



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

ALEXANDRE REIS COSTA MURAD BARBOSA

**EFEITOS DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE
BRAQUETES CERÂMICOS NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À RESINA PARA COLAGEM
ORTODÔNTICA**

2021

ALEXANDRE REIS COSTA MURAD BARBOSA

**EFEITOS DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE BRAQUETES
CERÂMICOS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO À RESINA PARA
COLAGEM ORTODÔNTICA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Avaliação clínica e laboratorial de estrutura dental, de materiais e de técnicas de prevenção e tratamento em Dentística.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Filomena Rocha Lima Huhtala

São José dos Campos

2021

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2021]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Barbosa, Alexandre Reis Costa Murad

Efeitos de diferentes tratamentos de braquetes cerâmicos na resistência de união à resina para colagem ortodôntica / Alexandre Reis Costa Murad Barbosa. – São José dos Campos : [s.n.], 2021.
65 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2021.

Orientador: Maria Filomena Rocha Lima Huhtala.

1. Braquetes Cerâmicos. 2. Adesão . 3. Tratamento de superfície. I. Huhtala, Maria Filomena Rocha Lima, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ass. Dra. Maria Filomena Rocha Lima Huhtala (Orientadora)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Assoc. Eduardo Bresciani

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dra. Marilia Gabriela Oliveira Lopes

Universidade do Vale do Paraíba (Univap)

Faculdade de Odontologia

Campus Urbanova

São José dos Campos, 08 de julho de 2021.

DEDICATÓRIA

Com todo meu coração, dedico este trabalho à minha mãe Luciani, que sempre esteve presente como meu alicerce. Alguém que sempre me incentivou a lutar pelos meus objetivos, pelos meus sonhos e que sempre me instigou a ir além. A você, mãe, te dedico este trabalho. Nada disso sequer seria possível sem seu apoio. Te amo muito!

Também quero dedicar este trabalho a alguém que tem me olhado lá de cima. Alguém eu sempre estive do meu lado e que me apoiou em tudo. Em memória, ao meu melhor amigo Luiz Guilherme que me apoiaria nessa caminhada também. Sei que as coisas acontecem por alguma razão, mas saiba também que você faz muita falta. Sempre te carrego comigo, amigo. Te amo!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero começar agradecendo a Deus pela oportunidade da vida. Pude vivenciar momentos incríveis durante este curso e por isso, sou muito grato.

Também e não menos importante, agradeço a minha família pela base que me forneceram e continuam fornecendo – a família é grande, se preparem:

- Mãe, te agradeço pelo exemplo de pessoa e luta. Te agradeço por não me deixar desistir e por sempre acreditar em mim mais do que eu mesmo acredito. Obrigado e obrigado. Te amo incondicionalmente.

- Ao meu pai Abrão, te agradeço pelo exemplo de profissão. Se algum dia eu me tornar metade do profissional que você é, estarei mais que satisfeito. Me espelho em você, Pai. O meu irmão, Matheus e minha “boadrasta” Marianna, agradeço junto. Vocês fazem parte da minha base. Amo vocês com todas as minhas forças.

Os meus avós Edna, Lana, Gilberto e Celio; foram segundos pais, segundas mães... vocês foram tudo que puderam e o que não puderam, espero que eu consiga, algum dia retribuir um pouquinho deste amor todo.

- Agradeço também especialmente a minha Tia Cristiany. Outro exemplo pra mim. Quero que saiba que essa minha dissertação tem sua influência. Professora universitária, enfermeira, mulher empoderada, mãe e esposa exemplares. Obrigado por ser quem é. Aos seus filhos e esposo, Ana Laura, Rogerinho e Rogério, agradeço igualmente. Vocês são parte disso e moram no meu coração.

- Aos meus padrinhos: Tia Cida e Tio Papi, meu muito obrigado. Vocês também são motivo disso tudo. Sempre serei muito grato. As suas famílias, igualmente. Sou grato pelo apoio constante.

