há diferenças entre os dois métodos de colocação do Amarrilho

Tabela 1: Valores de cada teste de acordo com a disposição do Amarrilho Metálico

Teste	Grupos		
	Controle (gf)	Módulo Sob o Fio (gf)	Módulo Sobre o Fio (gf)
1	301.83	307.95	544.52
2	352.82	211.08	783.14
3	202.92	88.71	674.03
4	370.16	162.13	472.12
5	361.99	188.64	732.15
6	237.59	367.09	678.11
7	223.31	265.12	688.3
8	281.44	283.48	714.82
9	253.9	262.07	668.93
10	288.59	165.19	726.03

Tabela 2: Estatística descritiva para o Grupo Controle e Experimentais

Estatística Descritiva	Grupos		
	Controle	Módulo Sob o Fio	Módulo Sobre o Fio
Número de ensaios	10	10	10
Soma	2874.55	2301.46	6682.15
Média	287.455	230.146	668.215
Mediana	285.015	236.575	683.205
Desvio-Padrão	59.42828	82.21234	92.55592
Variância	3531.72	6758.869	8566.598

Tabela 3: Análise de Variância para fator único

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Controle	10	2874.55	287.455	3531.72
Amarelo Sob/Fio	10	2301.46	230.146	6758.869
Amarelo Sobre/Fio	10	6682.15	668.215	8566.598

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1133890	2	566944.9	90.19557	1.11E-12	3.354131
Dentro dos grupos	169714.7	27	6285.729			
Total	1303605	29				

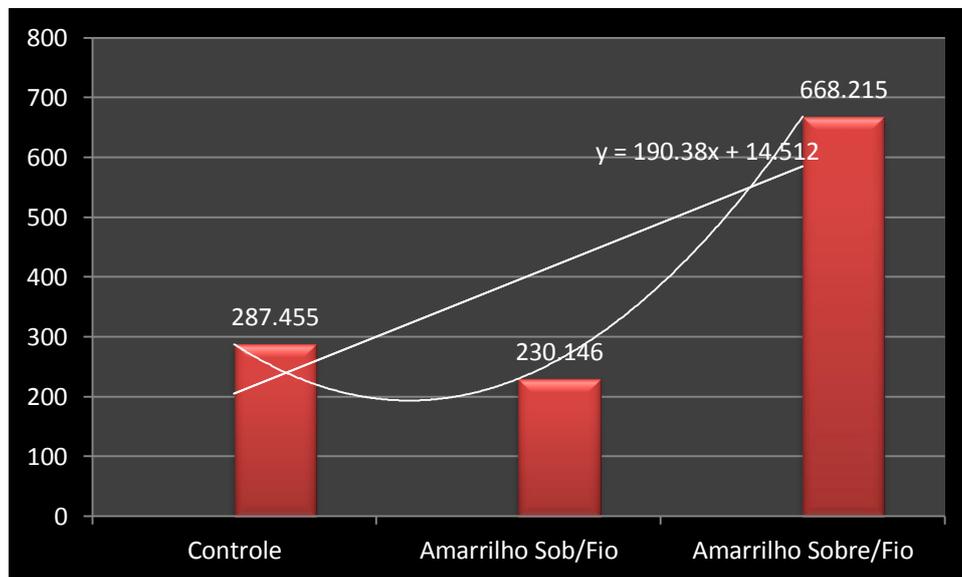
Como o valor de F foi maior que o F crítico, significa que a hipótese  $H_1$  foi aceita, portanto há diferença entre os grupos. Devido a este fato foi realizado o teste de Tukey para verificar onde se encontra a diferença.

Tabela 4: Teste de Tukey

	Controle	Amarelo Sob/Fio	Amarelo Sobre/Fio
Controle		0,2563	0,0001269*
Módulo Sob/Fio	2,286		0,0001269*
Módulo Sobre/Fio	15,19	17,47	

\* estatisticamente significante

Gráfico 1. Estatística Descritiva entre os Grupos



## 6. DISCUSSÃO

A utilização dos bráquetes autoligáveis em Ortodontia é uma realidade o qual surgiu em função de vários fatores, principalmente de origem periodontal, pois os elásticos usados atualmente se deterioram no período entre as manutenções mensais do aparelho e também pelo fato principal que é a redução do atrito durante o tratamento ortodôntico. A maioria dos autores consultados estão de acordo com estas afirmações <sup>5, 6,9, 10 e 11</sup>.

