

**JULISSA JANET ROBLES RUÍZ**

**Condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido  
fosfórico na colagem indireta de braquetes**

São Paulo

2013

**JULISSA JANET ROBLES RUÍZ**

**Condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido  
fosfórico na colagem indireta de braquetes**

**Versão Corrigida**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas.

Área de Concentração: Ortodontia

Orientador: Profa. Dra. Ana Lídia Ciamponi

São Paulo

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação  
Serviço de Documentação Odontológica  
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Robles Ruíz, Julissa Janet.

Condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico na colagem indireta de braquetes / Julissa Janet Robles Ruíz: orientadora Ana Lídia Ciamponi. -- São Paulo, 2013.

106 p. : fig.: tab.: ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas - Área de Concentração: Ortodontia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Colagem de acessórios ortodônticos. 2. Condicionamento do esmalte dentário. 3. Ácido fosfórico - Odontologia I. Ciamponi, Ana Lídia. II. Título.

Robles Ruíz JJ. Condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico na colagem indireta de braquetes. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Aprovado em:    /    /2013

**Banca Examinadora**

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_  
Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_  
Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_  
Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

**A Deus,** por sua presença incansável em minha vida.

**Aos meus queridos pais, Octavio e Sofia**, por todo o carinho, amor e dedicação que me deram por toda a minha vida. Obrigada por todas as oportunidades e educação que me proporcionaram e pelo apoio incondicional na realização dos meus sonhos. Amo-os incondicionalmente!

**Ao meu marido, Francisco**, homem maravilhoso, a quem amo. Amigo e companheiro em todos os momentos. O amor, o respeito, o carinho e a cumplicidade sempre presentes na nossa união permitiram que este sonho pudesse se tornar realidade. Muito obrigada por todo o apoio e incentivo, incondicionais, para o meu desenvolvimento profissional e acadêmico. Agradeço profundamente sua compreensão, generosidade, paciência e ajuda ao longo do curso e na elaboração e execução deste trabalho. Obrigada por ter compartilhado comigo cada dia do mestrado. Nada disto teria valor sem sua presença... Você é a minha vida, eu te amo muito!

**Às minhas irmãs Melissa, Jessica e Maricela e o meu irmão Octavio**, meus grandes amigos, por estarem sempre presentes ao meu lado, me apoiando, transformando a minha vida em momentos de alegria e descontração. Obrigada pelo amor! Também os amo!

**À minha querida Profa. Dra. Lylian Kazumi Kanashiro**, difícil expressar minha gratidão. Obrigada por sua orientação firme, segura e competente, por ser verdadeira amiga e parceira, por ter conduzido os meus passos no mestrado com tanta sabedoria e amor. Agradeço a palavra amiga e o apoio nas horas em que o desânimo, por vários motivos, batia à porta. Agradeço as inúmeras vezes que pudemos conversar não somente deste trabalho e sobre a Ortodontia, mas também sobre a vida. Agradeço imensamente porque nunca mediu esforços para transmitir todo o seu conhecimento. Tem sido um privilégio receber seus ensinamentos e desfrutar de sua amizade. Sua integridade e dedicação são um grande exemplo a seguir... é impossível não admirá-la. Por tudo o que passamos juntas e por ter acreditado em mim, Muito Obrigada!

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Ana Lídia Ciamponi, professora da disciplina de Odontopediatria da Universidade de São Paulo, por sua amizade, apoio, carinho, imensa generosidade e por suas importantes considerações na realização do presente trabalho. Muito obrigada!

Ao Prof. Dr. João Batista de Paiva, Professor Titular da Disciplina de Ortodontia da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de cursar este conceituado programa de mestrado e por incitar a busca pelo conhecimento e pelo aprimoramento.

Aos professores da disciplina de Ortodontia da Universidade de São Paulo, Prof. Dr. Jorge Abrão, Profa. Dra. Solange Mongelli de Fantini, Profa. Dra. Gladys Cristina Dominguez Morea, Prof. Dr. André Tortamano e Prof. Dr. José Rino Neto, agradeço profundamente pela oportunidade de poder concretizar este sonho pessoal e profissional, por terem acreditado em mim e terem me acolhido desde o primeiro momento com enorme carinho. Obrigada pelos muitos ensinamentos que me foram transmitidos no decorrer deste curso e pelos exemplos de ética, competência e dedicação que me motivam a ser uma melhor pessoa e profissional. Meu melhor agradecimento será honrar seus ideais e levar adiante seus conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Igor Studart Medeiros pela amizade e gentileza, pelas sempre atenciosas orientações e por ter aberto as portas do departamento de Biomateriais e Biologia Oral da Universidade de São Paulo para a execução e concretização dos meus trabalhos.

Ao Prof. Dr. Victor Elias Arana-Chávez, chefe do laboratório de Biologia Oral da Universidade de São Paulo, por sua ajuda com a análise no microscópio eletrônico de varredura.

Ao Prof. Dr. Moacyr Domingos Novelli, professor do departamento de Estomatologia da Universidade de São Paulo, pelo valioso auxílio no cálculo da área da base dos braquetes.



Aos professores Camillo Morea e Cristina Dominguez, casal maravilhoso, muito obrigada pela amizade e carinho, e por ter acolhido ao Francisco e a mim em seu lar.

Ao Ciro Cesar Sato, pela amizade, carinho, hospitalidade e por ter recebido ao Francisco e a mim em sua casa. Desculpe os momentos em que a Profa. Lylian deixou de estar com você para corrigir os meus trabalhos. Vocês são um casal formidável e muito queridos!

Aos meus queridos amigos e companheiros de Pós-graduação: Giselle Guimarães do Carmo, Lúcio Marcus Uchida, Maria Carolina Franco Ferreira Ballastreire e Michelle Sendyk, pela amizade sincera, companheirismo e apoio em todos os momentos. Agradeço imensamente pelo exemplo de dedicação e perseverança, por todos os dias maravilhosos que passamos juntos e pelos inúmeros momentos que proporcionaram crescimento científico e pessoal.

À família Guimarães do Carmo, pessoas maravilhosas que me acolheram e deram muito carinho e afeto em todos os momentos... Obrigada de coração!

À Mariana de Aguiar Bulhões Galvão, aluna do curso de doutorado, pela amizade sincera, carinho e alegria. Muito obrigada por estar sempre presente em todos os momentos, bons ou ruins, com uma palavra de incentivo e sempre disposta a ajudar.

Aos alunos do curso de doutorado André Felipe Abrão, Paulo Augusto Leal de Carvalho, José Valladares Neto e Luiz Marchi, pela amizade e excelente convívio.

À amiga Lilian Rocha Gabarrone, que tive o prazer de conhecer na clínica de Ortodontia lingual, pela amizade e carinho sinceros, pelas caronas, conversas e risadas. O convívio com você foi maravilhoso!

À Mariana de Aguiar Bulhões Galvão, Lilian Rocha Gabarrone e Ana Carolina Freitas, pela valiosa ajuda no laboratório durante a coleta de dados.

Aos amigos Carol Ballastreire, Giselle do Carmo, Lilian Gabarrone, Lúcio Uchida, Luiz Marchi e Paulo Carvalho pela ajuda para a coleta da amostra.

Ao técnico do departamento de Biomateriais e Biologia Oral da Universidade de São Paulo, Antônio Carlos Lascale pelo valioso auxílio na execução deste trabalho.

Aos amigos Soo Young Kim Weffort, Edson Illipronti e Annelise Cunha Ribeiro, pela ajuda nas clínicas de pesquisa e ótimo convívio.

Aos estagiários do departamento de ortodontia Simone, Daniella, Fabiana, Soraya, Kamila, Renata, Fábio, Beatriz, Maria Fernanda, Leile e Luciana pela agradável convivência nas clínicas.

Aos alunos da turma antiga de doutorado Priscila Chibebe Catarino, Ana Cristina Soares Santos Haddad, Fábio Vigorito, Fernando Penteado e Siddhartha Uhrigshardt Silva pela constante motivação.

Aos funcionários da disciplina de Ortodontia da Universidade de São Paulo, Viviane Tkaczuk Passiano, Edina Lúcia Brito de Souza, Marinalva Januária de Jesus, Antônio Edilson Lopes Rodrigues e Ronaldo Carvalho, pelo suporte, atenção, cuidado e carinho de todos os dias.

Às funcionárias do departamento de Biomateriais e Biologia Oral da Universidade de São Paulo, Elidamar Bastos Clemente Guimarães e Rosa Cristina Nogueira, pela amizade e suporte prestado durante a execução deste trabalho.

Às funcionárias do Laboratório de Caracterização Tecnológica da Faculdade de Engenharia de Minas da Universidade de São Paulo, Sheila Schuindt do Carmo e Liz Zanchetta D'Agostino, pela amizade e ajuda com as análises no microscópio a laser confocal.

À funcionária da biblioteca Maria Claudia Pestana, pela competente revisão e adequação do trabalho às normas da FOU SP.

*“E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.”*

*1 Coríntios 13:2*

## RESUMO

Robles Ruíz JJ. Condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico na colagem indireta de braquetes [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2013. Versão Corrigida.

O objetivo deste estudo foi comparar a resistência de união e a interface de falha da colagem de braquetes colados pela técnica indireta após o condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37%; e avaliar quantitativa e qualitativamente as alterações da superfície do esmalte após os diferentes tipos de condicionamento. A amostra foi constituída por 104 pré-molares superiores. Na primeira parte da pesquisa 80 dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos ( $n=20$ ) que receberam diferentes condicionamentos das faces linguais: G1 (controle)- ácido fosfórico a 37%; G2, G3 e G4- jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$ , respectivamente, antes da aplicação de ácido fosfórico. Braquetes linguais foram colados indiretamente com o mesmo material e metodologia nos 4 grupos. A força máxima de cisalhamento requerida para descolar os braquetes foi determinada por meio de uma máquina de ensaios mecânicos universal, e a interface de falha na colagem, por meio do Índice de Resina Remanescente (ARI). Para a avaliação quantitativa dos efeitos provocados no esmalte pelos diferentes condicionamentos, 20 dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos, e suas faces linguais foram condicionadas de acordo com o protocolo proposto anteriormente. A rugosidade do esmalte ( $R_a$ ) antes e após o seu condicionamento foi determinada por meio de um microscópio a laser confocal. Na avaliação qualitativa foram utilizados 4 dentes, que foram condicionados segundo protocolo descrito anteriormente. O teste ANOVA de um critério foi utilizado para comparar a resistência adesiva e o incremento de rugosidade entre os grupos. As diferenças entre as pontuações do ARI foram avaliadas com o teste de Kruskal-Wallis. Foi adotado nível de significância de 5% em todas as avaliações estatísticas. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os quatro tipos de condicionamento de esmalte quando avaliou-se as médias de resistência de união e o incremento de rugosidade. Também não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as pontuações do

ARI. O resultado da avaliação qualitativa evidenciou padrões diferentes de condicionamento entre o esmalte condicionado com ácido fosfórico e o esmalte condicionado com óxido de alumínio associado ao ácido. No esmalte condicionado com ácido, observaram-se leves irregularidades correspondentes com o padrão tipo III de Silverstone; enquanto no esmalte condicionado com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  mais ácido fosfórico verificaram-se padrões similares de condicionamento, com superfícies de textura áspera bastante uniforme, presença de múltiplas elevações com diferentes alturas e bordas arredondadas, semelhantes ao padrão tipo II de Silverstone. Assim, concluiu-se que o condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido não incrementou a resistência de união de braquetes colados indiretamente, não modificou a quantidade de resina remanescente, nem aumentou a rugosidade do esmalte. No entanto, produz um padrão de condicionamento diferente ao obtido com o ácido.

Palavras-Chave: Colagem de acessórios ortodônticos. Condicionamento do esmalte dentário. Ácido fosfórico. Óxido de alumínio. Rugosidade.

## ABSTRACT

Robles Ruíz JJ. Enamel conditioning with aluminum oxide associated to phosphoric acid in indirect bonding of brackets [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2013. Versão Corrigida.

The purpose of this study was to compare the bond strength and the bond failure location of indirectly bonded brackets after enamel conditioning with 27, 50 and 90  $\mu\text{m}$  aluminum oxide followed by application of 37% phosphoric acid; and to analyze quantitatively and qualitatively the alterations on the enamel surface after the different conditionings. The sample consisted of 104 superior premolars. In the first stage of this research, 80 teeth were randomly divided into 4 groups ( $n=20$ ) that received different conditionings at the lingual faces: G1 (control)- 37% phosphoric acid, G2, G3 and G4- 27, 50 and 90  $\mu\text{m}$  aluminum oxide, respectively, before applying phosphoric acid. The lingual brackets were indirectly bonded using the same material and methodology in the 4 groups. The maximum shear bond strength required to debond the brackets was determined using a mechanical testing machine, and the bond failure location through the Adhesive Remnant Index (ARI). For the quantitative analysis of the effects caused in the enamel due to the different conditionings, 20 teeth were randomly divided into 4 groups, and their lingual faces were conditioned according to the previously described protocol. The enamel roughness ( $R_a$ ) before and after conditioning was measured using a confocal laser scanning microscope. In the qualitative analysis 4 teeth that were conditioned according to the previously described protocol were used. One-way ANOVA analysis was used to compare the bond strength and the roughness increment between the groups. The differences among the ARI scores were analyzed with the Kruskal-Wallis test. A 5% significance level was adopted for all statistical analysis. No statistical differences were observed among the 4 types of enamel conditionings when the mean shear bond strength and roughness increase were compared. There were not also statistically significant differences between the ARI scores. The results of the qualitative analysis showed different conditioning patterns between the enamel prepared with phosphoric acid and the enamel treated with aluminum oxide associated to phosphoric acid. In the acid-etching enamel, slight irregularities

corresponding to Silverstone's type III pattern were found; while in the enamel conditioned with aluminum oxide of 27, 50 and 90  $\mu\text{m}$  followed by phosphoric acid, similar conditioning patterns were found, with rough surfaces highly uniform, presence of multiple elevations of different heights and rounded edges, similar to Silverstone's type II pattern. In conclusion, the enamel conditioning with aluminum oxide associated to phosphoric acid did not increase the bond strength of indirectly bonded brackets; it did not modify the quantity of remnant resin nor increased the enamel roughness. However, it produced a conditioning pattern different to the one obtained with acid.

Key-words: Bonding of orthodontic appliances. Enamel conditioning. Phosphoric acid. Aluminum oxide. Roughness.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Pré-molares incluídos em uma forma de silicone industrial com gesso especial tipo IV.....	49
Figura 4.2 - Entalhes em forma de V para facilitar o posicionamento das moldeiras de transferência.....	49
Figura 4.3 - Utilização de uma agulha de Gillmore para padronizar a pressão para a colagem dos braquetes .....	51
Figura 4.4 - Confeção de moldeiras de transferência .....	52
Figura 4.5 - Remoção da moldeira de transferência.....	52
Figura 4.6 - Limpeza da base individualizada de resina com óxido de alumínio de 50 µm .....	53
Figura 4.7 - Dispositivo desenvolvido para padronizar o condicionamento com jato de óxido de alumínio .....	54
Figura 4.8 - Posicionamento do centro da face lingual do espécime a 5 mm da ponta do microjateador.....	54
Figura 4.9 - Movimentos circulares do espécime durante o jateamento com óxido de alumínio.....	55
Figura 4.10 - Colagem indireta dos braquetes.....	56
Figura 4.11 - Máquina de ciclagem térmica.....	56
Figura 4.12 - Dispositivo utilizado para elaborar os corpos de prova .....	57
Figura 4.13 - Corpo de prova.....	58



Figura 4.14 - Corpo de prova na máquina de ensaios mecânicos universal Kratos..	59
Figura 4.15 - Base do cinzel paralela à base do braquete, entre o esmalte e a base do braquete .....	59
Figura 4.16 - Corpo de prova com as cinco áreas avaliadas.....	62
Figura 4.17 - Corpo de prova encostado no “L” da placa metálica .....	63
Figura 4.18 - Placa metálica acoplada à base motorizada do microscópio .....	63
Figura 4.19 - Medição do Ra em uma área de 0,3 mm <sup>2</sup> com o programa Leica Map DCM 3D .....	64
Figura 4.20 - Espécimes fixados em suportes metálicos prontos para ser metalizados .....	67
Figura 4.21 - Espécimes metalizados .....	67
Figura 5.1 - Superfície do esmalte condicionada com ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX .....	76
Figura 5.2 - Superfície do esmalte condicionada com jato de óxido de alumínio de 27 µm e ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX .....	76
Figura 5.3 - Superfície do esmalte condicionada com jato de óxido de alumínio de 50 µm e ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX .....	77
Figura 5.4 - Superfície do esmalte condicionada com jato de óxido de alumínio de 90 µm e ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX .....	77

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 5.1 - Medidas de tendência central e dispersão da resistência de união segundo o grupo .....71
- Tabela 5.2- Distribuição das pontuações do Índice de Resina Remanescente (ARI) segundo o grupo .....72
- Tabela 5.3- Avaliação da reprodutibilidade do método: coeficiente de correlação intraclasse .....73
- Tabela 5.4- Comparação do incremento de rugosidade (Ra) após diferentes condicionamentos do esmalte .....74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARI	Índice de resina remanescente
CCI	Coeficiente de correlação intraclasse
Er,Cr: YSGG	Laser Érbio, cromo: ítrio-escândio-gálio-granada
Er:YAG	Laser Érbio: ítrio-alumínio-granada
g	Gramas
Hz	Hertz
LED	Diodo emissor de luz (light emitting diode)
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
mJ/pulso	Milijoules por pulso
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatts por centímetro quadrado
N	Newtons
psi	Libras por polegada quadrada (pounds force per square inch)
Ra	Rugosidade média
Rq	Raiz quadrada da rugosidade média
SEP	Self-Etching Primer
STb	Scuzzo-Takemoto bracket
µm	Micrômetros
W	Watt

## LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grau
p	Nível descritivo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	26
<b>3 PROPOSIÇÃO</b> .....	42
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	44
4.1 MATERIAL .....	45
4.2 MÉTODOS .....	47
<b>5 RESULTADOS</b> .....	70
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	78
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	93
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	95
<b>ANEXOS</b> .....	104

## **INTRODUÇÃO**

---

# 1 INTRODUÇÃO

A colagem direta dos acessórios ortodônticos à superfície do esmalte condicionada, inicialmente descrita por Newman (1965), foi um grande avanço no tratamento ortodôntico. Em um esforço para produzir um sistema de posicionamento dos braquetes mais preciso e eficiente, Silverman et al. (1972) introduziram a técnica de colagem indireta de braquetes por meio de seu posicionamento em modelos de trabalho, permitindo melhor visualização dos dentes em suas três dimensões.

Inicialmente, a técnica de colagem indireta mostrou-se deficiente, levando muitos ortodontistas a abandonarem esta ideia. Ao final da colagem, observava-se um grande excesso de resina ao redor dos braquetes, o que demandava muito tempo clínico para a sua remoção. Além disso, maiores quantidades de falhas de colagem eram verificadas quando comparadas às colagens diretas (Zachrisson; Brobakken, 1978).

Em 1979, Thomas propôs um método de colagem indireta em que os braquetes eram posicionados nos modelos de trabalho com resina em sua base e posteriormente eram transferidos e colados aos dentes por meio de resina adesiva sem carga quimicamente ativada. A técnica de Thomas diminuiu o excesso de resina ao redor dos braquetes e facilitou a limpeza. Nos últimos anos, vários estudos relacionados à colagem indireta relataram forças de adesão *in vitro* (Klocke et al., 2003; Linn et al., 2006) e taxas clínicas de queda (Thiyagarajah et al., 2006; Deahl et al., 2007) comparáveis aos dos braquetes colados diretamente.