- Aos meus primos e familiares próximos: Luiz Felipe – que sempre esteve ao meu lado em qualquer situação, te agradeço e te amo! Tia Célia, Celinho, Daiany, Pedro... agradeço o cuidado com a minha mãe enquanto estou fora. Isso também é cuidar de mim. Amo vocês.

Agradecimento a minha gatinha, Malika, por todas as vezes que me confortou simplesmente por estar ali do meu lado. Prometo agradecer em forma de carinho. Um presentinho de Deus em minha vida.

Agradecimento mais que especial a pessoas que fizeram parte da minha rotina nesses últimos anos:

- Carolina, minha irmã, agradeço muito a você e aos seus pais. Todo o apoio e auxílio que recebi de vocês foram essenciais na minha caminhada. Serei eternamente grato por tudo. Sinto que sou da família quando estou com vocês. Te amo!

- Rodrigo, te agradeço pelo apoio constante, pelo afeto, pela amizade... Agradeço a sua família também pelo cuidado que sempre tiveram comigo. Me adotaram como parte dela. Obrigado por tanto. Amo você!

- Milena... meus olhos embargam só de pensar em te agradecer. Sentimento que não cabe dentro de mim, escorre pelos olhos. Te amo!

- Fernanda, te agradeço por continuar sendo minha dupla. Conexão, cumplicidade, carinho, apoio... Obrigado, meu bem. Amo você!

- Juliana, não sei como te agradecer. É parte da realização daquele nosso sonho lá da graduação. Você fez parte do cultivo da semente e eu sei que estaremos juntos colhendo nossos frutos no futuro. Te amo!

- Gustavo, agora você sabe exatamente o que um aluno de pós-graduação sente. Obrigado por ter compartilhado seus momentos comigo e por ter me ouvido também. Te admiro muito! Amo você!

- Rubia, minha amiga, obrigado pelo suporte joseense. Você foi fundamental nessa jornada. Seu apoio é muito importante pra mim. Te amo!

- Luciana Padial, deixo meu agradecimento e minha admiração. Sou e serei eternamente grato a Deus por ter te conhecido. Obrigado pelo apoio e pela amizade! Amo você, Duda e Rene!

- Ao meu Professor do curso de Especialização, Silvio K Watanabe, muito obrigado pelo incentivo e apoio nesse período. Te admiro e te agradeço demais!

- Thaynna e Giovanna, minha afilhada, vocês são parte de tudo isso. Obrigado pelos momentos e por tudo que passamos juntos. Sou grato por ter vocês comigo. Amo muito vocês!

- Joyce, você também foi alguém que me incentivou a seguir no meio acadêmico. Por isso, sou grato. Pela nossa amizade, sou muito grato! Obrigado! Amo você!

- João Marcos, também te agradeço pelo apoio e pela amizade. Por muitas vezes desabafei contigo e fui ouvido. Obrigado, amo você!

- Ana Karen, sua amizade é muito importante pra mim também. Temos uma conexão desde a graduação e eu sinto sua torcida por mim. Obrigado! Amo você!

Agradeço especialmente a minha Orientadora, Profa Dra Maria Filomena Rocha Lima Huhtala: seus ensinamentos transcendem a academia. E obrigado exatamente por isso. A senhora fez a diferença na minha vida e tenho certeza de que sempre lembrarei de cada momento com muito carinho. Obrigado por sempre ter me dado a liberdade de ser sincero e falho. Para mim, a senhora foi exemplo, compreensão, empatia, amizade e acolhimento. Todo meu carinho e admiração, muito obrigado!

Aos Professores da Pós, aqueles que nos formam... meu muito obrigado!

- Alessandra, Taciana, Carlos, Cesar, Sergio, Karen, Alexandre, Renata... A ciência agradece por ter vocês presentes. E eu também.

Meu agradecimento especial aos meus convidados a Banca Examinadora:

- Prof. Eduardo Bresciani, te agradeço pela solicitude, pela amizade e pelo companheirismo. Você é um exemplo de pessoa e profissional clínico e acadêmico. Minha admiração pelo senhor é extrema. Obrigado mil vezes por fazer a diferença. Sua luz brilha de uma forma inexplicável. Obrigado!