No presente estudo foi feita uma comparação *in vitro* para simular o fechamento de espaço por meio no sistema de bráquetes autoligáveis com a utilização de fios ortodônticos, pois na prática clínica existe uma dúvida constante entre os profissionais quanto á colocação das ligaduras metálicas para tal, se estas devem ser colocadas SOB o fio ou SOBRE este.

Os bráquetes autoligáveis segundo os autores citados na literatura consultada afirmam que possuem menos atrito, porém o que se questiona é o fato da utilização das ligaduras no fechamento de espaço neste sistema de bráquetes.

Os resultados desta pesquisa mostraram que neste sistema de bráquetes em todos os grupos estudados, demonstrado pelo Teste Anova para um fator, que existiu diferenças entre os grupos avaliados, inclusive com o grupo controle, com valores demonstrados na Tabela 2, sugerindo que a utilização de ligaduras neste tipo de bráquete apresentam atrito, porém não cita em que grupo este foi mais significativo. Por esse motivo foi realizado o teste de Tukey para verificar em qual segmento este fato foi mais evidente.

O teste de Tukey comprovou que o grupo com o amarrilho sobre o fio teve o maior atrito, sugerindo que clinicamente o profissional ao utilizar este recurso coloque o amarrilho metálico sob o fio, pois neste caso há menos atrito e uma maior movimentação dentária.

A maioria dos autores da revisão da literatura realizou estudos comparativos entre os bráquetes autoligados e convencionais porém não destacaram se existe atrito na colocação de dispositivos para o fechamento de espaços no sistema de autoligados, enfatizando apenas a forma de ligadura nos bráquetes convencionais.

## **7. CONCLUSÕES**

Pelos resultados obtidos por esse estudo, podemos afirmar que o atrito estático em braquetes autoligados, usando fio ortodôntico retangular de 018"x. 025" são menores quando as ligaduras metálicas são colocadas sob o fio ortodôntico.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\***

1. Frank C, Nikolai R. A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v. 78, n.6, pp. 593-609, December, 1980.
2. Martins Neto EN, Sobreiro MA, Araújo EX, Molina OF Bráquetes autoligáveis: vantagens do baixo atrito. *Rev. Amazônia.* v.2, n.1, pp.28-34, 2014.
3. Damon DH. The rationale, evolution and clinical application of the self-ligating bracket. *Clin Orthod Res;* v.1, n.1, pp. 52–61, 1998.
4. Loftus BP, Artun J., Nicholls JI, Alonzo TA, Stoner JA. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations. *Amer. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, v.116, n.3, 1999.
5. Hain M, Dhopatkar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, v.123, n.4, pp. 416-422, 2003.
6. Khambay B, Millett D, McHugh S, Archwire seating forces produced by different ligation methods and their effect on frictional resistance. *Europ. J. of Orthod.*, v. 27, n.3, pp.302–308, 2005.
7. Krishnan M, S Kalathil, Abraham KM. Comparative evaluation of frictional forces in active and passive self-ligating brackets with various archwire alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, v.136, n.5,pp.675-82. 2009.
8. Kahlon S, Rinchuse D, Robison JM, Close JM. In-vitro evaluation of frictional resistance with 5 ligation methods and Gianelly-type working wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*vol.138, n.1, pp. 67-71, July, 2010 Jul.
9. Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Measurement of friction forces between stainless steel wires and "reduced-friction" self-ligating brackets. *J Orthod Dentofacial Orthop.* v.138, n,3, pp.330–338, 2010
10. Rodrigues CFR; Sales LAR; Vitral RWF; Fraga MR; Quintão CCA Effects of orthodontic ligation-using elastomeric and stainless steel ligatures-on periodontal health. *Dental Press J. Orthod.*, n.16, v.1, pp.48-56, 2011.
11. Leite VV, Lopes MB, Gonini Júnior A, Almeida MR, Moura SK, Almeida RR. Comparison of frictional resistance between self-ligating and conventional brackets tied with elastomeric and metal ligature in orthodontic archwires. *Dental Press J Orthod.*, v.19, n3, pp.114-9, May-June 2014.
12. Leal RC, Amaral FLB, França FMG, Basting RT, Turssi CP. Role of lubricants on friction between self-ligating brackets and archwires. *Angle Orthod.*, v.84, n.6, pp.1049-53, Nov., 2014.

\*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.