Estes avanços da técnica de colagem indireta foram importantes principalmente para a técnica ortodôntica lingual iniciada por Fujita (1979), já que a grande variação anatômica da superfície lingual dos dentes, a dificuldade de acesso e a difícil visualização direta, assim como a necessidade de bases de colagem individualizadas para a obtenção de apropriada espessura e torque da base do braquete, tornam obrigatórias as montagens dos aparelhos ortodônticos linguais por

meio da colagem indireta (Scholz; Swartz, 1982; Buso-Frost; Fillion, 2006; Harfin, 2010).

Nos últimos anos várias pesquisas têm avaliado diferentes aspectos relacionados à resistência de união de braquetes linguais: o desenho do braquete (Lombardo et al., 2011), o material adesivo utilizado (Tuncer; Ulusoy, 2010; Türköz et al., 2010), o método de condicionamento do esmalte (Brosh et al., 2005; Cal-Neto et al., 2011) e a técnica de colagem utilizada (Lombardo et al., 2011), mostrando que a colagem nas superfícies linguais pode ser realizada com bastante êxito. Embora não tenhamos dados sobre a taxa de queda de braquetes linguais, alguns estudos que avaliaram a técnica de colagem indireta têm evidenciado que a queda de braquetes ainda acontece com 2-5% dos braquetes colados indiretamente (Aguirre et al., 1982; Thiyagarajah et al., 2006; Deahl et al., 2007).

A descolagem de braquetes durante o tratamento ortodôntico é um problema substancial enfrentado pelos ortodontistas (Tuncer; Ulusoy, 2010). As consequências incluem: aumento no tempo de tratamento, custos materiais e pessoais adicionais e visitas extras dos pacientes (Vicente et al., 2004). Diferentemente da Ortodontia vestibular onde a recolagem direta é uma opção, uma complicação adicional surge na Ortodontia lingual, já que a recolagem de braquetes tem que ser realizada indiretamente. A recolagem indireta é uma etapa bastante complexa que impõe a confecção de moldeiras de transferência individuais com o consequente risco de imprecisão no seu reposicionamento, e elevado tempo clínico quando comparado ao da recolagem direta (Scholz; Swartz, 1982; Wiechmann, 2000).

Devido aos transtornos causados pelas falhas nas colagens de braquetes e da existência de situações clínicas onde se necessitam forças de adesão mais elevadas, tais como: na colagem de contenções linguais fixas, que devem permanecer coladas aos dentes por um longo período de tempo (Wiechmann, 2000), na colagem em pré-molares e molares, em dentes hipocalcificados ou com fluorose e em pacientes pouco colaboradores (Newman et al., 1995), é importante que haja opções de recursos que permitam conseguir adesão mais elevada entre o dispositivo ortodôntico e o dente.



Durante a colagem indireta duas superfícies são coladas: esmalte e resina polimerizada na base do braquete. Assim sendo, o condicionamento destas superfícies é um fator decisivo sobre a força adesiva obtida.

O condicionamento do esmalte é uma etapa fundamental do processo de colagem durante a qual rugosidades são criadas na superfície do esmalte, o que são necessárias para uma boa fixação do agente de colagem (Medhi et al., 2009). Atualmente, o procedimento mais tradicional é o condicionamento com ácido fosfórico (Waveren Hogervorst et al., 2000; Canay et al., 2000; Medhi et al., 2009; Brauchli et al., 2010; Türköz; Ulusoy, 2012); entretanto, com o propósito de obter melhores forças adesivas preservando a integridade do esmalte, outros métodos de condicionamento têm sido propostos, como diferentes ácidos (ácido sulfúrico diluído, ácido maleico e ácido poliacrílico) (Ärtun; Bergland, 1984; Olsen et al., 1997b; Bishara et al., 2000), laser de alta potência (Berk et al., 2008; Türköz; Ulusoy, 2012), self etching primers (Halpern; Rouleau, 2010; Türköz; Ulusoy, 2012) e jato de óxido de alumínio (Olsen et al., 1997a; Reisner et al., 1997; Canay et al., 2000; Berk et al., 2008; Medhi et al., 2009; Brauchli et al., 2010; Halpern; Rouleau, 2010, Cal-Neto et al., 2011; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012).

A utilização do jato de óxido de alumínio como alternativa para substituir o ácido fosfórico para o condicionamento do esmalte tem demonstrado menor resistência de união dos braquetes em algumas pesquisas (Olsen et al., 1997a; Mulcahey et al., 1999; Canay et al., 2000; Waveren Hogervorst et al., 2000; Chung et al., 2001; Berk et al., 2008). Embora os estudos que avaliam a colagem de braquetes quando o jato de óxido de alumínio é utilizado previamente como coadjuvante de outro tipo de condicionamento do esmalte, como o ácido fosfórico (Canay et al., 2000; Wiechmann, 2000; Cal-Neto et al., 2011; Suma et al., 2012) ou self etching primers (Halpern; Rouleau, 2010) tenham revelado um aumento na resistência de união, este resultado na literatura ainda é controverso e o protocolo de utilização bastante diversificado.

É importante também mencionar que as pesquisas que avaliam a resistência adesiva dão grande ênfase aos tipos de condicionamento do esmalte, do sistema adesivo e de braquetes; no entanto, pouca ou nenhuma atenção é dispensada às

características da superfície do esmalte (Sabatoski et al., 2010). Não foi encontrada na literatura nenhuma pesquisa que avalie quantitativamente e qualitativamente a superfície do esmalte logo após o condicionamento combinado com jato de óxido de alumínio de diferentes tamanhos de partículas e ácido fosfórico.

Desta forma, devido ao fato dos estudos que avaliaram o condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico na resistência à colagem (Canay et al., 2000; Wiechmann, 2000; Brosh et al., 2005; Miles, 2008; Brauchli et al., 2010; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012) mostrarem resultados variados e verificando-se que esta metodologia é utilizada por alguns clínicos para aumentar a adesão dos braquetes nas faces linguais (Fillion, 1999; Wiechmann et al., 2000; Miles, 2008), com protocolo empírico e sem o conhecimento real dos efeitos sobre a superfície do esmalte, o objetivo do presente trabalho é comparar a resistência de união de braquetes linguais colados indiretamente após condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio de diferentes granulações associado ao ácido fosfórico e avaliar qualitativa e quantitativamente as alterações da superfície do esmalte após estes condicionamentos.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

---

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CONDICIONAMENTO DO ESMALTE

O conceito de condicionamento das superfícies do esmalte com ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) foi introduzido por Buonocore em 1955. Ele relatou que a resistência de união de resinas acrílicas de restauração ao esmalte aumentou significativamente quando a superfície do esmalte foi condicionada com ácido fosfórico a 85%. Desde então o conceito de adesão de várias resinas ao esmalte desenvolveu aplicações em todas as áreas da odontologia, incluindo a ortodontia. Em 1965, Newman propôs a utilização da técnica de condicionamento ácido na ortodontia como um meio de colar os braquetes diretamente aos dentes.

O condicionamento do esmalte é um passo essencial antes da colagem dos braquetes. Durante esta etapa a película aderida ao dente é removida e rugosidades são criadas na superfície do esmalte, o que são necessárias para uma boa fixação do agente de colagem (Medhi et al., 2009).

Muitos estudos (Buonocore, 1955; Chow; Brown, 1973; Legler et al., 1989; Legler et al., 1990; Sadowsky et al., 1990) têm tentado determinar a melhor concentração de ácido fosfórico a ser utilizada e o melhor tempo de aplicação para obter uma força de adesão efetiva preservando a integridade do esmalte.

Atualmente o condicionamento com ácido fosfórico a 35-40% por 15 a 60 segundos é a técnica mais utilizada para preparar o esmalte para a colagem (Waveren Hogervorst et al., 2000; Canay et al., 2000; Brauchli et al., 2010; Türköz; Ulusoy, 2012). O condicionamento com ácido fosfórico proporciona boa resistência de união, porém ocasiona alguma perda de esmalte (Waveren Hogervorst et al.; 2000). A fim de obter melhores forças adesivas com menor dano ao esmalte, outros métodos para o condicionamento do esmalte também são estudados na literatura, como diferentes ácidos (ácido sulfúrico diluído, ácido maleico e ácido poliacrílico)

(Ärtun; Bergland, 1984; Olsen et al., 1997b; Bishara et al., 2000), aplicação de laser de alta potência (Berk et al., 2008; Türköz; Ulusoy, 2012), jato de óxido de alumínio (Olsen et al., 1997a; Reisner et al., 1997; Canay et al., 2000; Berk et al., 2008; Medhi et al., 2009; Halpern; Roleau, 2010, Cal-Neto et al., 2011; Türköz; Ulusoy, 2012), e self etching primers (Halpern; Rouleau, 2010; Brauchli et al., 2011a; Türköz; Ulusoy, 2012).

## 2.2 CONDICIONAMENTO DO ESMALTE COM JATO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

O jato de óxido de alumínio foi introduzido na Odontologia por Black (1945) antes mesmo do ácido fosfórico, como uma melhor alternativa em relação aos motores de baixa rotação existentes naquela época, para o preparo de cavidades e profilaxia. Porém, com o desenvolvimento da alta-rotação os jatos de óxido de alumínio permaneceram no esquecimento por certo período (Goldstein; Parkins, 1994) até que em 1993 Zachrisson e Buyukyilmaz recomendaram a reintrodução do jateamento como um passo prévio à colagem em ouro, amálgama, e superfícies de porcelana.

Em contraste com o ácido fosfórico, o jateamento com um fluxo de partículas de óxido de alumínio em alta velocidade, movidas por pressão de ar, não modifica quimicamente a superfície do esmalte. O impacto das partículas de alumínio no esmalte produz edentações e torna a superfície áspera (Medhi et al., 2009; Brauchli et al., 2010).

Medhi et al. (2009) e Halpern e Rouleau (2010) apontaram que mudanças no tempo de jateamento, na pressão do ar e na quantidade de pó utilizada, assim como na distância e no ângulo de aplicação, promovem diferentes resultados na superfície do esmalte. Outro parâmetro a ser considerado é o tamanho das partículas do óxido de alumínio (Halpern; Rouleau, 2010).

A utilização do jato de óxido de alumínio como alternativa ao ácido fosfórico para o condicionamento do esmalte, já foi avaliada em algumas pesquisas

demonstrando a sua inferioridade no que diz respeito à resistência à colagem (Olsen et al., 1997a; Mulcahey et al., 1999; Canay et al., 2000; Waveren Hogervorst et al., 2000; Chung et al., 2001; Berk et al., 2008).

Olsen et al. (1997a) compararam o condicionamento de esmalte com ácido fosfórico a 37% ao condicionamento com óxido de alumínio de 50 e 90  $\mu\text{m}$  na colagem direta de braquetes. Utilizaram 60 terceiros molares para avaliar a resistência de união, a interface de falha da colagem e as características do esmalte condicionado utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV). O condicionamento com ácido fosfórico foi realizado por 30 segundos, enquanto o jateamento do esmalte foi realizado por 3 segundos, a uma distância de 10 mm e com uma pressão de ar de 160 psi. Os autores verificaram resistência de união significativamente menor nos grupos em que o esmalte foi condicionado com jato de óxido de alumínio. Foram encontradas também diferenças estatísticas significativas entre as pontuações do Índice de Resina Remanescente (ARI), mostrando que não ficou adesivo na superfície do esmalte após a descolagem dos braquetes quando foi utilizado jato de óxido de alumínio. As imagens obtidas com o MEV mostraram retenções mecânicas menores com as partículas de 50  $\mu\text{m}$  do que com as de 90  $\mu\text{m}$ . Assim, concluíram que o condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio resulta em uma menor resistência de união e, portanto não recomendaram o seu uso clínico.

Com o objetivo de avaliar a capacidade de um agente adesivo de dentina para melhorar a resistência de união dos braquetes nas superfícies de esmalte condicionadas com jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  ou com ácido fosfórico a 38%, Mulcahey et al. (1999) utilizaram 142 faces vestibulares e linguais de pré-molares e molares permanentes humanos. Nos grupos condicionados com óxido de alumínio, o jateamento foi feito com 120 psi de pressão de ar, a uma distância de 3-4 mm da superfície do esmalte e com uma direção de aplicação de 90°. Os resultados indicaram que a resistência de união obtida com o condicionamento convencional com ácido fosfórico não melhorou significativamente com o uso do agente adesivo testado, enquanto as superfícies condicionadas com jato de óxido de alumínio apresentaram resistência de união tão baixa que os autores descreveram como clinicamente inaceitável.

Com a proposta de quantificar a perda de esmalte após o condicionamento com jato de óxido de alumínio e de comparar a resistência de união obtida com diferentes métodos de condicionamento do esmalte e diferentes adesivos, Waveren Hogervorst et al. (2000) utilizaram 112 dentes bovinos. Eles avaliaram diferentes protocolos de jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  a uma distância fixa de 1 mm, variando a pressão do ar e os tempos de aplicação. Os resultados não mostraram diferenças significativas na perda de esmalte entre as superfícies condicionadas com jato de óxido de alumínio a baixa pressão (14,5 psi) e um tempo curto de exposição (1 segundo), e aquelas condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. Em relação à resistência de união, encontraram médias significativamente menores nos grupos que receberam condicionamento com jato de óxido de alumínio. Desta maneira, concluíram que o jateamento com óxido de alumínio não é uma alternativa viável para substituir o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico na prática ortodôntica.

Na pesquisa de Chung et al. (2001), foi avaliado o efeito da aplicação de jato de óxido de alumínio sobre diferentes superfícies na força de adesão de tubos de molares para colagem. Superfícies de esmalte humano, metal e porcelana foram jateadas com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  a 5 mm de distância por 10 segundos. O desenho da pesquisa incluiu dois grupos controle, constituídos por esmalte condicionado com ácido fosfórico a 36% por 15 segundos e esmalte sem nenhum tipo de condicionamento. Os autores avaliaram a resistência de união e a interface de falha na colagem por meio do ARI. A resistência de união média obtida no grupo onde o esmalte foi condicionado com óxido de alumínio foi significativamente menor do que a obtida no esmalte condicionado com ácido fosfórico.

Berk et al. (2008) se propuseram a determinar se o condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio ou laser eram alternativas viáveis ao condicionamento com ácido fosfórico na colagem de tubos nos molares. Foram utilizados 70 molares para avaliar a resistência de união e o ARI. Os condicionamentos do esmalte avaliados foram os seguintes: jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 10 segundos e a 65-70 psi de pressão, laser Er,Cr:YSGG com diferentes potências (0,5; 0,75; 1; 1,5 e 2 W) e ácido fosfórico a 38% por 15 segundos. Os grupos condicionados com laser de 0,5 e 0,75 W e o grupo

condicionado com óxido de alumínio tiveram as menores resistências de união: 2,94; 4,16 e 2,01 MPa, respectivamente. O condicionamento com laser de 1; 1,5 e 2 W demonstraram resistência de união similar à obtida pelo grupo condicionado com ácido. Os autores concluíram que o jato de óxido de alumínio e o laser de baixa potência (0,5 e 0,75 W) não são apropriados para condicionar o esmalte para a colagem de tubos nos molares.

### 2.3 CONDICIONAMENTO DE ESMALTE COM JATO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO E ÁCIDO FOSFÓRICO

Algumas pesquisas têm avaliado a resistência de união de braquetes quando o jato de óxido de alumínio é utilizado associado a outro tipo de condicionamento do esmalte, como o ácido fosfórico (Reisner et al., 1997; Canay et al., 2000; Wiechmann, 2000; Brosh et al., 2005; Miles, 2008; Brauchli et al., 2010; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012) ou self etching primers (SEP) (Halpern; Rouleau, 2010), no entanto os resultados na literatura ainda são controversos e os parâmetros de jateamento utilizados bastante variados.

Reisner et al. (1997) investigaram quatro métodos de condicionamento de esmalte para a colagem de braquetes: (1) jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 2-3 segundos, a 6 mm de distância e 65-70 psi de pressão de ar, (2) jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 2-3 segundos, a 6 mm de distância e 65-70 psi de pressão de ar, seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37%, (3) leve desgaste com uma broca seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37%, e (4) polimento com pedra pomes seguido de ácido fosfórico a 37%. A pesquisa foi realizada com 87 pré-molares e teve duas partes. Na primeira parte, foi avaliada a rugosidade das superfícies de esmalte condicionadas utilizando um perfilômetro óptico e MEV. Na segunda parte da pesquisa, os autores compararam a força de adesão obtida com os diferentes condicionamentos do esmalte. Em relação à força de adesão, não existiram diferenças entre os três grupos que receberam condicionamento com ácido fosfórico; no entanto, no grupo que foi condicionado



apenas com jato de óxido de alumínio a força de adesão foi significativamente menor. Assim, foi concluído que o jateamento com óxido de alumínio não danifica o esmalte e pode ser utilizado como substituto do polimento com pedra pomes; no entanto, deve ser seguido da aplicação de ácido fosfórico para obter forças de adesão aceitáveis.

Canay et al. (2000) realizaram um estudo com o objetivo de comparar o condicionamento convencional do esmalte com ácido fosfórico ao condicionamento com jato de óxido de alumínio. Para isso, 80 pré-molares hígidos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos que receberam diferentes tipos de condicionamento do esmalte: (1) jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  a 80 psi por 5 segundos, (2) condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, (3) jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  a 80 psi por 5 segundos seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, e (4) polimento com uma pasta de polimento livre de flúor por 10 segundos seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37%. Os autores constataram que o grupo que recebeu jateamento seguido da aplicação de ácido fosfórico apresentou forças de adesão significativamente maiores que os outros três grupos. Eles concluíram que o condicionamento do esmalte apenas com jato de óxido de alumínio resulta em forças de adesão significativamente menores e, portanto, não deve ser preconizado para uso clínico como um condicionador do esmalte.

Wiechmann (2000) avaliou a influência do jateamento do esmalte com óxido de alumínio antes da aplicação de ácido fosfórico sobre a resistência de união na técnica de colagem indireta. A resistência de união de 20 cilindros de resina foi medida 24 horas após estes serem colados sobre o esmalte de dentes bovinos. O esmalte foi jateado com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 3 segundos, seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. No grupo controle, vinte espécimes foram colados no esmalte condicionado apenas com ácido fosfórico. Os resultados mostraram que o jateamento do esmalte antes do condicionamento com ácido fosfórico pode aumentar significativamente a força adesiva entre o esmalte e o material de colagem.

Brosh et al. (2005) realizaram um estudo para determinar a influência de duas técnicas de condicionamento do esmalte na resistência de união de superfícies vestibulares e linguais de pré-molares, com dois tempos diferentes de armazenamento. Quarenta dentes foram divididos em dois grupos iguais, que receberam diferentes condicionamentos do esmalte antes da colagem dos braquetes. No grupo A, o esmalte vestibular e lingual de cada dente foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, e no grupo B as superfícies vestibulares e linguais foram jateadas com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 5 segundos, a 6 mm de distância e a 80 psi de pressão, seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37% por 15 segundos. Cada grupo foi subdividido em armazenamento por curto prazo (48 horas) e por longo prazo (12 meses). Existiram diferenças estatísticas na resistência de união e nas pontuações do ARI entre faces vestibulares e linguais; a força necessária para descolar os braquetes das faces vestibulares foi significativamente maior e o ARI foi significativamente menor. Não foram encontradas diferenças na resistência de união, nem no ARI quanto aos diferentes condicionamentos ou o tempo de armazenamento dos dentes. Assim, os autores concluíram que o jateamento com óxido de alumínio prévio ao condicionamento ácido, não incrementa a resistência de união na colagem por vestibular ou por lingual.