- Prof Marilia Gabriela... uma das primeiras e maiores incentivadoras de tudo isso. Obrigado por ter me encorajado de ter prestado a prova. Passei e te agradeço, hoje, pelo apoio até aqui. Não foi fácil conciliar a especialização e o mestrado, mas com

absoluta certeza a senhora fez toda diferença. Te agradeço por tudo! Muito muito obrigado.

- Aos meus suplentes e eventuais suplentes: Ana Luiza, Alessandra, Mauricio e Sergio, obrigado pela disponibilidade. Sou muito grato e inspirado por vocês.

Não posso deixar de agradecer aos meus amigos e companheiros da pós-graduação:

- Stefhany, minha amiga, obrigado. Obrigado por compartilhar os mesmos sentimentos, a mesma sintonia. Obrigado por me ajudar, por me ouvir, por me fazer rir. Por muitas vezes, você fez com que este processo fosse leve e divertido. Obrigado pela amizade e conexão. Amo você!

- Stephanie, te agradeço pela amizade e pelo carinho esse tempo todo. Obrigado por me lembrar de prazos e convocações. Te agradeço principalmente por compartilharmos dos mesmos sentimentos. Espero nunca perder uma pessoa tão especial como você. Obrigado.

- Tamires, te agradeço demais por tudo. Sempre muito solícita, dedicada, aplicada. Obrigado por ter me ensinado tanto! Saiba que ganhou um amigo!

- Vanessa, é sempre muito bom estar com você. Te agradeço por sempre ter me ajudado com o que eu não sabia. Você me ensinou muito. Obrigado!

- Claudio, amigo... Obrigado pelos ensinamentos, pelo convívio e pela amizade. Espero levarmos pra fora da universidade. Te admiro muito!

- Rafa, Mariane, Ana Luiza, Mauricio, Sheila, Amanda, Sabrina, Adrielle, Ana Paula, Pablo, Sheyla, Mateus... vocês também foram essenciais. Que bom que Deus colocou na minha vida pessoas tão especiais. Obrigado pelo convívio, pelo apoio e pelos momentos compartilhados. Sou muito grato por ter conhecido vocês.

Aos funcionários da universidade: desde a limpeza até a direção. Agradeço pelo suporte e conforto, pelo carinho e pelo zelo. Sem vocês, seria impossível.

Liliane, Josiana, Fernanda, Carlos Guedes... Agradecimento especial a vocês que, com muito amor e educação, me ajudaram em todos os momentos de necessidade. Obrigado!

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia de São Jose dos Campos – Unesp que me ofereceu ensino de qualidade e conforto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

"The future is the home of our deepest fears and wildest hopes"
Greys Anatomy.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Ortodontia.....	15
2.2 Braquetes cerâmicos e resistência adesiva.....	17
2.3 Tratamento de superfície	22
3 PROPOSIÇÃO.....	34
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Delineamento experimental	35
4.2 Confeção dos espécimes.....	36
4.3 Aplicação do Plasma	39
4.4 Deposição da Camada Atômica (ALD).....	40
4.5 Infiltração do Vidro	41
4.6 Ensaio de resistência ao cisalhamento	42
5 RESULTADOS	44
5.1 Testes Pilotos.....	44
5.1.1 Goniometria.....	44
5.1.2 Resistência a altas temperaturas	45
5.2 Estatística	45
5.3 Análise das fraturas.....	47
6 DISCUSSÃO.....	50
7 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58
ANEXO	65

Barbosa ARCM. Efeitos de diferentes tratamentos de braquetes cerâmicos na resistência de união à resina para colagem ortodôntica [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2021.

RESUMO

Uma adesão estável e duradoura entre a superfície do braquete cerâmico e a resina para colagem ortodôntica define o sucesso do tratamento ortodôntico. Clinicamente, no entanto, ainda se observa falha adesiva recorrente desses braquetes; o que torna essa adesão um desafio na Ortodontia atual. O objetivo do estudo foi investigar a efetividade de três novos tratamentos da base de braquetes cerâmicos na resistência de união, imediata e após envelhecimento, à resina para colagem ortodôntica: (1) aplicação de plasma atmosférico não térmico (PA), (2) deposição por camadas atômicas (ALD) e (3) infiltração de vidro (IV). Foram utilizados 48 terceiros molares humanos, faces vestibular e lingual, divididos em 8 grupos de acordo com o tratamento e o tempo de armazenamento, imediato (48h) e tardio (após envelhecimento artificial acelerado): grupo BCI, grupo controle, teste imediato; grupo BCT grupo controle, teste tardio; grupo PAI, aplicação do plasma por 1minuto, teste imediato; grupo PAT, aplicação do plasma por 1minuto, teste tardio; grupo ALDI, deposição da camada atômica de dióxido de titânio, teste imediato; grupo ALDT, deposição da camada atômica de dióxido de titânio, teste tardio; grupo IVI, infiltração de vidro, teste imediato; e, grupo IVT, infiltração de vidro, teste tardio. Após os tratamentos, os braquetes foram colados nas áreas delimitadas do esmalte das faces dos dentes com a resina ortodôntica (Transbond XT Plus 3M) e testados quanto à resistência de união ao cisalhamento nos tempos estipulados. Os dados foram submetidos a Anova 2 fatores de medidas repetidas e teste de Tukey (5%). Os valores médios obtidos de resistência de união em Mpa foram: BRI: 13,75; PAI: 15,66; ALDI: 9,73; IVI:13,65 e BRT: 5,71; PAT: 4,36; ALDT: 4,74 IVT: 5,58. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, independente do tempo; porém houve diferença estatisticamente significativa entre os tempos (imediato e tardio); com a resistência de união apresentando redução significativa após o envelhecimento. Os espécimes foram analisados em estereomicroscópio, sendo constatada fratura adesiva entre a resina e a superfície do braquete. em todos eles. Os tratamentos não influenciaram na resistência de união da resina para colagem ortodôntica à superfície do braquete cerâmico, sendo que o envelhecimento promoveu redução da resistência de união independentemente do tratamento realizado.

Palavras-chave: Braquetes cerâmicos, adesão, tratamento de superfície.

Barbosa ARCM. Effects of different treatments of ceramic brackets on the bond strength to orthodontic bonding resin [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2021.

ABSTRACT

A stable and lasting adhesion between the ceramic bracket and the resin for orthodontic bonding dictates the success of orthodontic treatment. Clinically, however, recurrent adhesive failure of these brackets is still observed, which makes this bonding a challenge in current Orthodontics. The aim of the study was to investigate immediate and long term effectiveness of three new treatments for the base of ceramic brackets in the bond strength to orthodontic bonding resin: (1) application of non-thermal atmospheric plasma (PA), (2) atomic layer deposition (ALD) and (3) glass infiltration (IV). The buccal and lingual surfaces of 48 human third molars were selected and divided into 8 groups according to treatment and storage time, immediate (48h) and late (after accelerated artificial aging): BCI group, control group, immediate test; BCT group, control group, late test; PAI group, plasma application for 1 minute, immediate test; PAT group, plasma application for 1 minute, late test; ALDI group, atomic layer deposition of titanium dioxide, immediate test; ALDT group, atomic layer deposition of titanium dioxide, late test; group IVI, glass infiltration, immediate test, and group IVT, glass infiltration, late test. . After treatments, the brackets were bonded to the delimited enamel surface area of the teeth with the orthodontic bonding resin (Transbond XT Plus 3M) and tested for shear bond strength within the stipulated times. Data were submitted to Two-way Repeated Measures Anova and Tukey's test (5%). The average values obtained for bond strength in Mpa were: BRI: 13.75; PAI: 15.66; ALDI: 9.73; IVI: 13.65 and BRT: 5.71; PAT: 4.36; ALDT: 4.74 IVT: 5.58. There was no statistically significant difference among groups, regardless of time; however, there was a statistically significant difference between the times (immediate and late). The specimens were analyzed in a stereomicroscope, and adhesive fracture was found between the resin and the bracket surface in all of them. The treatments did not influence the bond strength of the bonding resin to the surface of the ceramic bracket, but aging promoted a significant reduction in bond strength regardless of treatment.