Com o objetivo de determinar se o jateamento dos pré-molares e primeiros molares mandibulares antes do condicionamento com ácido fosfórico reduz a queda de braquetes durante os seis primeiros meses de tratamento ortodôntico, Miles (2008) realizou um ensaio clínico com 64 pacientes. Um total de 384 braquetes e tubos de pré-molares e primeiros molares inferiores foram colados com um desenho de pesquisa de boca dividida (split mouth). Em cada paciente, os dentes de um lado foram condicionados com ácido fosfórico e os dentes contralaterais foram jateados com óxido de alumínio de 110  $\mu\text{m}$  por 2 segundos antes da aplicação do ácido. Todos os tubos e braquetes foram colados indiretamente. Foram registradas as quedas de braquetes ou tubos que aconteceram durante os seis primeiros meses de tratamento. Dois braquetes (1%) caíram no lado onde os dentes foram condicionados com óxido de alumínio mais ácido fosfórico, e quatro braquetes (2.1%) no lado que recebeu condicionamento convencional do esmalte ( $p>0.05$ ). O autor concluiu que a adição de jato de óxido de alumínio antes do condicionamento

com ácido fosfórico não resulta em uma menor taxa de queda de braquetes durante os primeiros seis meses de tratamento.

Brauchli et al. (2010), com o intuito de investigar o efeito de diferentes métodos de condicionamento do esmalte na resistência de união de seis adesivos, utilizaram 270 incisivos bovinos hígidos. Foram testados seis adesivos (Transbond™ XT, Cool-Bond™, Light Bond™, Tetric flow, RMGIC:GC Fuji Ortho LC e Ultra Band-Lock) em combinação com três técnicas de condicionamento do esmalte: (1) condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 30 segundos, (2) jateamento com óxido de alumínio de 50 µm por 2 segundos e (3) jateamento com óxido de alumínio de 50 µm por 2 segundos seguido da aplicação de ácido fosfórico a 35% por 30 segundos. Foram utilizados cilindros de polímero transparente com um diâmetro de 6 mm como substitutos dos braquetes. Os autores não encontraram diferenças estatísticas significativas entre a resistência de união obtida com o condicionamento com ácido fosfórico e com o condicionamento combinado de jato de óxido de alumínio mais ácido fosfórico. O jateamento com óxido de alumínio como única técnica de condicionamento produziu forças de cisalhamento significativamente menores. As pontuações do ARI não se correlacionaram com a resistência de união e houve maiores variações nas forças de cisalhamento segundo os diferentes adesivos testados do que segundo as diferentes técnicas de condicionamento. De acordo com estes resultados, concluíram que o jato de óxido de alumínio isoladamente ou em combinação com o ácido fosfórico não apresentou vantagens em comparação com o condicionamento convencional com ácido fosfórico, portanto, não pode ser recomendado.

A pesquisa realizada por Cal-Neto et al. (2011) teve o objetivo de avaliar a influência do condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio de 50 µm seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37% na resistência de união de braquetes linguais colados indiretamente. A amostra foi constituída por 40 faces linguais de pré-molares. O condicionamento com óxido de alumínio foi realizado por 3 segundos, a uma distância de 5 mm e com uma pressão de 65-70 psi. A resistência de união média do grupo que recebeu condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio seguido de ácido fosfórico foi significativamente maior do que aquela obtida pelo grupo controle (condicionado com ácido fosfórico). Entretanto, os

testes de Kaplan-Meier e log-rank demonstraram que o comportamento clínico dos dois grupos avaliados seria semelhante. A quantidade de resina no esmalte após a descolagem foi significativamente maior no grupo que recebeu jateamento com óxido de alumínio. Desta maneira, concluíram que o jateamento do esmalte com óxido de alumínio antes da aplicação de ácido fosfórico incrementa a resistência de união de braquetes linguais colados indiretamente, porém sem diferenças no comportamento clínico.

Com a proposta de determinar o efeito do condicionamento do esmalte com óxido de alumínio mais ácido fosfórico sobre a resistência de união de braquetes metálicos no processo de recolagem, Pakshir et al. (2012) utilizaram 50 pré-molares superiores hígidos extraídos de pacientes com idade entre 18 e 25 anos. Após a descolagem dos braquetes e remoção do adesivo residual da superfície do esmalte, os dentes foram divididos em dois grupos iguais. No grupo (1) a superfície do esmalte foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, e no grupo (2) os dentes foram jateados com óxido de alumínio de 50 µm por 3 segundos, a 10 mm de distância e 60 psi de pressão antes do condicionamento ácido. Em seguida foram recolados novos braquetes nas superfícies condicionadas de esmalte. A resistência ao cisalhamento, a probabilidade de falha na colagem e o índice de adesivo remanescente foram determinados e os resultados evidenciaram que a resistência de união em ambos os grupos não diferiu significativamente. A maioria das falhas de colagem ocorreram com pontuações de ARI 2 e 3, existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos. A análise de Weibull mostrou que para uma determinada probabilidade de falha, mais força seria necessária para descolar o braquete no grupo condicionado com óxido de alumínio mais ácido do que no grupo condicionado somente com ácido. Desta forma, os autores concluíram que o uso de jato de óxido de alumínio antes do ácido fosfórico para condicionar o esmalte não melhora significativamente a resistência de união numa nova colagem de braquetes e deixa mais resíduos adesivos na superfície do esmalte, porém a probabilidade de falha dos braquetes é menor.

Suma et al. (2012) verificaram o efeito do jateamento com óxido de alumínio sobre a resistência de união de braquetes metálicos colados à superfície do esmalte com fluorose. Sessenta pré-molares com fluorose moderada a grave

foram coletados e divididos em três grupos de 20. Os grupos foram tratados da seguinte forma: no grupo (1), o esmalte foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos seguido de colagem com Transbond XT; no grupo (2) o esmalte foi jateado com óxido de alumínio de 50 µm por 5 segundos, a 10 mm de distância, com um ângulo de 45° e 80 psi de pressão mais ácido fosfórico a 37% por 15 segundos seguido de colagem com Transbond XT; no grupo (3) o esmalte foi condicionado como no grupo (2) seguido por colagem com Enlight LC. Uma máquina universal de ensaios Instron foi utilizada para determinar a força de descolagem, e a partir desta foi calculada a resistência ao cisalhamento. O espécimen com a maior resistência ao cisalhamento de cada grupo foi selecionado para avaliar a superfície do esmalte e o índice de adesivo remanescente após a descolagem. A resistência de união média foi 10,36; 11,41 e 11,39 MPa, nos grupos (1), (2) e (3) respectivamente. Existiram diferenças estatisticamente significativas na resistência de união entre os três grupos. A amostra selecionada a partir do grupo (1) teve uma pontuação ARI de 1, indicando que ficou menos da metade de adesivo na superfície do esmalte, enquanto as amostras selecionadas a partir dos grupos (2) e (3) tiveram uma pontuação ARI de 3, o que significa que a área de colagem ficou totalmente coberta com adesivo. Foi concluído que a combinação de jato de óxido de alumínio e ácido fosfórico produz maior resistência de união de braquetes colados em superfícies de esmalte com fluorose do que o condicionamento ácido por si só, independentemente do sistema adesivo utilizado.

Com o propósito de comparar o efeito de diferentes técnicas de condicionamento do esmalte para a colagem de braquetes, Türköz e Ulusoy (2012) utilizaram 90 pré-molares extraídos por motivos de tratamento ortodôntico para avaliar a resistência de união, o ARI, e as características da superfície do esmalte após a descolagem dos braquetes por meio do MEV. Os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos que receberam diferentes condicionamentos do esmalte: (1) ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, (2) self etching primer (SEP, Transbond Plus, 3M Unitek), (3) óxido de alumínio de 50 µm por 10 segundos, (4) óxido de alumínio de 50 µm mais ácido fosfórico a 35%, (5) laser Er:YAG administrado com 350 mJ/pulso, 4 Hz de frequência e a uma distância de 1mm, e (6) laser Er:YAG seguido de ácido fosfórico a 35%. Observou-se que o grupo condicionado com laser mais ácido fosfórico apresentou a maior média de

resistência adesiva (13,61 MPa), enquanto o grupo condicionado com óxido de alumínio teve a menor média (3,12 MPa). O grupo condicionado com óxido de alumínio mais ácido fosfórico teve uma média de resistência de união (9,68 MPa) similar à obtida pelo condicionamento com ácido somente (10,55 MPa). Os condicionamentos com óxido de alumínio, e com laser mais ácido foram estatisticamente diferentes dos outros grupos. Os autores concluíram que embora os grupos condicionados com laser apresentassem resistência adesiva alta, este procedimento danifica consideravelmente os dentes. Assim, o condicionamento com ácido fosfórico e com SEP seriam as técnicas mais seguras para a colagem de braquetes. Afirmaram também que uma vez que o condicionamento com óxido de alumínio não proporciona resistência de união suficiente por si só, esta técnica tem que ser acompanhada da aplicação de ácido fosfórico a fim de obter melhores resultados.

#### 2.4 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE ESMALTE CONDICIONADA

Sabatoski et al. (2010) ressaltam que grande ênfase é dada aos tipos de condicionamento do esmalte, sistema adesivo e de braquetes nos trabalhos que avaliam a resistência adesiva; entretanto, pouca ou nenhuma atenção é dispensada às características da superfície do esmalte.

Várias pesquisas têm estudado quantitativa e qualitativamente o esmalte após o condicionamento com ácido fosfórico (Arcoria et al., 1993; Watari, 2005; Barkmeier et al., 2009; Loyola-Rodríguez et al., 2010; Sabatoski et al., 2010; Torres-Gallegos et al., 2012), no entanto, poucos são os trabalhos na literatura que avaliam a superfície do esmalte após o jateamento com óxido de alumínio (Olsen et al., 1997a; Waveren Hogervorst et al., 2000; Chung et al., 2001; Berk et al., 2008; Medhi et al. 2009;) ou após o condicionamento combinado de óxido de alumínio mais ácido fosfórico (Reisner et al., 1997; Berrios Quina; Toledo Porto Neto, 2001; Brosh et al., 2005).

Na pesquisa de Reisner et al. (1997) as superfícies vestibulares de 20 pré-molares foram condicionadas com diferentes técnicas: (1) jateamento com óxido de

alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 2-3 segundos a 6 mm de distância, (2) jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 2-3 segundos a 6 mm de distância mais ácido fosfórico a 37%, (3) leve desgaste com uma broca mais ácido fosfórico a 37%, e (4) polimento com pedra pomes seguido de ácido fosfórico a 37%. Logo após as superfícies serem condicionadas, três dentes por grupo foram submetidos a uma análise quantitativa da rugosidade por meio de um perfilômetro óptico de não contato, enquanto os 20 dentes foram analisados qualitativamente por meio do MEV. A partir dos resultados de rugosidade média (Ra), raiz quadrada da rugosidade média (Rq) e distância pico-vale, os autores concluíram que os diferentes condicionamentos do esmalte produziram graus comparáveis de rugosidade do esmalte, sem perda excessiva de esmalte.

Berrios Quina e Toledo Porto Neto (2001) utilizaram 60 terceiros molares hígidos para avaliar por meio de microscopia eletrônica de varredura as alterações morfológicas no esmalte após ter realizado preparos cavitários de classe I utilizando: brocas de carbide, jato de óxido de alumínio de 27  $\mu\text{m}$  e jato de óxido de alumínio mais ácido fosfórico a 37% por 60 segundos. Foram obtidas 60 microfotografias que foram submetidas a uma análise qualitativa visual. Foi avaliado o grau de irregularidades da superfície do esmalte para determinar a qualidade da retenção mecânica em função do tratamento recebido em cada grupo. Os autores concluíram que as superfícies de esmalte obtidas após o tratamento com broca de carbide e após o jateamento com óxido de alumínio apresentam um padrão irregular não apropriado para a união direta com resina composta. Enquanto, as superfícies tratadas com jato de óxido de alumínio associado ao condicionamento com ácido fosfórico geraram superfícies de esmalte com padrões tipo II e III de Silverstone et al. (1975) em maior quantidade do que o padrão de tipo I.

Com o objetivo de determinar a viabilidade do jateamento da superfície do esmalte e de restaurações como preparação para a colagem de tubos nos molares, Chung et al. (2001) avaliaram a rugosidade do esmalte de primeiros molares superiores e de superfícies de metal e de porcelana após condicionamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 10 segundos a 5 mm de distância e 99,54 psi de pressão de ar. O experimento teve dois grupos controle, constituídos por esmalte condicionado com ácido fosfórico a 36% por 15 segundos e esmalte sem nenhum

tipo de condicionamento. Foram avaliados 3 espécimes por grupo utilizando um perfilômetro. O parâmetro avaliado foi a rugosidade média (Ra) num comprimento de 2 mm. A média de Ra variou entre 0,39 a 1,20  $\mu\text{m}$ . A menor rugosidade correspondeu ao esmalte não condicionado. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre a rugosidade dos dentes condicionados com ácido fosfórico e as superfícies de metal e porcelana condicionadas com óxido de alumínio. A rugosidade do esmalte após jateamento foi significativamente mais elevada do que nos outros grupos avaliados, o que segundo os autores, indica que o jateamento com óxido de alumínio produz um macroetching, enquanto o condicionamento com ácido fosfórico produz o microetching do esmalte.

Brosh et al. (2005) utilizaram 4 pré-molares para avaliar qualitativamente por meio do MEV a morfologia das superfícies vestibulares e linguais de pré-molares hígidos e 6 pré-molares para avaliar as alterações no esmalte vestibular e lingual após o condicionamento com ácido fosfórico a 37% (n=3) ou com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  mais ácido fosfórico (n=3). Os autores verificaram que o esmalte vestibular é mais rugoso do que o esmalte lingual e que a morfologia da superfície após os dois tipos de condicionamento mostrou um padrão diferente. Eles observaram que o ácido fosfórico produz, em ambas as superfícies, uma aparência granulada com microporosidades. No entanto, o ácido fosfórico dissolveu mais prismas na superfície vestibular do que na lingual. As superfícies vestibulares condicionadas com óxido de alumínio em combinação com ácido fosfórico tiveram aparência de ondas com pequenos poros enquanto o padrão das superfícies linguais foi semelhante àquele obtido nas superfícies linguais condicionadas com ácido fosfórico.

Berk et al. (2008) utilizaram 7 molares extraídos por razões periodontais para avaliar qualitativamente com o MEV a superfície do esmalte após diferentes condicionamentos: laser Er,Cr:YSGG com diferentes potências (0,5; 0,75; 1; 1,5 e 2 W), jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 10 segundos e a 65-70 psi de pressão, e ácido fosfórico a 38% por 15 segundos. No esmalte condicionado com laser a 0,5 W foram vistas somente cavitações pequenas. A irradiação com laser a 0,75 W revelou cavitações mais profundas do que no grupo irradiado com laser a 0,5 W, porém sem semelhança com os padrões de condicionamento descritos por Silverstone et al.



(1975). O laser de 1 W produziu um padrão de condicionamento tipo I, com um aspecto de favo de mel. O laser a 1,5 W também resultou em um padrão de tipo I, porém com mais microfissuras. A irradiação com laser a 2 W gerou um padrão tipo III com microfissuras. O padrão característico de tipo III com superfície áspera regular e espaços foi obtido com o procedimento de condicionamento ácido. O jateamento com óxido de alumínio não resultou num padrão de condicionamento típico descrito por Silverstone et al. (1975), no entanto produz algumas cavitações no esmalte. Os autores concluíram que o jateamento com óxido de alumínio e a irradiação com laser a 0,5 e 0,75 W não foram capazes de condicionar o esmalte nos padrões ideais.

Brauchli et al. (2011b) compararam a rugosidade do esmalte após diferentes procedimentos de colagem e descolagem. Para isso, utilizaram 42 incisivos bovinos que foram divididos aleatoriamente em três grupos e receberam diferentes condicionamentos do esmalte: (1) ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, (2) jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 2 segundos, 46,41 psi e a 5 mm de distância, e (3) jato de óxido de alumínio seguido de ácido fosfórico. Após a colagem dos braquetes, estes foram descolados com um alicate Weingart e os dentes de cada grupo divididos em dois subgrupos segundo a técnica utilizada para remover os resíduos de adesivo: (a) broca de carbono ou (b) jateamento com óxido de alumínio. A rugosidade foi avaliada em 5 áreas de 0,9  $\text{mm}^2$  em cada dente por meio de um microscópio a laser confocal. Concluíram que o método de condicionamento não tem influência significativa na superfície do esmalte após a descolagem.

Türköz e Ulusoy (2012) estudaram por meio do MEV as características do esmalte após a descolagem de braquetes colados com seis diferentes técnicas de condicionamento do esmalte: (1) ácido fosfórico a 35%, (2) self etching primer (SEP, Transbond Plus, 3M Unitek), (3) óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$ , (4) óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  mais ácido fosfórico a 35%, (5) laser Er:YAG e (6) laser Er:YAG seguido de ácido fosfórico a 35%. Examinaram um dente por grupo. Os resultados mostraram diferenças nas características da superfície dental nos seis grupos. Nos dentes condicionados com ácido fosfórico e com óxido de alumínio mais ácido fosfórico, os autores verificaram a presença de resina em toda a superfície do esmalte. No esmalte condicionado com SEP observou-se a presença de esporões

sobre os prismas de esmalte. A superfície condicionada com óxido de alumínio apresentou fraturas do esmalte, partículas de óxido de alumínio e pouca resina remanescente. O dente condicionado com laser teve ablação do esmalte, e o dente condicionado com laser mais ácido fosfórico teve regiões com resina remanescente, prismas de esmalte ásperos e fraturas do esmalte. Os autores acreditam que o condicionamento convencional do esmalte com ácido fosfórico e com SEP são os mais seguros para a colagem de braquetes.

# PROPOSIÇÃO

---

### 3 PROPOSIÇÃO

Após breve revisão da literatura e verificando que o condicionamento do esmalte com óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico é utilizado por alguns clínicos para aumentar a adesão dos braquetes nas faces linguais, propusemo-nos a:

1. Comparar a resistência de união de braquetes linguais colados pela técnica indireta e a interface de falha da colagem, após o condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  seguido da aplicação de ácido fosfórico a 37%;
2. Avaliar, quantitativa e qualitativamente, a superfície do esmalte lingual após o seu condicionamento com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  seguido de aplicação de ácido fosfórico a 37%.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

---

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

#### a) Elaboração dos modelos de trabalho

- Forma de silicone industrial
- Gesso especial tipo IV (Durone-Dentsply Ind. e. Com., RJ, Brasil)
- Moldeiras metálicas tipo Vernes (Tecnodent Ind. Com., SP, Brasil)
- Silicone de condensação (Zetaplus, ©Zhermack SpA, RO, Itália)
- Isolante (Cel-lac SS White, RJ, Brasil)

#### b) Colagem indireta

- Braquetes metálicos linguais de pré-molares STb™ (Ormco Corporation, CA, USA)
- Óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  (Danville, CA, USA)
- Resina Transbond XT (3M Unitek-Monrovia, CA, USA)
- Agulha de Gillmore de 453 gr.
- Aparelho fotopolimerizador LED com irradiância de 1100  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (Flash Lite 1401, Discus dental, CA, USA)
- Scaler
- Placas flexíveis de resina termoplástica de 1 mm de espessura (FGM Dental Products, SC, Brasil)
- Adesivo Sondhi Rapid Set (3M Unitek-Monrovia, CA, USA)

#### c) Condicionamento de esmalte

- Ácido fosfórico a 37% (Email Preparator Blue, Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)
- Óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  (Danville, CA, USA)
- Microjateador Bio-art (Dental Equipment Ltda., SP, Brasil)

- Dispositivo para padronizar a distância e ângulo de aplicação do jato de óxido de alumínio
- d) Elaboração dos corpos de prova
- Resina acrílica de polimerização química
  - Cilindros plásticos de 19,5 mm de diâmetro e 10 mm de altura
  - Dispositivo para padronização do posicionamento dos corpos de prova
  - Placa de vidro
  - Discos de carborundum
- e) Cálculo da área da base do braquete
- Software ImageLab 2000
  - Estereomicroscópio óptico com uma magnificação de 80X
- f) Determinação da resistência de união
- Máquina de ensaios mecânicos universal Kratos (Series KE, Equipamentos Industriais, SP, Brasil)
- g) Determinação do índice de resina remanescente (ARI)
- Estereomicroscópio óptico com uma magnificação de 70X
- h) Avaliação quantitativa e qualitativa do esmalte
- Microscópio a laser confocal (Leica DCM3D Dual Core 3D Measuring Microscope, Sensofar TECH,SL, España)
  - Microscópio Eletrônico de Varredura (LEO-430, LEO Eletron Microscopy Ltd, Cambridge, London)
- i) Análise estatística
- Software Bioestat 5.0 (Pará, Brasil)
  - Software IBM SPSS Statistics 20 for Windows

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Obtenção da amostra

A amostra foi constituída por cento e quatro pré-molares superiores. Oitenta pré-molares foram obtidos do Banco de Dentes da FOU SP e vinte e quatro por meio de doação livre e espontânea de pacientes que apresentaram indicação odontológica para as suas extrações após breve anamnese, visto que estes dentes deviam estar isentos de qualquer tratamento prévio em suas superfícies linguais.

Foi solicitada aos pacientes a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido e termo de doação de dentes. A pesquisa teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa - FOU SP (protocolo 51/11-CAAE-0057.0.017.000-11) (Anexos A e B).

Para fazer parte da amostra deste trabalho, todos os dentes foram examinados por meio de um estereomicroscópio óptico para verificar a ausência de resíduos de resina, cárie, fraturas, desgastes ou qualquer outro defeito ou tratamento em suas superfícies linguais.

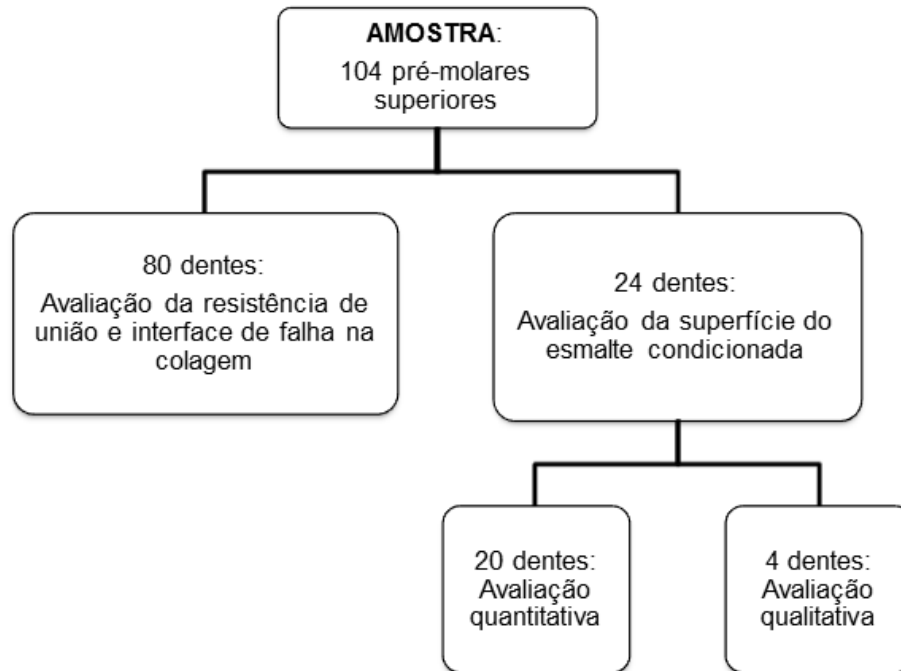
Os dentes foram limpos por meio de raspagem com curetas para a remoção de tecido periodontal e possíveis tártaros, e profilaxia com taça de borracha e pedra pomes em baixa rotação. Em seguida, foram armazenados em água destilada a temperatura ambiente até serem utilizados no experimento. Foi realizada a troca da água a cada sete dias para que não ocorresse a sua deterioração.

### 4.2.2 Distribuição da amostra

A pesquisa foi dividida em duas partes: (1) Avaliação da resistência de união e interface de falha na colagem de braquetes linguais colados indiretamente com



diferentes condicionamentos do esmalte e (2) Avaliação quantitativa e qualitativa do esmalte lingual condicionado. O quadro 4.1 demonstra a distribuição da amostra no experimento.



Quadro 4.1 – Distribuição da amostra no experimento

#### **4.2.3 Parte I: Avaliação da resistência de união e da interface de falha da colagem de braquetes linguais colados indiretamente em superfícies de esmalte condicionadas por meio de diferentes métodos**

##### **4.2.3.1 Modelo de trabalho**

Os pré-molares foram incluídos em uma forma de silicone industrial com gesso especial tipo IV (Durone- Dentsply Ind. e. Com. Petrópolis – RJ, Brasil) de forma tal que as faces linguais ficassem acima do gesso (Figura 4.1). Dois entalhes

em forma de V foram confeccionados com uma broca de laboratório em lados opostos da borda superior de cada espécime para permitir o posicionamento adequado das moldeiras de transferência nos corpos de prova em uma etapa posterior (Figura 4.2).



Figura 4.1 – Pré-molares incluídos em uma forma de silicone industrial com gesso especial tipo IV

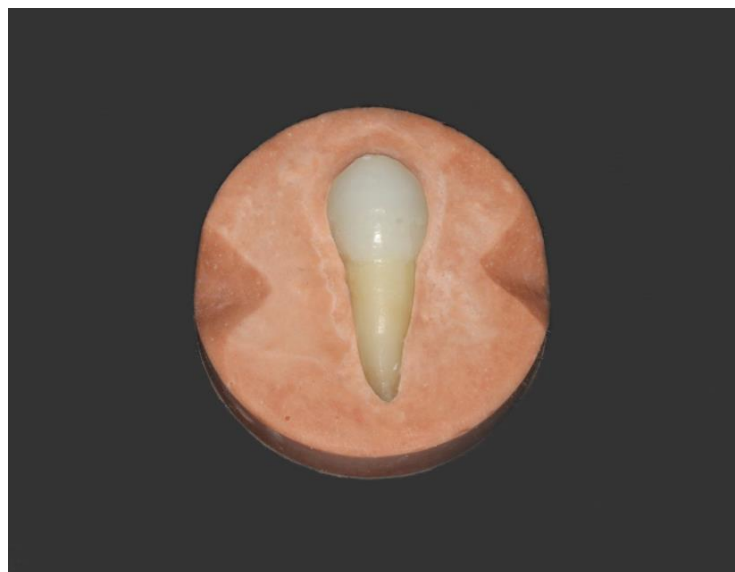


Figura 4.2 – Entalhes em forma de V para facilitar o posicionamento das moldeiras de transferência

Os espécimes foram moldados com moldeiras metálicas tipo Vernes (Tecnodont Ind. Com., SP, Brasil) e silicone de condensação (Zetaplus, ©Zhermack SpA, RO, Itália), e vazados com gesso especial tipo IV (Durone- Dentsply Ind. e. Com., Petrópolis - RJ, Brasil) para a construção do modelo de trabalho, de acordo com as instruções do fabricante.

Um período de 24 horas foi aguardado antes de iniciar as colagens sobre os modelos de trabalho. Após este tempo de espera para a desidratação dos modelos, uma camada de isolante (Cel-lac- SS White, RJ, Brasil) diluído em proporção de 1:1 com água foi aplicada sobre os modelos e foram aguardados 20 minutos para a sua secagem.

A malha metálica dos braquetes linguais de pré-molares STb™ (Ormco Corporation, CA, USA) foram jateados primeiramente com óxido de alumínio de 50 µm por 1 segundo para eliminar possíveis contaminações devido à manipulação manual. Em seguida, foram jateados com ar isento de óleo para a remoção de todo resíduo e pequena porção de resina Transbond XT (3M Unitek- Monrovia, CA, USA) foi aplicada e pressionada com espátula sobre a malha metálica dos braquetes. Uma segunda porção de resina Transbond XT foi aplicada e os braquetes foram posicionados no centro das faces linguais dos modelos de trabalho, e pressionados com uma força de 453 g perpendicularmente aos braquetes com o auxílio de uma agulha de Gillmore para padronizar a quantidade de resina entre a base do braquete e a superfície de esmalte (Figura 4.3). O excesso de resina foi removido perpendicularmente à base do braquete com o auxílio de um scaler, e a luz do aparelho fotopolimerizador LED (Flash Lite 1401, Discus dental, CA, USA) foi aplicada por 10 segundos em cada lado do braquete, a uma distância de 2 a 3 mm, totalizando 40 segundos. O LED teve a irradiância de 1100 mW/cm<sup>2</sup> aferida por um radiômetro a cada 20 braquetes.



Figura 4.3 – Utilização de uma agulha de Gillmore para padronizar a pressão para a colagem dos braquetes

#### 4.2.3.2 Método de transferência dos braquetes

Logo após a colagem dos braquetes nos modelos de trabalho, foram confeccionadas moldeiras de transferência utilizando placas flexíveis de resina termoplástica de 1 mm e uma máquina de vácuo (Figura 4.4). As moldeiras foram individualizadas e recortadas 3 mm embaixo da borda superior do modelo de trabalho, e os conjuntos modelos de trabalho-moldeiras de transferência foram mergulhados em água por 30 minutos para facilitar a remoção das moldeiras juntamente com os braquetes (Figura 4.5).

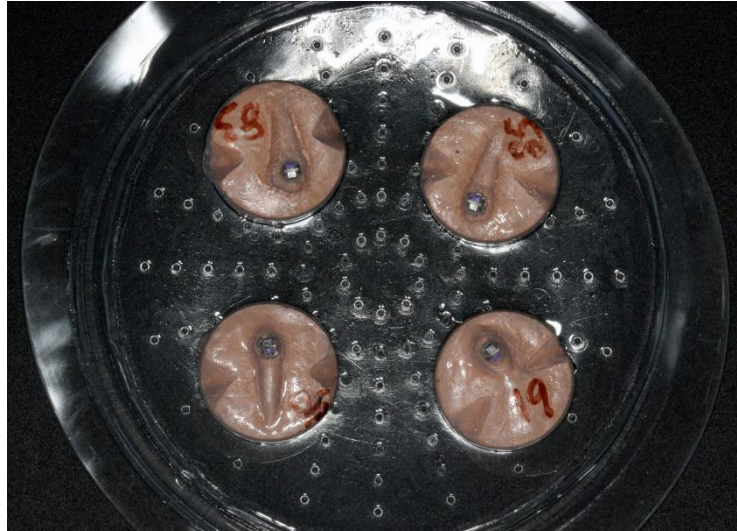


Figura 4.4 – Confeção de moldeiras de transferência



Figura 4.5 – Remoção da moldeira de transferência

As bases dos braquetes com resina foram novamente fotopolimerizadas por 20 segundos a uma distância de aproximadamente 2 mm da base. Em seguida, as bases individualizadas foram limpas por meio de aplicação de jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 1 segundo a 5 mm de distância, e jato de ar comprimido (Figura 4.6).

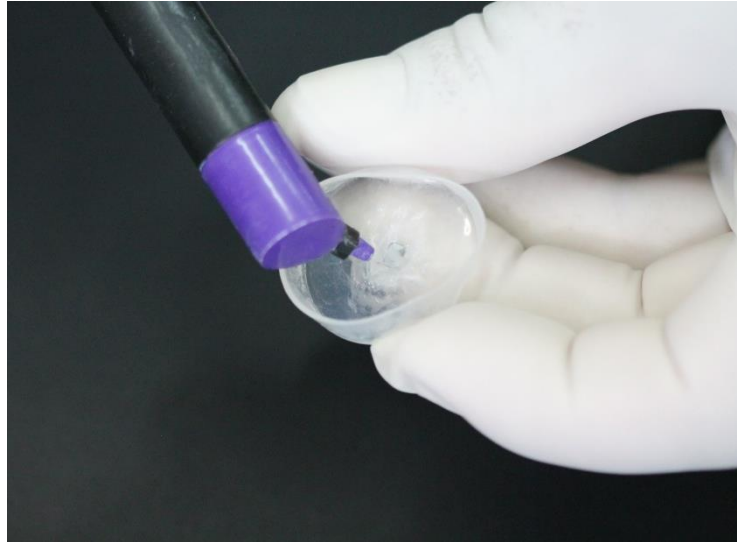


Figura 4.6 – Limpeza da base individualizada de resina com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$

#### 4.2.3.3 Condicionamento do esmalte

As superfícies linguais dos dentes foram higienizadas com pedra pomes usando taça de borracha por 10 segundos, lavadas com água por 10 segundos e secadas com ar comprimido isento de óleo. Os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos ( $n=20$ ), que receberam diferentes protocolos de condicionamento do esmalte antes da colagem indireta dos braquetes. No grupo 1 (grupo controle) foi aplicado ácido fosfórico a 37% (Email Preparator blue, Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) por 30 segundos, em seguida foram lavados por 30 segundos e secados com ar isento de óleo por 20 segundos; os grupos 2, 3 e 4 foram jateados com óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$ , respectivamente, por 3 segundos, a uma distância de 5 mm, perpendicularmente à face lingual, com uma pressão de 70 psi. Em seguida foi aplicado ácido fosfórico a 37% como descrito para o grupo 1.

O condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio nos grupos 2,3 e 4 foi realizado posicionando o espécime em um dispositivo especialmente desenhado para esta pesquisa (Figura 4.7). Os espécimes eram colocados sobre

uma rampa perpendicular ao bico do microjateador, em seguida a rampa era movimentada para frente, para trás, para cima ou para baixo a fim de deixar a face lingual de cada espécime perpendicular e a 5 mm de distância da ponta do microjateador (Figura 4.8).

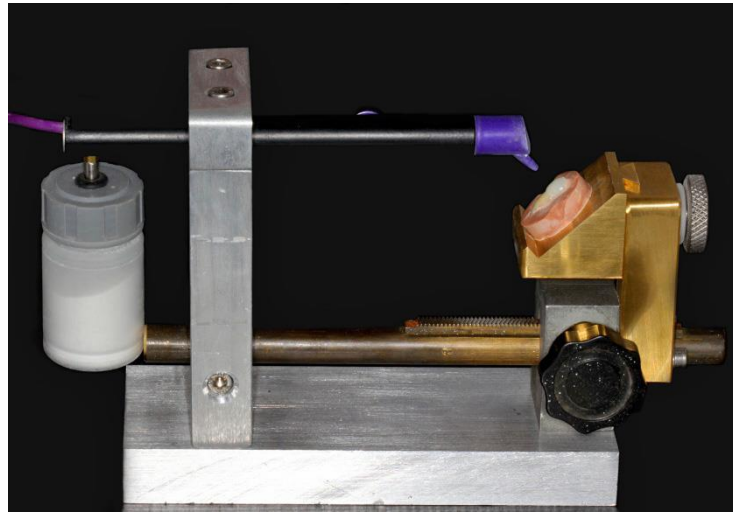


Figura 4.7 – Dispositivo desenvolvido para padronizar o condicionamento com jato de óxido de alumínio



Figura 4.8 – Posicionamento do centro da face lingual do espécime a 5 mm da ponta do microjateador

Uma vez posicionado o espécime no dispositivo, o condicionamento foi feito realizando pequenos movimentos circulares do espécime com o objetivo de garantir o jateamento de toda a face lingual (Figura 4.9).



Figura 4.9 – Movimentos circulares do espécime durante o jateamento com óxido de alumínio

#### 4.2.3.4 Colagem indireta

Para a colagem indireta dos braquetes foi utilizado o adesivo com carga Sondhi (3M Unitek-Monrovia, CA, USA), elaborado especialmente para este tipo de procedimento. Assim, uma fina camada do adesivo A foi aplicada sobre o esmalte previamente condicionado, e uma camada do adesivo B sobre as bases individualizadas de resina dos braquetes. A moldeira de transferência foi adaptada e ligeiramente pressionada aos dentes por 30 segundos, e removida após 2 minutos (Figura 4.10) de acordo com as instruções do fabricante. Após a colagem, os dentes foram armazenados em água destilada à temperatura ambiente por 24 horas até a realização da termociclagem.





Figura 4.10 – Colagem indireta dos braquetes

#### 4.2.3.5 Termociclagem

A termociclagem foi realizada com uma máquina de ciclagem térmica (Nova Ética-Ind. E Com. e Serviço Ltda, Várzea Grande Paulista-SP) de acordo com o seguinte protocolo: 500 ciclos nas temperaturas de 5°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) e 55°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) (Figura 4.11). Cada ciclo foi realizado por 20 segundos.



Figura 4.11 – Máquina de ciclagem térmica

#### 4.2.3.6 Corpo de Prova

Os dentes fixados em gesso para facilitar a moldagem e confecção dos modelos de trabalho, foram desincluídos do gesso e as raízes segmentadas com discos de carborundum.

Foram realizados orifícios retentivos nas faces vestibulares com brocas diamantadas em alta rotação. As coroas com os braquetes colados foram fixadas com resina acrílica em cilindros de plástico de 19,5 mm diâmetro e 10 mm de altura. Para que fosse possível que todas as bases dos braquetes ficassem perpendicularmente às paredes do cilindro, foi utilizado um dispositivo desenhado especialmente para esta pesquisa (Figuras 4.12 e 4.13).

Os corpos de prova ficaram armazenados por 48 horas em água destilada a temperatura ambiente até a avaliação da resistência à força de cisalhamento.

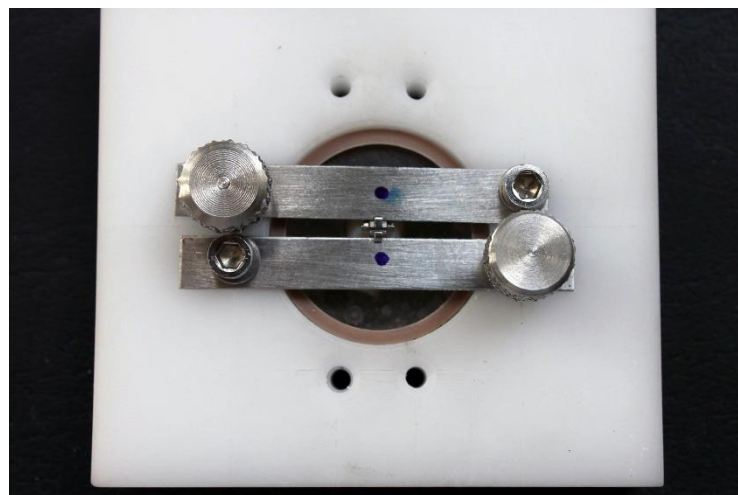


Figura 4.12 – Dispositivo utilizado para elaborar os corpos de prova



Figura 4.13 – Corpo de prova

#### 4.2.3.7 Avaliação da resistência de união

A máquina de ensaios mecânicos universal Kratos (Series KE, Equipamentos Industriais, SP, Brasil) foi utilizada para determinar a força máxima de cisalhamento necessária para que ocorra o descolamento do braquete. A célula de carga foi de 1 KN e a velocidade de 0,5 mm/minuto. O corpo de prova foi apreendido por uma base estabilizadora e a força foi aplicada paralelamente à base do braquete, na interface entre o dente e o braquete (Figuras 4.14 e 4.15). O valor da força máxima aplicada foi armazenado em Newtons e posteriormente dividido pela área da base do braquete ( $8,34 \text{ mm}^2$ ) para que os valores fossem convertidos em megapascais (MPa) e pudessem ser comparados com a maioria dos dados da literatura. Para o cálculo da área da base do braquete foi obtida, por meio de um estereomicroscópio óptico, uma imagem da base com um aumento de 80X, onde foi delimitado o perímetro da base e a área foi calculada com ajuda do software ImageLab 2000.