Keywords: Ceramic brackets, adhesion, surface treatment.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de vida está diretamente relacionada à saúde bucal e impacta na vida diária e no bem-estar de um indivíduo (Jardim et al., 2019). A má oclusão é um dos problemas de saúde bucal mais prevalentes no mundo; estando atrás apenas da cárie e da doença periodontal. Ela é caracterizada pelo desalinhamento de dentes e discrepâncias dento faciais (Herkrath et al., 2019). As maloclusões têm impacto negativo na autoestima e consequentemente na qualidade de vida de crianças, adolescentes e adultos, bem como em suas relações psicossociais, afetivas e profissionais.

Com o crescimento da importância da estética e da exposição da imagem das pessoas pelo advento da mídia social, ter dentes alinhados e um sorriso harmônico se tornou objetivo de um número expressivo de pessoas. O tratamento ortodôntico proporciona uma solução estética e funcional para as maloclusões, demonstrando influência nos aspectos emocionais e comportamentais dos indivíduos, principalmente dos adultos (Dos Santos et al., 2016; Barbosa de Almeida et al., 2019).

O aumento do número de pacientes adultos em tratamento ortodôntico vem apresentando novos desafios para o ortodontista. Pacientes adultos também apresentam maloclusões severas, eventuais ausências de dentes, força mastigatória expressiva e maior demanda estética durante o tratamento ortodôntico corretivo, que se dá na sua maioria através do emprego de braquetes; peças cimentadas aos dentes com a função de basicamente conectar o fio ortodôntico ao elemento dentário para realizar a movimentação dos dentes até alcançar o seu alinhamento na arcada dentária.

Uma adequada força de união na colagem ortodôntica desses braquetes, que resista às forças de movimentação dos dentes e às oclusais, leva a uma alta taxa de sucesso, influenciando custo, duração do tratamento ortodôntico, eficiência do aparelho e conforto do paciente (Kaya et al., 2019). A colagem do braquete ao dente se dá através da união adesiva proporcionada pela cimentação com resinas para colagem ortodôntica. A resina composta tem sido usada na ortodontia há cerca de 30 anos. O mecanismo de adesão ao esmalte é proporcionado pelo

condicionamento com ácido fosfórico, aumentando assim a porosidade do esmalte, e consequentemente a área de superfície para a fixação mecânica dos braquetes ortodônticos.

A união do braquete ao esmalte dental está bem estabelecida, pois se trata da união de uma resina composta a esse esmalte. Esta adesão já está bem comprovada cientificamente e desde o final da década de 1970 tem sido usada para unir diretamente braquetes metálicos à superfície do esmalte, produzindo uma força de adesão adequada para resistir às forças intra-orais; sendo ainda usada atualmente (Malinowski et al. 2009). Porém a ligação entre o braquete e o dente é baseada em duas interfaces adesivas: uma, onde ocorre o intertravamento mecânico do adesivo nas micro-porosidades da superfície do esmalte criadas após o condicionamento ácido, e a outra que ocorre entre o cimento e as retenções mecânicas da base do braquete (Kang et al., 2017).

Sabemos que a colagem efetiva dos braquetes é um fator essencial para o sucesso do tratamento ortodôntico (Masioli et al., 2011), sendo que essa união ocorre de maneira satisfatória entre o cimento e os braquetes metálicos. No entanto, na população adulta, o apelo estético fez com que os pacientes ficassem insatisfeitos com a aparência da cor metálica (Malinowski et al., 2009), surgindo assim o tratamento ortodôntico com os braquetes cerâmicos.