Figura 4.14 – Corpo de prova na máquina de ensaios mecânicos universal Kratos

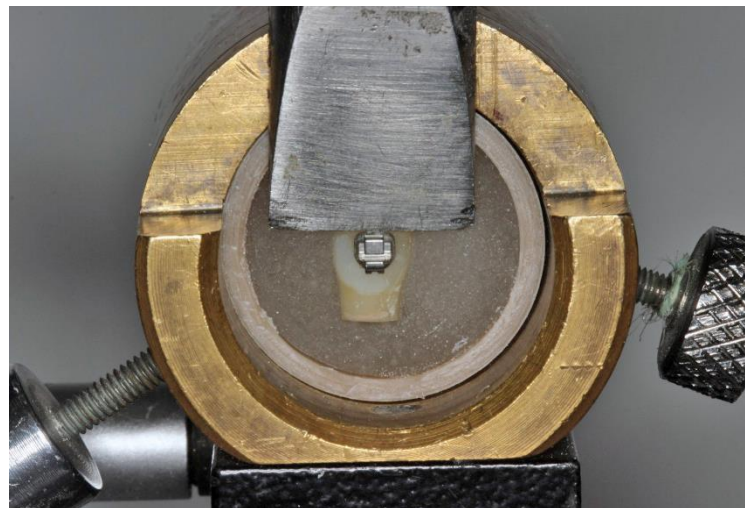


Figura 4.15 – Base do cinzel paralela à base do braquete, entre o esmalte e a base do braquete

#### 4.2.3.8 Avaliação da interface de falha da colagem

Após a descolagem dos braquetes, as superfícies linguais foram examinadas por meio de um estereomicroscópio óptico (modelo SZ40- Olympus, Tokyo, Japão) para determinar a interface de falha da colagem, utilizando-se o índice de resina remanescente (ARI) desenvolvido por Ärtun e Bergland (1984): 0= nenhuma resina na superfície do dente; 1= menos de 50% de resina remanescente; 2= mais de 50% de resina remanescente; 3= 100% de resina remanescente.

#### **4.2.4 Parte II: Avaliação da superfície do esmalte condicionada por meio de diferentes métodos**

O presente trabalho avaliou de modo qualitativo e quantitativo a superfície do esmalte após condicionamento combinado de jato de óxido de alumínio com diferentes diâmetros e ácido fosfórico a 37%, tendo como controle a superfície de esmalte preparada pelo sistema tradicional (ácido fosfórico a 37%). A avaliação quantitativa foi realizada com um microscópio a laser confocal e a avaliação qualitativa, com um microscópio eletrônico de varredura.

Para este objetivo, foram utilizados vinte e quatro pré-molares superiores que foram armazenados em água destilada a temperatura ambiente até o momento do experimento.

##### 4.2.4.1 Avaliação quantitativa do esmalte

A avaliação quantitativa do esmalte foi realizada por meio da medição da alteração da rugosidade (Ra) após os diferentes tipos de condicionamentos, com o auxílio de um microscópio a laser confocal (Leica DCM3D Dual Core 3D Measuring Microscope, Sensofar TECH,SL, España). Assim, foi necessária a medição da

rugosidade em dois momentos distintos: (T0) antes do condicionamento do esmalte e (T1) logo após o condicionamento do esmalte.

A rugosidade é definida como o conjunto de irregularidades, isto é, pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam a superfície e que podem ser avaliadas por meio de aparelhos eletrônicos (Sabatoski et al., 2010).

#### *4.2.4.1.1 Corpos de prova*

Vinte dentes foram incluídos com gesso especial tipo IV em formas retangulares de plástico, de modo que as faces linguais ficassem totalmente expostas.

#### *4.2.4.1.2 Avaliação da rugosidade em T0*

##### **a. Preparo da superfície de esmalte**

As superfícies linguais dos dentes foram higienizadas com pedra pomes usando taça de borracha por 10 segundos, lavadas com água por 10 segundos e secadas com ar comprimido isento de óleo.

##### **b. Obtenção das imagens**

Logo após, foram obtidas de cada corpo de prova, imagens de cinco áreas de  $0,3 \text{ mm}^2$  utilizando uma objetiva de 10X do microscópio a laser confocal. As áreas avaliadas foram escolhidas da seguinte forma: a primeira área correspondeu ao centro da face lingual, e as outras áreas foram definidas 0,8 mm à direita, 0,8 mm à

esquerda, 0,8 mm acima e 0,8 mm abaixo, todas em relação ao centro da primeira área selecionada (centro da face lingual) (Figura 4.16).

Com o objetivo de se conseguir reproduzir o mesmo posicionamento dos corpos de prova no microscópio e as medições das mesmas áreas em momentos diferentes, foi utilizada uma placa metálica com um recorte central em forma de “L”, que era acoplada à base motorizada do microscópio. Os corpos de prova eram encostados no “L” e a base motorizada levada à posição zero antes de cada leitura (Figuras 4.17 e 4.18). As coordenadas nos eixos X e Y das áreas avaliadas em T0 foram registradas para reproduzir a leitura dos mesmos locais após o condicionamento do esmalte (T1).

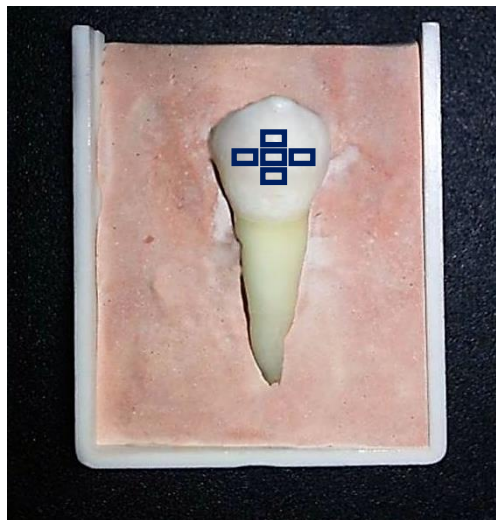


Figura 4.16 – Corpo de prova com as cinco áreas avaliadas

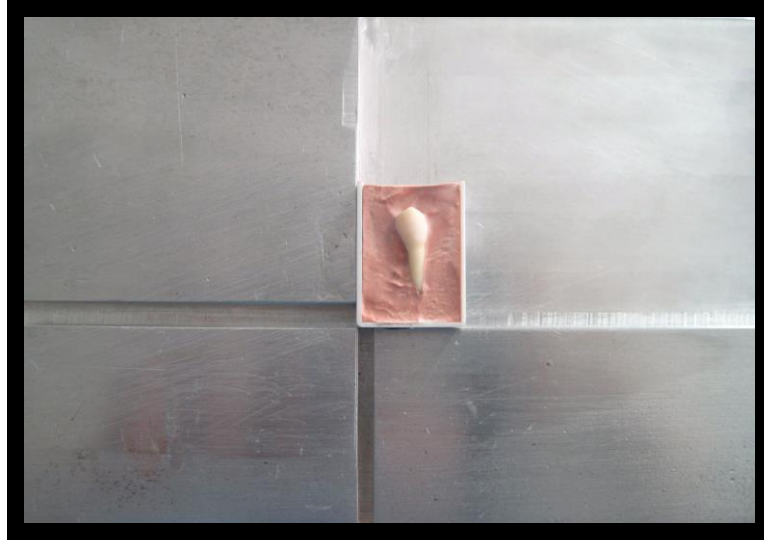


Figura 4.17 – Corpo de prova encostado no “L” da placa metálica

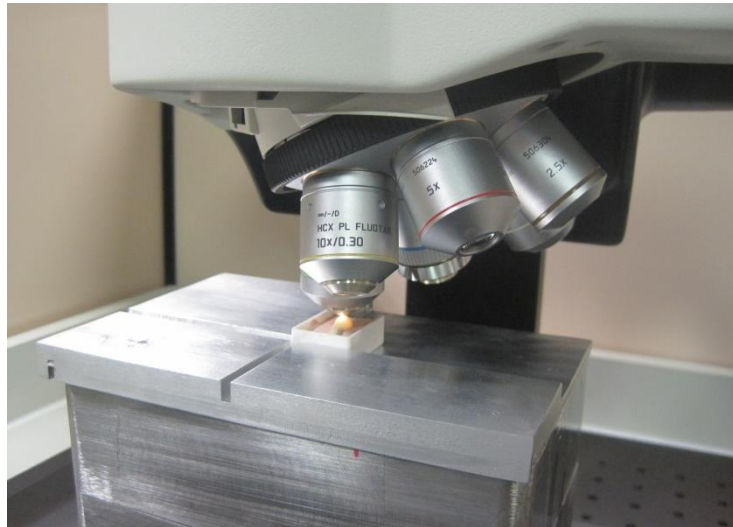


Figura 4.18 – Placa metálica acoplada à base motorizada do microscópio

As imagens obtidas foram salvas e posteriormente analisadas para determinar quantitativamente a rugosidade (Ra).



### c. Medição da rugosidade

As mensurações da rugosidade foram realizadas em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) com o programa Leica Map DCM 3D avaliando-se cinco linhas horizontais e cinco linhas verticais, totalizando 10 linhas para cada área, e 50 linhas para cada dente (Figura 4.19). Os valores das 50 linhas foram ponderados para obter o valor de Ra médio representativo de cada dente em T0.

O parâmetro de rugosidade analisado foi a rugosidade média (Ra), que é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento, dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição (Sabatoski et al., 2010).

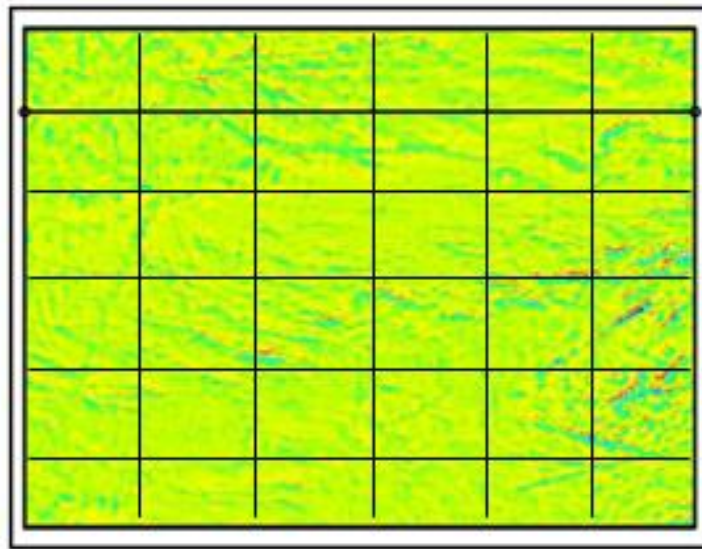


Figura 4.19 – Medição do Ra em uma área de  $0,3 \text{ mm}^2$  com o programa Leica Map DCM 3D

#### 4.2.4.1.3 Avaliação da Rugosidade em T1

##### **a. Preparo da superfície de esmalte: condicionamento**

Os corpos de prova avaliados em T0 foram divididos aleatoriamente em 4 grupos (n=5) para a realização de diferentes tipos de condicionamento do esmalte e avaliação de suas superfícies por meio do microscópio a laser confocal.

No grupo 1 (grupo controle) foi aplicado ácido fosfórico a 37% (Email preparator blue, Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) por 30 segundos, em seguida foram lavados por 30 segundos e secados com ar isento de óleo por 20 segundos; os grupos 2, 3 e 4 foram jateados com óxido de alumínio de 27, 50 e 90 µm, respectivamente, por 3 segundos, a uma distância de 5 mm, perpendicularmente à face lingual, com uma pressão de 70 psi. Em seguida, foi aplicado ácido fosfórico a 37% como descrito para o grupo 1.

##### **b. Obtenção das imagens**

Após o condicionamento das faces linguais, foram obtidas novas imagens das cinco áreas avaliadas em T0 em cada um dos dentes. Para reproduzir o posicionamento e obter as imagens das mesmas áreas que cada um dos corpos de prova tiveram em T0, estes foram encostados na placa metálica com recorte em "L", a base motorizada do microscópio foi levada à posição zero e os valores das coordenadas dos eixos X e Y salvos em T0 foram repetidos. Assim, conseguimos reproduzir o posicionamento dos corpos de prova no microscópio nos dois momentos distintos.

### **c. Medição da rugosidade**

As mensurações da rugosidade foram realizadas com o programa Leica Map DCM 3D, da mesma maneira à realizada em T0, obtendo-se ao final o valor de Ra médio representativo de cada dente em T1.

#### *4.2.4.1.4 Avaliação quantitativa do esmalte após diferentes condicionamentos*

A avaliação quantitativa do esmalte foi realizada pela quantidade de alteração da rugosidade média de cada dente após os diferentes condicionamentos. Desta forma, utilizou-se o resultado da diferença entre o valor médio de Ra em T0 e de Ra em T1.

#### *4.2.4.2 Avaliação qualitativa do esmalte*

O microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO-430, LEO Electron Microscopy, Cambridge, London) foi utilizado para a avaliação qualitativa.

Como preparo para a análise em microscópio eletrônico de varredura, as raízes dos quatro dentes foram segmentadas com discos de carborundum e as faces vestibulares planificadas em uma máquina politriz com lixa d'água para facilitar posteriormente o posicionamento das coroas nos suportes metálicos. Em seguida, cada uma das faces linguais recebeu um condicionamento do esmalte diferente: (1) ácido fosfórico a 37%, (2, 3 e 4) óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$ , respectivamente, mais ácido fosfórico a 37%. Os espécimes foram desidratados com concentrações crescentes de etanol, fixados em suportes metálicos (Figura 4.20) e metalizados por deposição de uma fina camada de ouro equivalente a 10 nm com o aparelho Bal-Tec SDC 050, para buscar aumento da refletividade da superfície (Figura 4.21). A obtenção das imagens foi realizada com um aumento de 2,50 KX.

As imagens obtidas no MEV foram submetidas a uma análise qualitativa visual para verificar os aspectos morfológicos ocorridos na superfície de esmalte de acordo com o tipo de condicionamento recebido.

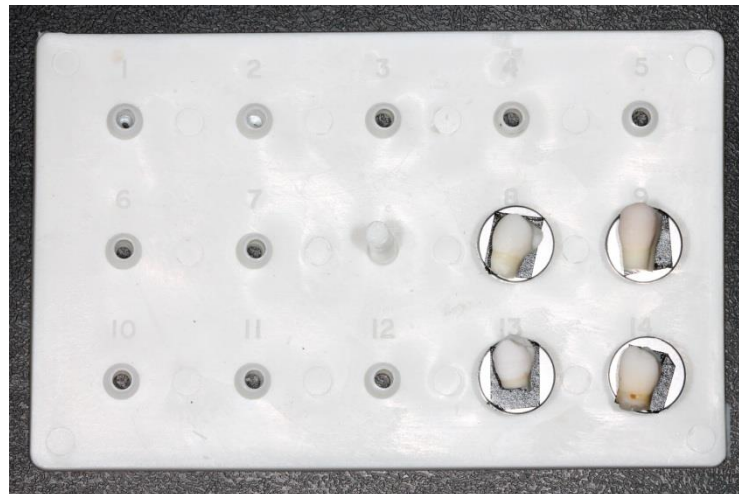


Figura 4.20 – Espécimes fixados em suportes metálicos prontos para serem metalizados



Figura 4.21 – Espécimes metalizados

#### **4.2.5 Análise estatística**

Todos os dados obtidos foram armazenados e avaliados estatisticamente, adotando-se nível de significância de 5% ( $p=0,05$ ). O Software SPSS for Windows (SPSS, Chicago, Illinois) e BioEstat 5.0 (Pará, Brasil) foram utilizados para a análise.

#### ***Erro do método***

Na segunda parte da pesquisa correspondente à avaliação quantitativa da superfície do esmalte, foi realizado o cálculo do erro do método das medidas de rugosidade.

Trinta dias depois de obtidas as imagens iniciais (T0) da superfície do esmalte com o microscópio a laser confocal, 20% da amostra ( $n=4$ ) foi examinada novamente. As medidas iniciais de Ra foram comparadas às medidas repetidas utilizando o coeficiente de correlação intraclassa (CCI).

#### ***Análise descritiva***

Foram estimadas medidas de tendência central e de dispersão das variáveis quantitativas (resistências de união e rugosidade): média, desvio padrão e valores mínimo e máximo; e distribuição de frequências da variável qualitativa ordinal ARI.

#### ***Avaliação da normalidade***

Foi avaliada a normalidade das variáveis quantitativas: resistência de união e rugosidade com o teste de Shapiro-Wilk.

### ***Avaliação da resistência de união e avaliação quantitativa da alteração da superfície de esmalte***

Foi utilizado o teste ANOVA de um critério com o teste post hoc de Tukey para comparar as diferenças entre os diferentes grupos.

### ***Avaliação do índice de resina remanescente***

O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para avaliar as diferenças nos índices de resina remanescente entre os grupos.

## **RESULTADOS**

---

## 5 RESULTADOS

### 5.1 RESISTÊNCIA DE UNIÃO

As medidas de tendência central e de dispersão da resistência de união dos diferentes grupos estão representadas na tabela 5.1.

Para a verificação da aplicabilidade do teste ANOVA de um critério, efetuou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a distribuição dos dados. Após ter verificado a distribuição normal dos dados de resistência de união, o teste ANOVA foi aplicado para avaliar as diferenças entre as médias de resistência de união.

No nível de significância de 5%, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as médias de resistência de união dos quatro grupos (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Medidas de tendência central e dispersão da resistência de união segundo o grupo

<b>Grupos Avaliados</b>	<b>Média* (MPa)</b>	<b>DP</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
G1 Ácido fosfórico	22,7	5,8	13,5	33,6
G2 Óxido de alumínio 27µm + ácido fosfórico	25,0	4,6	17,1	30,5
G3 Óxido de alumínio 50µm + ácido fosfórico	23,1	5,0	15,2	31,5
G4 Óxido de alumínio 90µm + ácido fosfórico	22,2	5,9	13,4	32,6

\* $p=0,3843$



## 5.2 ÍNDICE DE RESINA REMANESCENTE (ARI)

A tabela 5.2 apresenta a distribuição das pontuações do ARI de acordo com os grupos. A maioria dos espécimes nos grupos 1, 2 e 3 tiveram pontuações 3, enquanto no grupo 4 a maioria dos espécimes evidenciou pontuação de ARI 1; no entanto, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as pontuações do ARI.

Tabela 5.2 – Distribuição das pontuações do Índice de Resina Remanescente (ARI) segundo o grupo

Grupos Avaliados	Pontuações do ARI			
	0 % (n)	1 % (n)	2 % (n)	3 % (n)
G1 Ácido Fosfórico	15 (3)	30 (6)	5 (1)	50 (10)
G2 Óxido de alumínio 27 $\mu$ m + ácido fosfórico	0 (0)	35 (7)	25 (5)	40 (8)
G3 Óxido de alumínio 50 $\mu$ m + ácido fosfórico	5 (1)	40(8)	5 (1)	50 (10)
G4 Óxido de alumínio 90 $\mu$ m + ácido fosfórico	0 (0)	55 (11)	20 (4)	25 (5)

$p=0,6849$

### 5.3 RUGOSIDADE

#### 5.3.1 Avaliação quantitativa da rugosidade do esmalte após diferentes condicionamentos

##### Erro do método

Devido à intenção de se medir a rugosidade da mesma região em dois diferentes momentos (antes e após o condicionamento do esmalte) neste trabalho, foi necessária a avaliação da reprodutibilidade do método. Assim, a avaliação das medidas obtidas em dois tempos (inicial e 30 dias após), foi realizada por meio do coeficiente de correlação intraclassa (CCI). O resultado do CCI foi de 0,932; evidenciando excelente reprodutibilidade do método para os objetivos deste estudo (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 – Avaliação da reprodutibilidade do método: coeficiente de correlação intraclassa

	<b>Média Ra (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>DP</b>	<b>CCI</b>	<b>IC 95%</b>
Medidas iniciais	0,1172	0,100	0,932	(0,910 - 0,948)
Medidas repetidas	0,1167	0,080		

### Incremento da Rugosidade (Ra)

Foram obtidas as médias de Ra em T0 e em T1 de cada um dos dentes avaliados. Os valores de Ra médios obtidos em T0 foram subtraídos dos valores obtidos em T1 para determinar o incremento de Ra de cada dente após os diferentes condicionamentos do esmalte.

Efetou-se o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a distribuição da variável incremento de rugosidade. Após ter verificado que os dados apresentaram distribuição normal aplicou-se o teste ANOVA de um critério, que evidenciou que não existem diferenças estatísticas significativas no incremento de rugosidade entre os quatro tipos de condicionamento de esmalte avaliados.

Na tabela 5.4 encontram-se a média, desvio padrão e valores mínimo e máximo do incremento de rugosidade após os diferentes condicionamentos do esmalte.

Tabela 5.4 - Comparação do incremento de rugosidade (Ra) após diferentes condicionamentos do esmalte

<b>Grupos Avaliados</b>	<b>Média* (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>DP</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
G1 Ácido fosfórico	0,034	0,033	0,004	0,086
G2 Óxido de alumínio 27 $\mu\text{m}$ + ácido fosfórico	0,065	0,050	0,006	0,132
G3 Óxido de alumínio 50 $\mu\text{m}$ + ácido fosfórico	0,071	0,061	0,008	0,153
G4 Óxido de alumínio 90 $\mu\text{m}$ + ácido fosfórico	0,049	0,061	0,045	0,125

\* $p=0,6742$

### 5.3.2 Avaliação qualitativa do esmalte após diferentes condicionamentos

As imagens obtidas no MEV com um aumento de 2,50 KX foram submetidas a uma análise qualitativa visual para verificar os aspectos morfológicos ocorridos na superfície de esmalte de acordo com o tipo de condicionamento recebido.

Na imagem do esmalte condicionado com ácido fosfórico, observam-se irregularidades superficiais. O padrão de condicionamento corresponde-se com o tipo III de Silverstone et al. (1975) onde ocorre a combinação dos padrões tipo I e tipo II sozinhos ou associados a zonas onde não ocorreram alterações na morfologia dos prismas (Figura 5.1).

Ao analisar as imagens correspondentes ao esmalte condicionado com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  mais ácido fosfórico, verificam-se padrões similares de condicionamento, bastante uniformes com superfícies com textura áspera e irregular pela presença de múltiplas elevações com diferentes alturas e bordas arredondadas. Pode se observar o centro dos prismas de esmalte intacto e a periferia removida, o que corresponde a um padrão tipo II de Silverstone et al. (1975) (Figuras 5.2, 5.3 e 5.4).

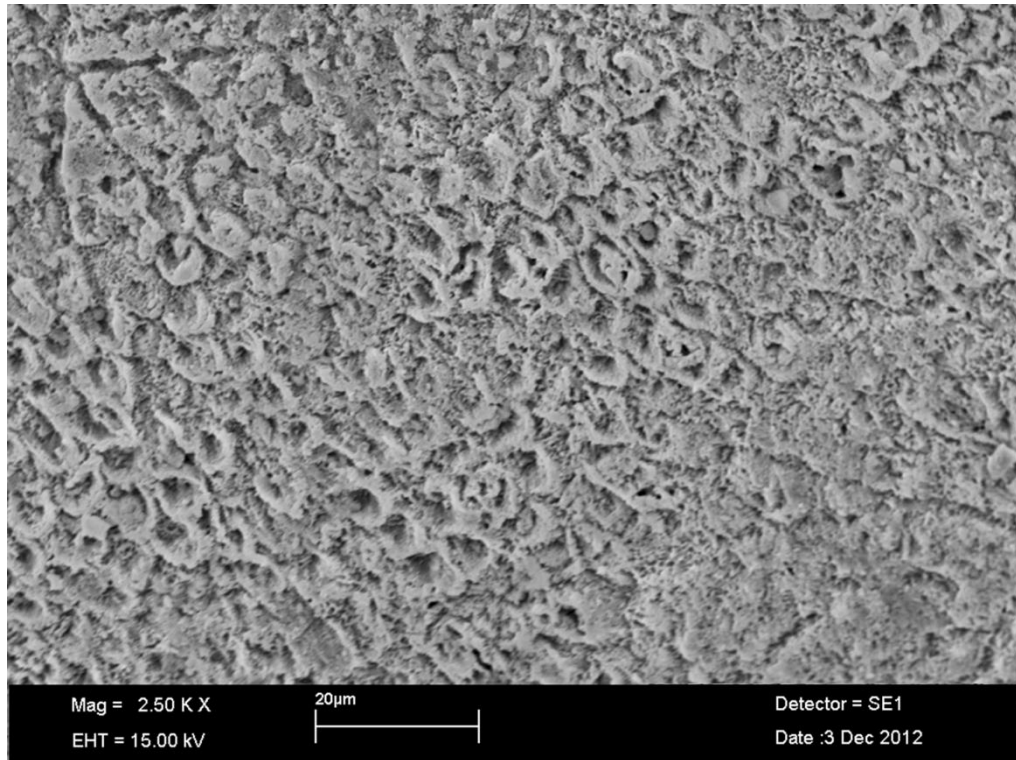


Figura 5.1 – Superfície do esmalte condicionada com ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX

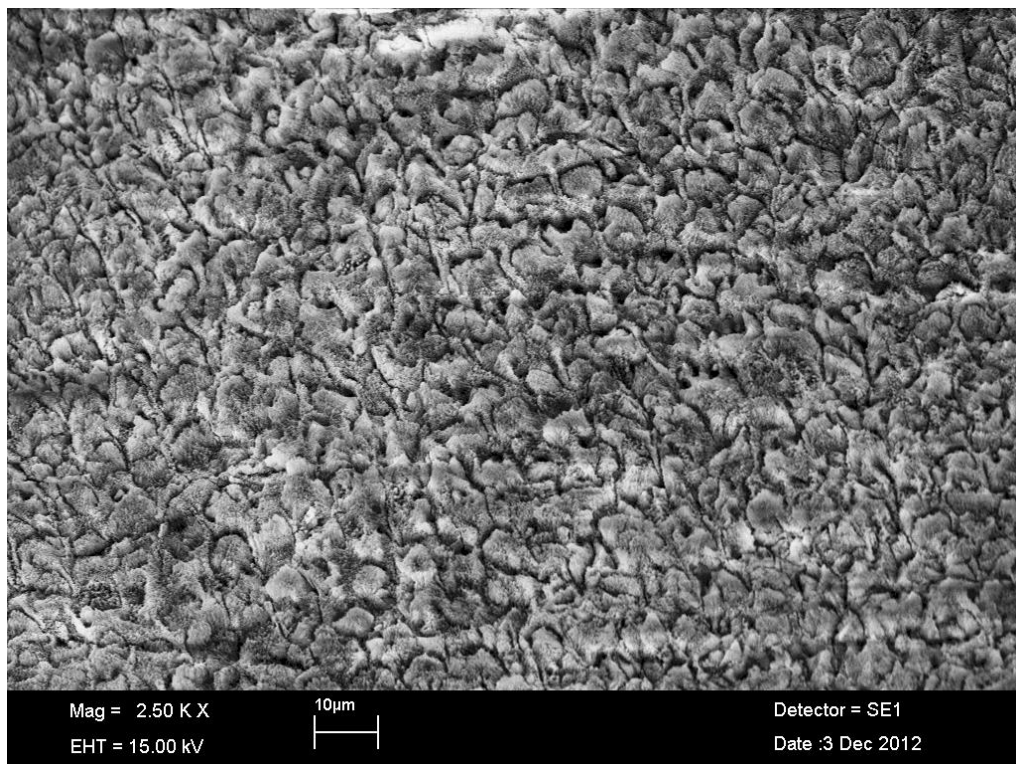


Figura 5.2 – Superfície do esmalte condicionada com jato de óxido de alumínio de 27 µm e ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX

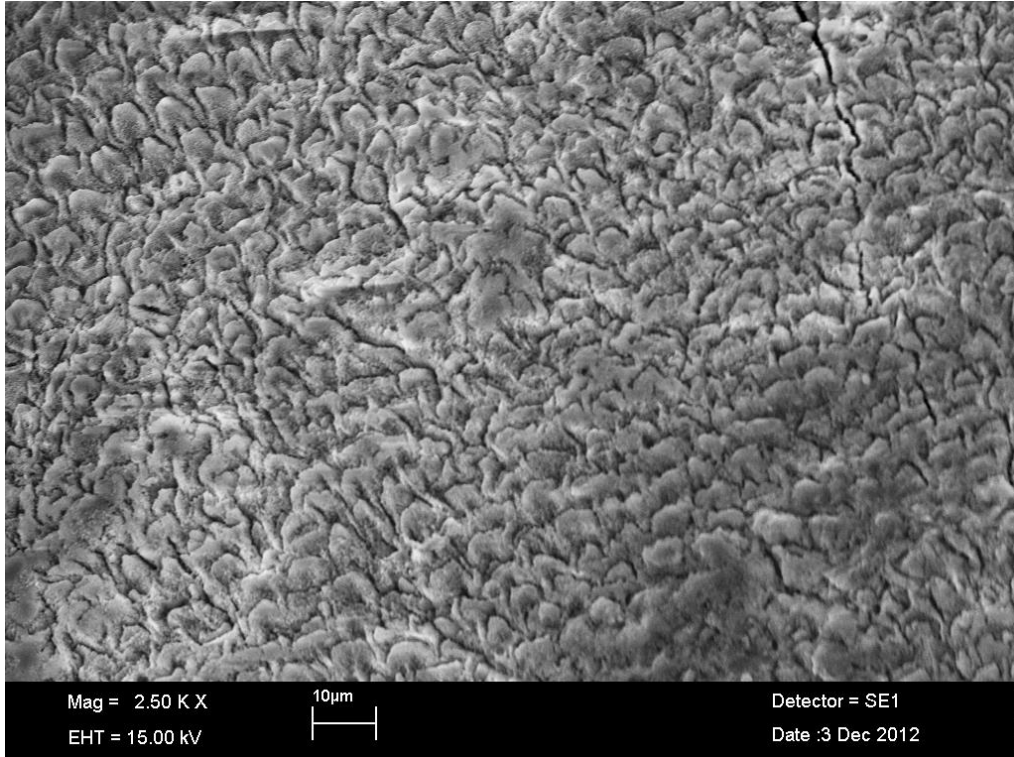


Figura 5.3 – Superfície do esmalte condicionada com jato de óxido de alumínio de 50 µm e ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX

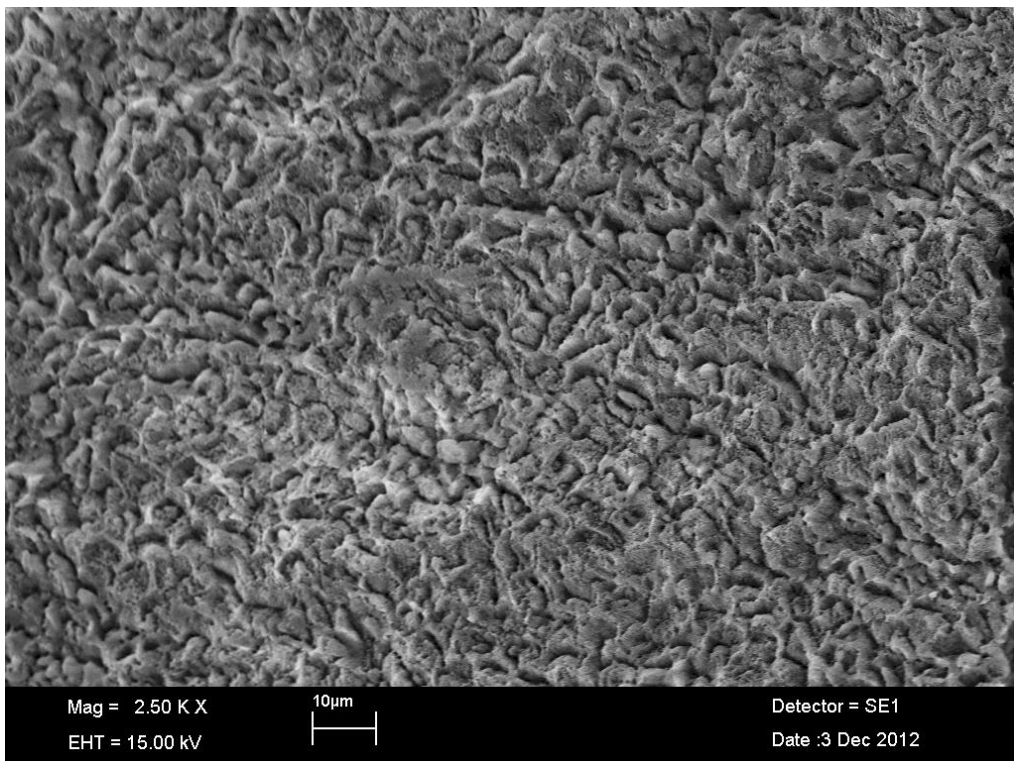


Figura 5.4 – Superfície do esmalte condicionada com jato de óxido de alumínio de 90 µm e ácido fosfórico a 37%. Aumento de 2,50 KX

## **DISCUSSÃO**

---

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 PROPOSIÇÃO

Diversas pesquisas têm estudado o condicionamento do esmalte com um método combinado de jato de óxido de alumínio e ácido fosfórico (Reisner et al., 1997; Canay et al., 2000; Wiechmann, 2000; Brosh et al., 2005; Miles, 2008; Brauchli et al., 2010; Brauchli et al., 2011b; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012), porém esses estudos não verificaram o efeito dos diferentes tamanhos de partículas de óxido de alumínio, nem avaliaram a superfície do esmalte antes e logo após o condicionamento, o que seria fundamental na busca de um sistema de adesão apropriado. Além disso, os resultados são controversos e os protocolos de aplicação do jato (tamanho de partícula, distância, angulação, pressão e tempo) também mostraram-se bastante variados. A partir destas constatações emergiu o interesse em se avaliar alguns aspectos sobre o condicionamento do esmalte com jato de óxido de alumínio associado à aplicação de ácido fosfórico a 37%, utilizando diferentes tamanhos de partículas (27, 50 e 90  $\mu\text{m}$ ).

Propusemo-nos a avaliar o efeito do condicionamento com óxido de alumínio seguido de ácido fosfórico como alternativa para melhorar a resistência de união de braquetes linguais, porque a queda de braquetes durante o tratamento com a consequente necessidade de recolagem indireta ainda constituem limitações consideráveis para a Ortodontia lingual (Wiechmann, 2000; Cal-Neto et al., 2011). Em relação a este aspecto, Wiechmann (2000) mencionou que devido aos transtornos causados pelas falhas nas colagens uma das preocupações de todos os tratamentos linguais deveria ser o de conseguir a melhor adesão possível entre o braquete e o dente. Além disso, verificamos na literatura a indicação do jateamento do esmalte com óxido de alumínio antes do condicionamento ácido (Fillion, 1999; Wiechmann, 2000) como parte do protocolo de colagem de braquetes linguais. Portanto, consideramos necessário avaliar o efeito deste tipo de condicionamento na



colagem indireta de braquetes linguais, já que os resultados permitiriam aprimorar os procedimentos de colagem, fazendo com que o tratamento lingual se tornasse cada vez mais custo-efetivo, e aumentaria a probabilidade de que mais ortodontistas integrassem esta alternativa terapêutica na prática ortodôntica rotineira.

## 6.2 METODOLOGIA

No presente estudo foi empregada a técnica de colagem indireta de Thomas devido ao fato da maioria dos protocolos atuais de colagem indireta estarem baseados no método introduzido por esse autor (Thomas, 1979). Ademais, nos últimos anos inúmeros estudos sobre colagem indireta têm utilizado esta técnica (Milne et al., 1989; Sondhi, 1999; Klocke et al., 2003; Miles; Weyant, 2005; Linn et al., 2006; Tortamano et al., 2007; Thompson et al., 2008).

Ao longo dos anos, a técnica de Thomas tem sido refinada e variações têm sido descritas (Sondhi, 1999; Wiechmann, 2000; Klocke et al., 2003; Miles; Weyant, 2005; Buso-Frost; Fillion, 2006; Linn et al., 2006; Fortini et al., 2007; Kalange; Thomas, 2007; Pellan, 2007; Thompson et al., 2008; Wendl et al., 2008; Cal-Neto et al., 2011); no entanto os passos básicos continuam sendo os mesmos. Fillion (1999) ressalta que para obter uma colagem indireta bem sucedida, cada passo da técnica deve ser realizado com grande cuidado e precisão, evitando complexidades desnecessárias. Desta forma, cada um dos materiais e métodos empregados no procedimento de colagem indireta foi selecionado de acordo com o descrito na literatura (Olsen et al., 1997a; Klocke et al., 2003; Thompson et al., 2008; Kanashiro et al., 2012) e após a realização de um estudo piloto onde foi testada a metodologia proposta.

Um ponto relevante da metodologia é a tentativa de padronização da espessura das bases individualizadas de resina durante a colagem dos braquetes nos modelos de trabalho. Neste estudo esta padronização foi realizada mediante a utilização de uma agulha de Gillmore. Quantidades diferentes de resina na

construção das bases individualizadas dos braquetes durante o processo de colagem indireta podem afetar a força adesiva dos braquetes (Chumak et al., 1989; Olsen et al., 1997a; Cal-Neto et al., 2011). Além disso, como o tamanho e a anatomia da face lingual dos pré-molares inferiores requerem uma quantidade diferente de resina para as bases individualizadas quando comparada à necessária para os pré-molares superiores (Cal-Neto et al., 2011), apenas estes últimos foram utilizados nesta investigação.

Outro detalhe metodológico importante refere-se à limpeza das bases individualizadas de resina dos braquetes antes da colagem indireta nos dentes, que nesta investigação foi realizada segundo o sugerido por Klocke et al. (2003) e Thompson et al. (2008), por meio de jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  por 1 segundo. Diversos métodos de limpeza das bases individualizadas dos braquetes antes da colagem têm sido propostos na literatura (Wiechmann, 2000; Klocke et al., 2003; Miles; Weyant, 2005; Linn et al., 2006; Thompson et al., 2008; Cal-Neto et al., 2011; Kanashiro et al., 2012); não obstante, Kanashiro et al. (2012) não encontraram diferenças na resistência de união de braquetes colados indiretamente quando testaram os quatro métodos de limpeza mais frequentemente utilizados: óxido de alumínio, metilmetacrilato, acetona e detergente. Desta forma, os autores recomendaram aos ortodontistas o emprego do método mais conveniente.