Os braquetes cerâmicos foram introduzidos no mercado em meados da década de 1980 para atender às crescentes demandas estéticas do mundo contemporâneo. São feitos de óxidos de alumínio e apresentam muitas vantagens, dentre as quais: biocompatibilidade, estética e resistência a mudanças químicas e grandes alterações de temperatura. Existem dois tipos de braquetes cerâmicos: os de alumina policristalina e os de alumina monocristalina (Eslamian et al., 2012). É possível dizer que os braquetes metálicos têm uma maior resistência de união e que os braquetes cerâmicos policristalinos apresentam maior fragilidade em suas estruturas durante a remoção do aparelho (Kang et al., 2017). Também os braquetes cerâmicos foram desenvolvidos com retenções mecânicas com o objetivo de melhorar a sua resistência de união ao agente de cimentação. Essas retenções ou microtravamentos mecânicos, podem ser fornecidas por recortes, recessões ou através de vários desenhos na superfície de cimentação desse braquetes, como: sulcos ou buracos redondos (Eslamian et al., 2012). Estudos mostram que

braquetes cerâmicos com a superfície tratada química e mecanicamente têm maior retenção quando comparados aos com tratamento mecânico somente (Kang et al., 2017). Alguns estudos laboratoriais demonstram a eficácia do tratamento prévio das bases cerâmicas com silano e jateamento de óxido de alumínio, por exemplo (Guarita et al., 2015). No entanto, o tratamento das bases ou superfícies de cimentação dos braquetes cerâmicos não faz parte dos protocolos dos cimentos adesivos ortodônticos, as resinas para colagem ortodôntica.

Atualmente a resina Transbond XT (3M) é considerada dentro da Ortodontia como o padrão ouro para colagem ortodôntica, sendo indicada para a colagem de braquetes cerâmicos diretamente, ou seja, sem qualquer tratamento prévio da base do braquete. No entanto, conseguir uma adesão estável e duradoura entre a superfície da cerâmica e a resina para colagem, que apresente resistência às cargas mastigatórias e forças ortodônticas tem se mostrado um grande desafio clínico. Observações na prática clínica ortodôntica demonstram alta taxa de descolamento dos braquetes cerâmicos, principalmente em áreas de maior esforço mastigatório. Dessa forma se faz necessária a busca por tratamentos da base dos braquetes cerâmicos que minimizem ou solucionem essa fragilidade na resistência de união desses braquetes à resina para a sua colagem.

A literatura científica mostrou recentemente uma nova alternativa para melhorar a efetividade da adesão entre cerâmica e cimento resinoso; a aplicação de plasma atmosférico não térmico como tratamento prévio de superfície da zircônia (Guarita et al., 2015, Vilas Boas Fernandes Júnior et al., 2018). O plasma não térmico é descrito como o quarto estado da matéria juntamente com os estados sólido, líquido e gasoso. Estudos demonstram que o plasma tem sido usado em materiais policristalinos e que os íons e elétron vindos do plasma quebram os radicais estáveis da superfície policristalina promovendo descontaminação e reatividade da superfície afetada (Murakami et al., 2012). ALDmUma outra possibilidade de tratamento da superfície cerâmica é a aplicação de revestimento superficial ultrafino de dióxido de titânio pela técnica de deposição por camada atômica (ALD), que permite o aumento da molhabilidade da mesma (Astaneh et al., 2021). Outro tratamento que tem sido proposto para a superfície cerâmica demonstrado por alguns autores é a infiltração dessa superfície com vidro (Campos et al, 2021). Quando a superfície de contato da alumina é infiltrada com vidro de

aluminossilicato ou oxinitreto, que apresentam coeficientes de expansão térmica (CTE) e coeficiente de Poisson semelhante mas com módulos mais baixos que das superfícies sem infiltração, um aumento no módulo de elasticidade do vidro depositado na superfície e do interior da cerâmica, que é mais resistente, pode ser obtido, sem que haja o aparecimento de tensões residuais significativas. Esse processo de infiltração de vidro em zircônia odontológica, que resulta em melhora da adesão e resistência mecânica com esse revestimento de vidro já foi demonstrado, criando uma estrutura vidro/cerâmica que exhibe melhora na resistência estrutural, na estética e com potencial melhora nas propriedades de cimentação quando comparada à zircônia Y-TZP homogênea (Silva et al., 2019)

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união entre o braquete e a resina para colagem ortodôntica, quando a superfície da base de braquetes cerâmicos foi submetida a um dos seguintes tratamentos: plasma atmosférico não térmico, revestimento superficial de dióxido de titânio e infiltração de vidro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para facilitar a compreensão, este capítulo foi dividido em três partes:

- Ortodontia e qualidade de vida
- Braquetes cerâmicos e resistência adesiva
- Tratamentos de superfície

2.1 Ortodontia e qualidade de vida

Em 2016, Dos Santos e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a relação entre a necessidade normativa e percebida de tratamento ortodôntico associada à qualidade de vida, autoestima e autopercepção. A amostra incluiu 248 escolares de 12 anos. O aspecto normativo do tratamento ortodôntico foi avaliado pelo Componente Saúde Dentária e pelo Componente Estético do Índice de Necessidade de Tratamento Ortodôntico. Os alunos foram avaliados quanto à qualidade de vida relacionada à saúde bucal, autoestima e autopercepção da estética bucal. O Componente Estético do Índice de Necessidade de Tratamento Ortodôntico foi considerado como variável resposta. Como resultados obtiveram: a autopercepção e a autoestima foram estatisticamente significantes em relação à percepção da necessidade de tratamento. A necessidade normativa foi significativamente associada à variável de desfecho e não foi influenciada por variáveis independentes. Os autores concluíram que a necessidade normativa de tratamento ortodôntico não foi superestimada pela necessidade percebida, e a necessidade percebida não foi influenciada pelo sexo e pelo impacto na qualidade de vida.

Algum tempo depois, Herkrath e seus colaboradores em 2019, realizaram um estudo investigativo sobre a associação entre a necessidade de tratamento ortodôntico e a Qualidade de Vida Relacionada à Saúde Bucal (QVRSB) em crianças de 12 anos. O estudo também avaliou se a autoestima modifica e/ou

modera essa relação. Dados transversais de 406 escolares com 12 anos de idade foram analisados. Os dados sobre características socioeconômicas e demográficas, dor dentária, autoestima e QVRS foram coletados por meio de questionários validados. A necessidade de tratamento ortodôntico foi avaliada, através de exames dentários, utilizando o Índice Estético Dental (DAI). Regressão binomial negativa múltipla e análise de trajetória foram usadas para estimar a associação entre necessidade de tratamento ortodôntico e autoestima com a QVRSB. Foi observado um efeito modificador da autoestima na relação entre DAI e QVRSB. As crianças com menor pontuação de autoestima apresentaram pior QVRS entre aqueles com menor necessidade de tratamento ortodôntico (escore $DAI < 31$). Entretanto, a autoestima não influenciou a associação entre DAI e QVRS em crianças com maior necessidade de tratamento ortodôntico (escore $DAI \geq 31$). A autoestima atenuou o impacto da má oclusão na QVRS, em crianças com má oclusão mínima ou definitiva, mas não entre aquelas com má oclusão grave ou muito grave. A autoestima parece amortecer o impacto da má oclusão na QVRS em crianças com menor necessidade de tratamento ortodôntico.

Em 2017, Greewal e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar as mudanças na qualidade de vida em indivíduos com má oclusão antes e após a terapia com aparelhos ortodônticos. Os voluntários foram jovens adultos de 18,1 a 25,3 anos ($n = 400$). A autopercepção da estética dentária pré e pós-tratamento relacionada às variações de gênero e gravidade da má oclusão (classe I, II, III de Angle) também foi avaliada por meio do Questionário de Impacto Psicossocial de Estética Dentária (QIPED) com acréscimos de acordo com as necessidades do grupo étnico indiano. Como resultados, tiveram Impactos psicossociais estatisticamente positivos foram observados após o tratamento ortodôntico para os seis domínios do QIPED ($p < 0,001$ para todos os seis domínios). Houve uma influência semelhante de gênero e gravidade na melhora das pontuações ao longo do período em todos os domínios, embora os homens tenham mostrado o menor impacto psicológico nas preocupações matrimoniais tanto pré quanto pós-tratamento. A gravidade da má oclusão mostrou uma diferença apenas nas questões funcionais. Houve menos melhora no grupo de má oclusão de classe III em comparação com os grupos de classe I e classe II. Os autores concluíram que o tratamento ortodôntico teve impacto psicológico positivo, pois houve melhora