Waveren Hogervorst et al. (2000) e Medhi et al. (2009) verificaram que pode-se ajustar a profundidade das irregularidades obtidas no esmalte com o jateamento de óxido de alumínio por meio de variações na pressão, no tempo, na distância e no ângulo de aplicação. Deste modo, um ponto fundamental a ser discutido é o protocolo de jateamento utilizado no presente estudo. Diversos protocolos de jateamento do óxido de alumínio têm sido descritos na literatura (Black, 1945; Zachrisson; Buyukyilmaz, 1993; Goldstein; Parkins, 1994; Olsen et al., 1997a; Reisner et al., 1997; Mulcahey et al., 1999; Canay et al., 2000; Waveren Hogervorst et al., 2000; Chung et al., 2001; Brosh et al., 2005; Berk et al., 2008; Miles, 2008; Medhi et al., 2009; Brauchli et al., 2010; Halpern; Rouleau, 2010; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012). Os estudos reportam tempos de jateamento que variam desde menos de 1 segundo (Halpern; Rouleau, 2010) até 30 segundos (Olsen et al., 1997a) e distâncias de aplicação

entre 1mm (Berk et al., 2008; Medhi et al., 2009) a 21 mm (Halpern; Rouleau, 2010). A pressão de ar utilizada nas pesquisas também é heterogênea (Olsen et al., 1997a; Reisner et al., 1997; Mulcahey et al., 1999; Canay et al., 2000; Chung et al., 2001; Brosh et al., 2005; Berk et al., 2008; Medhi et al., 2009; Halpern; Rouleau, 2010; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012); no entanto, a mais empregada é em torno de 65 a 70 psi (Reisner et al., 1997; Berk et al., 2008; Halpern; Rouleau, 2010; Cal-Neto et al., 2011; Türköz; Ulusoy, 2012). O ângulo de aplicação é o parâmetro menos descrito na literatura; três pesquisas mencionam que o jato de óxido de alumínio foi aplicado perpendicularmente à superfície do esmalte (Mulcahey et al., 1999; Waveren Hogervorst et al., 2000; Türköz; Ulusoy, 2012), enquanto Canay et al. (2000) e Suma et al. (2012) realizaram o jateamento com um ângulo de 45°. No presente estudo, o jateamento foi realizado durante 3 segundos, a uma distância de 5 mm, com uma pressão de ar de 70 psi e perpendicular à superfície do esmalte. Este protocolo foi estabelecido baseado na revisão da literatura, imaginando uma situação clínica e também após a realização de um estudo piloto, que teve o objetivo de identificar as alterações morfológicas na superfície do esmalte lingual de pré-molares após jateamento com óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  com diferentes combinações de tempo, distância e pressão de ar. Vale ressaltar que a realização do jateamento de acordo com o protocolo proposto foi possível devido a utilização de um dispositivo desenvolvido para este experimento e que permitiu posicionar a face lingual de cada espécime perpendicularmente à ponta do microjateador e a 5 mm de distância.

Embora acreditemos que o estudo *in vitro* seja importante e necessário para a validação de diversos procedimentos na Odontologia, devemos considerar que vários fatores que podem afetar a colagem de braquetes em pacientes são difíceis de reproduzir em laboratório, e conseqüentemente este estudo *in vitro* não pode representar totalmente a situação clínica. No interior da cavidade bucal, os braquetes colados estão sujeitos à umidade e variações da temperatura, que podem promover tensões sobre o adesivo e os braquetes, e podem influenciar a resistência de união (Brauchli et al., 2011a). Desta forma, os corpos de prova foram submetidos à termociclagem a fim de permitir uma melhor aproximação da situação intraoral. Outra questão que devemos analisar diz respeito ao ensaio mecânico. Nesta

pesquisa, a máquina de ensaios mecânicos mediu a força de cisalhamento requerida para descolar os braquetes; entretanto, na cavidade oral, podemos encontrar uma combinação de forças de cisalhamento, tração e/ou torção. Além disso, a carga deste ensaio *in vitro* foi aplicada de modo estático, aumentando de forma constante, enquanto as forças *in vivo* surgem de forma abrupta e flutuam ou apresentam-se de modo cíclico (cargas dinâmicas). Conseqüentemente, é provável que a resistência de união observada *in vitro* seja maior do que aquela que acontece *in vivo* (Vijayakumar et al., 2010). Apesar destas limitações, consideramos que as pesquisas *in vitro* ainda sejam necessárias, visto que proporcionam informações que não poderiam ser obtidas *in vivo*, tal como a avaliação da superfície do esmalte, e constituem um meio de se analisar diferentes procedimentos sem expor os pacientes e obter um guia para a seleção do melhor protocolo de colagem de braquetes.

Em relação à metodologia empregada para avaliar quantitativamente a superfície do esmalte, foram avaliadas 5 áreas de 0,636 mm de largura por 0,477 mm de altura (0,3 mm<sup>2</sup>) de cada face lingual. Com o intuito de obter 5 áreas diferentes e evitar sobreposições entre elas, a seleção destas regiões foi realizada movimentando-se a base motorizada do microscópio 0,8 mm à direita, esquerda, para cima e para baixo, a partir de um ponto inicial central.

Diferentemente de pesquisas prévias que avaliaram o esmalte unicamente após o seu condicionamento, nesta pesquisa optou-se por determinar o incremento da rugosidade calculando-se a diferença da rugosidade de cada dente em dois momentos diferentes: antes (T1) e após o condicionamento (T2). Esta decisão foi baseada no fato de que existe uma ampla variação na superfície do esmalte entre indivíduos, grupos de idade e tipos de dentes (Hobson et al., 2002; Zanet et al., 2006). Desta forma, determinar o incremento de rugosidade evitou um viés na comparação da rugosidade entre os grupos devido a possíveis diferenças na rugosidade inicial dos dentes de cada grupo.

### 6.3 RESISTÊNCIA DE UNIÃO

Alguns autores têm sugerido que resistências adesivas entre 5,9 e 9,7 MPa seriam apropriadas para as situações clínicas (Reynolds, 1975; Greenlaw et al., 1989). No entanto, a real resistência adesiva mínima requerida *in vitro* para uma colagem ortodôntica confiável ainda é desconhecida e pode variar dependendo de fatores como o sistema adesivo utilizado, o desenho da base do braquete, a integridade do esmalte, a oclusão, a localização do braquete e o tipo de condicionamento do esmalte. Os valores médios da resistência de união obtidos nos quatro grupos avaliados neste estudo ficaram entre 22,2 e 25,0 MPa. Estes valores são superiores aos sugeridos como apropriados clinicamente por Reynolds (1975) e Greenlaw et al. (1989), e aos reportados por pesquisas prévias que compararam o condicionamento tradicional com ácido fosfórico e o condicionamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico (Brosh et al., 2005; Brauchli et al., 2010; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012). No entanto, a comparação entre os valores encontrados nesta pesquisa com os de outras investigações deve ser interpretada com cautela, pois diversos fatores podem afetar os valores da resistência de união, incluindo o modo como foi realizada a força de descolagem (cisalhamento, tração e torção), a velocidade do cinzel e o tipo de braquete (Fox et al., 1994). Além disso, variações no protocolo de aplicação do jato de óxido de alumínio também podem influenciar os dados. Brosh et al. (2005), Brauchli et al. (2010), Pakshir et al. (2012) e Türköz e Ulusoy (2012) utilizaram parâmetros de jateamento do esmalte diferentes de nossa investigação e também entre eles. Foram utilizados os protocolos de 5 segundos, a 6 mm de distância e 80 psi de pressão; 2 segundos, a 2 mm de distância; 3 segundos, a 10 mm de distância e 60 psi de pressão; e 10 segundos, a 1 mm de distância e 65-70 psi de pressão, respectivamente. Uma outra diferença em relação ao estudo de Pakshir et al. (2012) é que eles avaliaram a resistência de união de braquetes no processo de recolagem. Entretanto, embora Cal-Neto et al. (2011) tenham realizado o jateamento utilizando o mesmo tempo, distância e pressão de ar que o presente estudo, eles verificaram uma resistência de união média menor para ambos os condicionamentos (tradicional e jato de óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico). Esta discrepância em relação aos nossos resultados pode ter sido devida a diferenças no ângulo de

aplicação do jato, que não foi descrito pelos autores, além do fato de eles terem utilizado braquetes linguais (Gen 7,Ormco, CA, USA) diferentes dos utilizados nesta pesquisa.

A partir dos resultados do teste ANOVA, pudemos verificar que, no nível de significância de 5%, não existiram diferenças significativas na resistência de união de braquetes linguais colados indiretamente após o condicionamento tradicional com ácido fosfórico, com aqueles colados após o condicionamento combinado de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  associado ao ácido. Estes resultados corroboram os achados de diversas pesquisas que avaliaram a resistência de união de braquetes colados (Reisner et al., 1997; Brosh et al., 2005; Türköz; Ulusoy, 2012) e recolados (Pakshir et al., 2012) diretamente à superfície de esmalte condicionada com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  mais ácido fosfórico. Brauchli et al. (2010), utilizando cilindros de polímero transparente como substitutos dos braquetes, também não encontraram diferenças estatísticas significativas entre a resistência de união obtida com o condicionamento com ácido fosfórico e com o condicionamento combinado de jato de óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico. Da mesma forma, Miles (2008) não verificou diferenças na resistência de união entre estes dois métodos de condicionamento quando constatou em seu ensaio clínico que a aplicação de jato de óxido de alumínio de 110  $\mu\text{m}$  antes do condicionamento com ácido fosfórico não resultou em uma menor taxa de queda de braquetes e tubos durante os primeiros seis meses de tratamento. Entretanto, outros autores verificaram um aumento na resistência de união de braquetes colados direta (Canay et al., 2000) ou indiretamente (Wiechmann, 2000; Cal-Neto et al., 2011) quando o esmalte foi condicionado com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  e ácido fosfórico. Suma et al. (2012), igualmente, observaram um incremento na resistência de união de braquetes colados diretamente no esmalte com fluorose leve ou moderada condicionado com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  mais ácido. É importante salientar que Cal-Neto et al. (2011), utilizando o mesmo protocolo de aplicação do jato de óxido de alumínio empregado neste estudo, concluiu que o jateamento do esmalte de faces linguais com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  antes da aplicação de ácido fosfórico incrementa a força de adesão de braquetes linguais colados indiretamente, porém sem diferenças significativas no comportamento clínico. É necessário, ao confrontar os resultados

das diversas investigações, considerar que foram utilizados diferentes protocolos de jateamento (tempo de aplicação, pressão de ar, distância, ângulo de aplicação e tamanho de partículas), assim como diferentes materiais de colagem e testes mecânicos, e que conseqüentemente isso pode levar a resultados diferentes.

Um dos interesses deste estudo foi avaliar o efeito dos diferentes tamanhos de partículas de óxido de alumínio em relação à resistência de união, visto que verificamos na literatura a utilização *in vitro* e *in vivo* de óxido de alumínio de diferentes granulações (Olsen et al., 1997a; Reisner et al., 1997; Mulcahey et al., 1999; Canay et al., 2000; Waveren Hogervorst et al., 2000; Wiechmann, 2000; Chung et al., 2001; Brosh et al., 2005; Berk et al., 2008; Miles, 2008; Medhi et al., 2009; Brauchli et al., 2010; Halpern; Rouleau, 2010; Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Suma et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012). Nossos resultados não demonstraram diferenças significativas na resistência de união entre os condicionamentos feitos com partículas de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$ . Entretanto, Halpern e Rouleau (2010), utilizando óxido de alumínio de 25, 50 e 100  $\mu\text{m}$  por menos de 1 segundo associado ao Transbond Plus self-etching primer (SEP, 3M Unitek, CA, USA), reportou um incremento da resistência de união dos braquetes diretamente proporcional ao tamanho de partícula empregado. Ou seja, quanto maior o tamanho de partícula, maior foi a resistência de união. Porém, não existiram diferenças significativas entre os grupos condicionados com óxido de 25  $\mu\text{m}$  mais SEP ou unicamente SEP. Seria importante ressaltarmos novamente que diferenças metodológicas entre as pesquisas poderiam explicar as divergências entre os resultados do presente trabalho e o de Halpern e Rouleau (2010).

#### 6.4 INTERFACE DE FALHA DA COLAGEM (ARI)

O índice de resina remanescente (ARI) é uma ferramenta utilizada para avaliar a localização da falha de colagem em estudos de resistência de união (Ärtun; Bergland, 1984). Durante a remoção dos braquetes, a falha pode ocorrer na interface adesivo-esmalte ou braquete-adesivo (Özer et al., 2010). Nesta pesquisa, o exame da superfície dos dentes após a descolagem dos braquetes evidenciou a

presença de adesivo em diferentes quantidades. Nos grupos 1, 2 e 3 mais de 50% dos espécimes teve pontuações de ARI 2 e 3, indicando que a maioria das falhas de colagem ocorreram na interface braquete-adesivo. No grupo 4, mais de 50% dos espécimes tiveram pontuações de ARI 1, demonstrando falha na interface esmalte-adesivo; entretanto, 45% tiveram pontuações de ARI 2 e 3. Reisner et al. (1997) e Türköz e Ulusoy (2012) também constataram que as falhas de colagem nos grupos condicionados com ácido e com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  associado ao ácido aconteceram principalmente na interface braquete-adesivo. De maneira oposta, os resultados de Cal-Neto et al. (2011) mostram que a maioria dos espécimes de ambos os grupos estudados (ácido fosfórico e óxido de alumínio mais ácido) tiveram pontuações de ARI zero, o que significa que as falhas sucederam principalmente entre o esmalte e o adesivo.

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis evidenciaram que não existem diferenças significativas entre as pontuações do ARI dos quatro tipos de condicionamentos de esmalte estudados. Brosh et al. (2005) e Brauchli et al. (2010), também não encontram diferenças no ARI entre o condicionamento tradicional e o condicionamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  mais ácido, enquanto outros autores (Cal-Neto et al., 2011; Pakshir et al., 2012; Türköz; Ulusoy, 2012) verificaram diferenças significativas na quantidade de resina remanescente no esmalte quando os braquetes foram colados no esmalte condicionado com ácido ou com óxido de 50  $\mu\text{m}$  associado ao ácido. Estas divergências podem estar relacionadas aos diferentes materiais de colagem, braquetes e técnicas de colagem utilizadas. A respeito deste assunto, O'Brien et al. (1988) afirmaram que a localização da falha na colagem pode ser influenciada pelo tipo de material adesivo utilizado e pelo desenho da base do braquete.

## 6.5 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO ESMALTE

O condicionamento do esmalte é um passo fundamental para obter uma boa adesão dos braquetes. Portanto, a avaliação da morfologia da superfície do esmalte condicionada é importante para a análise e melhora dos sistemas adesivos (Watari,



2005). Geralmente, as pesquisas que avaliam resistência de união dispensam pouca ou nenhuma atenção às características da superfície do esmalte (Sabatoski et al., 2010). Apesar do presente estudo não ter detectado diferenças estatísticas quanto à resistência de união de braquetes linguais colados no esmalte condicionado com óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico e o condicionamento tradicional, verificamos na literatura a indicação do uso do óxido de alumínio para o condicionamento do esmalte (Fillion, 1999; Canay et al., 2000; Wiechmann, 2000; Suma et al., 2012). Desta forma, foi uma preocupação desta pesquisa realizar uma avaliação quantitativa e qualitativa do efeito desta técnica sobre a superfície do esmalte.

### **6.5.1 Avaliação quantitativa da superfície do esmalte**

A rugosidade do esmalte pode ser avaliada quantitativamente com ferramentas de medição linear de contato ou scanners ópticos 3D e qualitativamente por meio de análise visual com microscopia eletrônica (Brauchli et al., 2011b). A perfilometria de contato convencional é um instrumento de medição linear que tem sido utilizada com frequência para medir a rugosidade. Porém, foi relatado que o perfilômetro de contato produz valores de Ra menores do que os perfilômetros ópticos devido às limitações das dimensões espaciais de sua ponta na detecção de microranuras (Al-Nawas et al., 2001). Além disso, o perfilômetro pode causar danos ao tecido dental duro devido ao contato com a amostra (Yamada et al., 2004). O microscópio a laser confocal é um scanner óptico que fornece, simultaneamente, imagens e análises do perfil de uma microárea selecionada, sem contato e com uma alta resolução espacial. Tem a vantagem de ser um método não destrutivo, visto que a preparação da amostra não é necessária (Yamada et al., 2004). Nos últimos anos, várias pesquisas têm empregado a microscopia a laser confocal para avaliar a rugosidade do esmalte (Yamada; Watari, 2003; Yamada et al., 2004; Ahn et al., 2009; Brauchli et al., 2011b). Por conseguinte, optou-se, no presente estudo, pela avaliação quantitativa da rugosidade por meio de um microscópio a laser confocal (Leica DCM3D).

A reprodutibilidade de um instrumento de medição refere-se ao grau em que a sua aplicação repetida ao mesmo sujeito ou objeto produz resultados iguais. Nesta pesquisa, a reprodutibilidade da metodologia de medição da rugosidade (Ra) por meio do microscópio a laser confocal foi determinada por meio do método de test-retest. Este consiste da aplicação de um mesmo instrumento de medição a uma mesma amostra por duas ou mais vezes depois de certo período de tempo. O valor do coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foi de 0,932, o que indica que existiu uma correlação elevada entre as medidas de rugosidade obtidas em T1 e 30 dias após. Portanto, podemos afirmar que o método de medição empregado com o microscópio a laser confocal foi reprodutível.

A diferença entre a medida de Ra em T2 e Ra em T1 representou o incremento de rugosidade após os diferentes condicionamentos do esmalte. Verificou-se que a rugosidade aumentou significativamente nos quatro grupos avaliados. O grupo condicionado com ácido fosfórico apresentou um incremento médio da rugosidade (0,034  $\mu\text{m}$ ) menor do que o dos grupos condicionados com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico, porém, sem diferenças estatísticas significativas ( $p=0,6742$ ). Não foi encontrado na literatura nenhum estudo que avalie quantitativamente o incremento de rugosidade do esmalte após o condicionamento com jato de óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico. Reisner et al. (1997) mediram, com um perfilômetro óptico de não contato, a rugosidade do esmalte vestibular de pré-molares somente após diferentes condicionamentos (1- jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$ , 2- jateamento com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico, 3- desgaste com uma broca mais ácido fosfórico, e 4- polimento com pedra pomes mais ácido fosfórico), e concluíram que os diferentes condicionamentos do esmalte produziram graus comparáveis de rugosidade do esmalte, sem perda excessiva de esmalte. Embora a metodologia de avaliação quantitativa da rugosidade do esmalte não tenha sido a mesma realizada neste estudo, os resultados são concordantes.

### 6.5.2 Avaliação qualitativa da superfície do esmalte

A avaliação qualitativa do esmalte com o microscópio eletrônico de varredura (MEV) evidenciou padrões diferentes de condicionamento entre o esmalte condicionado com ácido fosfórico e o esmalte condicionado com óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  associado ao ácido. No esmalte tratado com ácido fosfórico, observaram-se leves irregularidades correspondentes com o padrão do tipo III de Silverstone et al. (1975), caracterizado pela combinação dos padrões do tipo I e tipo II, ou associados a zonas onde não ocorreram alterações na morfologia dos prismas. Este resultado coincide com os achados de Berk et al. (2008), que verificaram no esmalte condicionado com ácido fosfórico um padrão característico do tipo III.

No esmalte condicionado com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico, verificaram-se padrões similares de condicionamento, com superfícies de textura áspera bastante uniformes, presença de múltiplas elevações com diferentes alturas e bordas arredondadas, semelhantes ao padrão do tipo II de Silverstone et al. (1975), onde o centro dos prismas de esmalte são mantidos e a periferia removida. No experimento de Berrios Quina e Toledo Porto Neto (2001) foram constatados padrões do tipo II e III de Silverstone, em maior quantidade do que o padrão de tipo I em superfícies vestibulares de terceiros molares tratadas com jato de óxido de alumínio de 27  $\mu\text{m}$  associado ao condicionamento com ácido fosfórico a 37%; estes resultados contrastam com os obtidos nesta pesquisa e isto pode ser devido a diferenças na distribuição dos prismas de esmalte entre molares e pré-molares (Whittaker, 1982). Por outro lado, Brosh et al. (2005) verificaram, nas faces linguais de pré-molares condicionadas com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  em combinação com ácido fosfórico a 37%, um padrão semelhante àquele obtido nas superfícies linguais condicionadas somente com ácido fosfórico. Este resultado difere dos nossos achados. Esta divergência pode ser atribuída ao emprego de protocolos de condicionamento diferentes aos utilizados neste estudo: o ácido fosfórico foi aplicado somente por 15 segundos, e o jateamento foi realizado por 5 segundos, a 6 mm de distância e com uma pressão de ar de 80 psi.

Vale ressaltar que não foram verificadas cavitações ou perdas excessivas do esmalte em nenhum dos espécimes estudados nesta pesquisa. Berk et al. (2008) verificaram, por meio do MEV, a presença de cavitações no esmalte de molares que tinham sido condicionados com óxido de alumínio de 50  $\mu\text{m}$  durante 10 segundos e a 65-70 psi de pressão. Embora não seja possível fazer uma comparação direta com os nossos resultados, já que os autores não aplicaram ácido fosfórico após a aplicação do óxido de alumínio, podemos presumir que um tempo prolongado de jateamento possa, provavelmente, gerar danos ao esmalte.

## 6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Phoenix e Shen (1995) o jateamento com óxido de alumínio gera irregularidades, aumentando a área da superfície a ser condicionada pelo ácido fosfórico e, por conseguinte incrementaria o efeito de embricamento mecânico entre o agente de colagem e o esmalte. Entretanto, ao analisar conjuntamente os resultados da resistência de união e do incremento de rugosidade obtidos neste estudo, pudemos verificar que estes dados são concordantes, pois não houve diferenças significativas no incremento de rugosidade nem na resistência de união dos braquetes linguais colados indiretamente após os diferentes condicionamentos de esmalte. Verificando também que a adição de óxido de alumínio antes do condicionamento com ácido fosfórico não havia aumentado a resistência de união, Brosh et al. (2005) justificaram esse resultado indicando que as irregularidades que apareceram após o jateamento poderiam ter causado bolsas de ar entre a superfície do esmalte e o ácido, impedindo o efeito teórico de aumento da área da superfície a ser condicionada pelo ácido e consequente incremento da força de adesão. Os resultados deste estudo sugerem que o condicionamento combinado com óxido alumínio e ácido fosfórico, com os parâmetros de jateamento empregados, produzem irregularidades mais uniformes no esmalte lingual do que o condicionamento tradicional com ácido fosfórico, porém essas diferenças no padrão de condicionamento do esmalte não incrementam significativamente a rugosidade do esmalte e não são suficientes para interferir na resistência de união. Entretanto, ignoramos se estas mudanças no padrão de condicionamento do esmalte obtido

com o condicionamento combinado de óxido de alumínio associado ao ácido fosfórico teria alguma influência na microinfiltração ao redor dos braquetes. Desta forma, sugere-se outras pesquisas que possam avaliar esta possível interferência.

## **CONCLUSÕES**

---

## 7 CONCLUSÕES

1. Não observou-se diferença estatisticamente significativa na resistência de união de braquetes linguais colados indiretamente e na quantidade de resina remanescente, após o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% e com jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico.
2. Por meio de avaliação quantitativa, não verificou-se diferença estatisticamente significativa no incremento da rugosidade entre os grupos submetidos ao condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% e jato de óxido de alumínio de 27, 50 e 90  $\mu\text{m}$  associado ao ácido fosfórico.

Observou-se, por meio de avaliação qualitativa, padrões de condicionamento diferentes nas superfícies de esmalte condicionadas com ácido fosfórico a 37%, e as realizadas em associação com o jato de óxido de alumínio. Este último grupo apresentou um padrão de condicionamento uniforme e do tipo II de Silverstone, enquanto a superfície tratada com ácido fosfórico a 37% revelou um padrão de condicionamento irregular e do tipo III de Silverstone.

# REFERÊNCIAS

---



## REFERÊNCIAS

Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod.* 1982 Oct;82(4):269-76.

Ahn HB, Ahn SJ, Lee SJ, Kim TW, Nahm DS. Analysis of surface roughness and surface free energy characteristics of various orthodontic materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Nov;136(5):668-74.

Al-Nawas B, Grotz KA, Götz H, Heinrich G, Rippin TG, Stender TE, et al. Validation of three-dimensional surface characterising methods: scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. *Scanning.* 2001 Jul-Aug;23(4):227-31.

Arcoria CJ, Lippas MG, Vitasek BA. Enamel surface roughness analysis after laser ablation and acid-etching. *J Oral Rehabil.* 1993 Mar;20(2):213-24.

Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984 Apr;85(4):333-40.

Barkmeier WW, Erickson RL, Kimmes NS, Latta MA, Wilwerding TM. Effect of enamel etching time on roughness and bond strength. *Oper Dent.* 2009 Mar-Apr;34(2):217-22.

Berk N, Başaran G, Özer T. Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes. *Eur J Orthod.* 2008 Apr;30(2):183-9.

Berrios Quina EJ, Toledo Porto Neto S. Microscopía electrónica de barrido en esmalte tratado con fresa, aire abrasivo y ácido. *Rev Estomatol Herediana.* 2001;11(1-2):21-5.

Bishara SE, Vonwald L, Laffoon JF, Jakobsen JR. Effect of altering the type of enamel conditioner on the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000 Sep;118(3):288-94.

Black RB. Technic for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis. *J Am Dent Assoc.* 1945 Aug;32(15):955-65.

Brauchli L, Muscillo T, Steineck M, Wichelhaus A. Influence of enamel conditioning on the shear bond strength of different adhesives. *J Orofac Orthop.* 2010 Nov;71(6):411-20.

Brauchli L, Zeller M, Wichelhaus A. Shear bond strengths of seven self-etching primers after thermo-cycling. *J Orofac Orthop.* 2011a Oct;72(5):371-80.

Brauchli LM, Baumgartner EM, Ball J, Wichelhaus A. Roughness of enamel surfaces after different bonding and debonding procedures: An in vitro study. *J Orofac Orthop.* 2011b Mar;72(1):61-7.

Brosh T, Strouthou S, Sarne O. Effects of buccal versus lingual surfaces, enamel conditioning procedures and storage duration on brackets debonding characteristics. *J Dent.* 2005 Feb;33(2):99-105.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955 Dec;34(6):849-53.

Buso-Frost L, Fillion D. An overall view of the different laboratory procedures used in conjunction with lingual orthodontics. *Semin Orthod.* 2006 Sep;12(3):203-10.

Cal-Neto JP, Castro S, Moura PM, Ribeiro D, Miguel JA. Influence of enamel sandblasting prior to etching on shear bond strength of indirectly bonded lingual appliances. *Angle Orthod.* 2011 Jan;81(1):149-52.

Canay S, Kocadereli I, Akça E. The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000 Jan;117(1):15-9.

Chow LC, Brown WE. Phosphoric acid conditioning of teeth for pit and fissure sealants. *J Dent Res.* 1973 Sep-Oct;52(5):1158.

Chumak L, Galil KA, Way DC, Johnson LN, Hunter WS. An in vitro investigation of lingual bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 Jan;95(1):20-8.

Chung K, Hsu B, Berry T, Hsieh T. Effect of sandblasting on the bond strength of the bondable molar tube bracket. *J Oral Rehabil.* 2001 May;28(5):418-24.

Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Dec;132(6):738-42.

Fillion D. Up-to-date lingual indirect bonding procedure. *J Lingual Orthod.* 1999;1(1):4-8.

Fortini A, Giuntoli F, Franchi L. A simplified indirect bonding technique. *J Clin Orthod.* 2007 Nov;41(11):680-3.

Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod.* 1994 Feb;21(1):33-43.

Fujita K. New orthodontic treatment with lingual bracket mushroom arch wire appliance. *Am J Orthod.* 1979 Dec;76(6):657-75.

Goldstein RE, Parkins FM. Air-abrasive technology: its new role in restorative dentistry. *J Am Dent Assoc.* 1994 May;125(5):551-7.

Greenlaw R, Way DC, Galil KA. An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 Sep;96(3):214-20.

Halpern RM, Rouleau T. The effect of air abrasion preparation on the shear bond strength of an orthodontic bracket bonded to enamel. *Eur J Orthod.* 2010 Apr;32(2):224-7.

Harfin J. *Ortodoncia lingual: procedimientos y aplicación clínica.* Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2010.

Hobson RS, Rugg-Gunn AJ, Booth TA. Acid-etch patterns on the buccal surface of human permanent teeth. *Arch Oral Biol.* 2002 May;47(5):407-12.

Kalange JT, Thomas RG. Indirect bonding: A comprehensive review of the literature. *Semin Orthod.* 2007 March;13(1):3-10.

Kanashiro L, Robles-Ruíz J, Ciamponi A, Studart I. Comparação de diferentes métodos de limpeza dos pads de resina polimerizada na colagem indireta de braquetes [Painel]. XIX Reunião de Pesquisa e XVI Seminário de Iniciação Científica da FOU SP; 2012; São Paulo, BR.

Klocke A, Shi J, Kahl-Nieke B, Bismayer U. Bond strength with custom base indirect bonding techniques. *Angle Orthod*. 2003 Apr;73(2):176-80.

Legler LR, Retief DH, Bradley EL, Denys FR, Sadowsky PL. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on the shear bond strength of an orthodontic bonding resin to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989 Dec;96(6):485-92.

Legler LR, Retief DH, Bradley EL. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990 Aug;98(2):154-60.

Linn BJ, Berzins D, Dhuru VB, Bradley TG. A comparison of bond strength between direct- and indirect-bonding methods. *Angle Orthod*. 2006 Mar;76(2):289-94.

Lombardo L, Kaplan A, Lapenta R, Bratti E, Pera C, Scuzzo G, et al. A comparative study of lingual bracket bond strength. *Orthodontics (Chic)*. 2011 Fall;12(3):178-87.

Loyola-Rodríguez JP, Zavala-Alonso V, Reyes-Vela E, Patiño-Marin N, Ruiz F, Anusavice KJ. Atomic force microscopy observation of the enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching. *J Electron Microsc (Tokyo)*. 2010;59(2):119-25.

Medhi S, Mano MC, Sorel O, Cathelineau G. Enamel micro-abrasion. *Orthod Fr*. 2009 Jun;80(2):179-92.

Miles PG. Does microetching enamel reduce brackets failure when indirect bonding mandibular posterior teeth? *Aust Orthod J*. 2008 May;24(1):1-4.

Miles PG, Weyant RJ. A comparison of two indirect bonding adhesives. *Angle Orthod*. 2005 Nov;75(6):1019-23.

Milne JW, Andreasen GF, Jakobsen JR. Bond strength comparison: a simplified indirect technique versus direct placement of brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989 Jul;96(1):8-15.

Mulcahey K, Caputo AA, Duperon DF. In vitro bracket bond strength to acid-etched or air-abraded enamel. *Pediatr Dent*. 1999 Jul-Aug;21(4):281-4.

Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: a progress report. *Am J Orthod*. 1965 Dec;51(12):901-12.

Newman GV, Newman RA, Sun BI, Ha JL, Ozsoylu SA. Adhesion promoters, their effect on the bond strength of metal brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995 Sep;108(3):237-41.

O'Brien KD, Watts DC, Read MJ. Residual debris and bond strength – is there a relationship? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988 Sep;94(3):222-30.

Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. Comparison of shear bond strength and surface structure between conventional acid etching and air-abrasion of human enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997a Nov;112(5):502-6.

Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. Evaluation of Scotchbond Multipurpose and maleic acid as alternative methods of bonding orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997b May;111(5):498-501.

Özer T, Başaran G, Kama JD. Surface roughness of the restored enamel after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Mar;137(3):368-74.

Pakshir HR, Zarif Najafi H, Hajipour S. Effect of enamel surface treatment on the bond strength of metallic brackets in rebonding process. *Eur J Orthod*. 2012 Dec;34(6):773-7.

Pellan P. Indirect bonding of brackets: don't wait another day!. *Int J Orthod Milwaukee*. 2007 Fall;18(3):11-7.

Phoenix RD, Shen C. Characterization of treated porcelain surfaces via dynamic contact angle analysis. *Int J Prosthodont*. 1995 Mar-Apr;8(2):187-94.

Reisner KR, Levitt HL, Mante F. Enamel preparation for orthodontic bonding: A comparison between the use of a sandblaster and current techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997 Apr;111(4):366-73.

Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod*. 1975;2(3):171-8.

Sabatoski MA, Maruo IT, Camargo ES, Filho OG, Tanaka OM, Maruo H. Influence of natural bovine enamel roughness on bond strength after etching. *Angle Orthod.* 2010 May;80(3):562-9.

Sadowsky PL, Retief DH, Cox PR, Hernández-Orsini R, Rape WG, Bradley EL. Effects of etchant concentration and duration on the retention of orthodontic brackets: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990 Nov;98(5):417-21.

Scholz RP, Swartz ML. Lingual orthodontics: a status report. Part 3. Indirect bonding-laboratory and clinical procedures. *J Clin Orthod.* 1982 Dec;16(12):812-20.

Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod.* 1972 Sep;62(3):236-44.

Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov D. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscope. *Caries Res.* 1975;9(5):373-87.

Sondhi A. Efficient and effective indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 Apr;115(4):352-9.

Suma S, Anita G, Chandra Shekar BR, Kallury A. The effect of air abrasion on the retention of metallic brackets bonded to fluorosed enamel surface. *Indian J Dent Res.* 2012 Mar-Apr;23(2):230-5.

Thiyagarajah S, Spary DJ, Rock WP. A clinical comparison of bracket bond failures in association with direct and indirect bonding. *J Orthod.* 2006 Sep;33(3):198-204.

Thomas RG. Indirect bonding: simplicity in action. *J Clin Orthod.* 1979 Feb;13(2):93-106.

Thompson MA, Drummond JL, BeGole EA. Bond strength analysis of custom base variables in indirect bonding techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Jan;133(1):9.e15-20.

Torres-Gallegos I, Zavala Alonso V, Patiño-Marín N, Martínez-Castañón GA, Anusavice K, Loyola-Rodríguez JP. Enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching of healthy and fluorotic enamel. *Aust Dent J.* 2012 Jun;57(2):151-6.

Tortamano A, Nauff F, Naccarato SRF, Vigorito JW. Avaliação da força de tração em braquetes colados pela técnica indireta com diferentes sistemas de adesão. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2007 Maio-Jun;12(3):104-10.

Tuncer C, Ulusoy Ç. Tensile bond strength of lingual orthodontic brackets with adhesive systems. World J Orthod. 2010 Winter;11(4):393-7.

Türköz Ç, Tuncer B, Ulusoy Ç, Tuncer C. Bond strength of different bonding systems to the lingual surface enamel of mandibular incisors. Korean J Orthod. 2010;40(4):260-6.

Türköz Ç; Ulusoy Ç. Evaluation of different enamel conditioning techniques for orthodontic bonding. Korean J Orthod. 2012;42(1):32-8.

Vicente A, Bravo LA, Romero M, Ortiz AJ, Canteras M. Bond strength of brackets bonded with an adhesion promoter. Br Dent J. 2004 Apr 24;196(8):482-5; discussion 469.

Vijayakumar A, Venkateswaran S, Krishnaswamy NR. Effects of three adhesion boosters on the shear bond strength of new and rebonded brackets – an in vitro study. World J Orthod. 2010 Summer;11(2):123-8.

Watari F. In situ quantitative analysis of etching process of human teeth by atomic force microscopy. J Electron Microsc (Tokyo). 2005 Jun;54(3):299-308.

Waveren Hogervorst WL, Feilzer A, Pahl-Andersen B. The air-abrasion technique versus the conventional acid-etching technique: A quantification of surface enamel loss and a comparison of shear bond strength. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000 Jan;117(1):20-6.

Wendl B, Droschl H, Muchitsch P. Indirect Bonding – a new transfer method. Eur J Orthod. 2008 Feb;30(1):100-7.

Whittaker DK. Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy. Arch Oral Biol. 1982;27(5):383-92.

Wiechmann D. Lingual Orthodontics (Part 3): Intraoral sandblasting and indirect bonding. J Orofac Orthop. 2000;61(4):280-91.

Yamada MK, Uo M, Ohkawa S, Akasaka T, Watari F. Non-contact surface morphology analysis of CO<sub>2</sub> laser-irradiated teeth by scanning electron microscope and confocal laser scanning microscope. *Materials Transactions*. 2004;45(4):1033-40.

Yamada MK, Watari F. Imaging and non-contact profile analysis of Nd:YAG laser-irradiated teeth by scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscope. *Dent Mater J*. 2003 Dec;22(4):556-68.

Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod*. 1978 Jul;74(1):62-78.

Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. *J Clin Orthod*. 1993;27(12):661-74.

Zanet CG, Arana-Chavez VE, Fava M. Scanning electron microscopy evaluation of the effect of etching agents on human enamel surface. *J Clin Pediatr Dent*. 2006 Spring;30(3):247-50.



## **ANEXOS**

---

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**  
**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

**PARECER DE APROVAÇÃO**  
**Protocolo 51/11**  
**CAAE 0057.0.017.000-11**

Com base em parecer de relator, o Comitê de Ética em Pesquisa **APROVOU** o protocolo de pesquisa **“Avaliação de diferentes condicionamentos de esmalte na colagem indireta de braquetes”**, de responsabilidade do(a) Pesquisador (a) Julissa Robles Ruíz, sob orientação do(a) Prof.(a) Dr.(a) Lylian Kazumi Kanashiro.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em “cd”. Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 29 de junho de 2011.

  
 Profa. Dra. Marcia Turolla Wanderley  
 Coordenadora do CEP-FOUSP

## ANEXO B – Aprovação do adendo enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
Comitê de Ética em Pesquisa**

168-MTW

São Paulo, 25 de maio de 2012.

**DECLARAÇÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo recebeu e **aceitou o adendo** referente a inclusão da pesquisadora Ana Lídia Ciamponi, acréscimo na metodologia da doação de 80 pré-molares do Banco de Dentes Humanos da FOUSP e de mais um grupo de avaliação do efeito da ciclagem de pH na força de adesão de braquetes colados indiretamente, do protocolo de pesquisa: "**Avaliação de diferentes condicionamentos de esmalte na colagem indireta de braquetes**", de responsabilidade dos pesquisadores Julissa Robles Ruíz e Profa. Lylian Kazumi Kanashiro, parecer de aprovação CAAE 0057.0.017.000-11, Protocolo 51/2011, aprovado em 29 de junho de 2011.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação através do sistema Plataforma Brasil.

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Marcia Turolla Wanderley  
Coordenadora do CEP-FOUSP