significativa na autoestima e na interação social dos indivíduos. Além disso, relataram que mudanças significativas ocorreram nas medidas dos domínios funcional e estético da qualidade de vida nos casos tratados ortodônticamente. Desta maneira, constataram que a gravidade da má oclusão tem impacto negativo na qualidade de vida e uma melhora significativa na qualidade de vida foi observada antes e após o tratamento ortodôntico sem diferença de gênero.

2.2 Braquetes cerâmicos e resistência adesiva

Este estudo de 2010 foi conduzido por Kukiattrakoon e seus colaboradores para avaliar a Resistência ao Cisalhamento (SBS) braquetes cerâmicos com diferentes designs em suas bases colados a dois tipos de cerâmicas. Eles analisaram o tipo de falha dos braquetes e das superfícies cerâmicas após o cisalhamento. Foram preparados 40 discos de cerâmica de cada cerâmica, divididos em quatro grupos iguais. Dez peças de cada grupo de diferentes bases de braquetes (Beads, Inspire Ice; Large round pits, Crystalline IV; and irregular base, Clarity) e um grupo de braquetes de aço inoxidável (Optimesh XRT, controle) foram colados a cerâmicas esmaltadas sob 200g de carga. Todos os espécimes foram então submetidos à avaliação SBS usando uma máquina de teste universal a uma velocidade de cruzeta de 0,2 mm por minuto. Os resultados demonstraram que para Vitadur Alpha e IPS e.max Ceram, os maiores SBS foram encontrados com Inspire Ice (25,1 +/- 2,6 e 24,9 +/- 2,1 MPa) e foram significativamente diferentes do Crystalline IV (21,6 +/- 1,1 e 20,9 +/- 1,5 MPa), Clarity (19,6 +/- 1,5 e 19,3 +/- 2,3 MPa) e Optimesh XRT (14,9 +/- 1,3 e 15,3 +/- 2,2 MPa; $p < 0,05$). Inspire Ice e Crystalline IV tiveram 100 por cento de falha adesiva, enquanto Clarity e Optimesh XRT tiveram falha de combinação. Os vários designs de base deram diferentes valores de resistência ao cisalhamento, mas todos poderiam suportar a força ortodôntica normal.

Em 2012, Eslamian e seus colaboradores realizaram um estudo in vitro que avaliou a Resistência ao Cisalhamento (SBS) entre Braquetes Ceramicos (CB) e

restaurações de Resina Composta (RC) preparadas utilizando diferentes tratamentos de superfície. Os autores contaram com quarenta e cinco pré-molares que foram restaurados com uma resina composta nano-híbrida (Tetric EvoCeram) e distribuídos aleatoriamente em três grupos de tratamento de superfície: grupo 1: 5% de ácido hidrófluorídrico (HF); grupo 2: abrasão a ar (partículas de alumina de 50 μm); e grupo 3: broca diamantada. As amostras foram coladas aos braquetes (Fascination) e expostas a termociclagem (500 ciclos). Os escores do Índice de Adesivo Remanescente (IAR) foram registrados após falha do braquete. A análise estatística revelou diferenças significativas entre os três grupos testados. Os valores de resistência ao cisalhamento no grupo 3 foram em média: $26,34 \pm 4,76$ Mpa, e no grupo 2 em média: $26,68 \pm 5,93$ Mpa. Os grupos 2 e 3 mostraram resultados significativamente superior ao grupo 1 que teve a média: $16,25 \pm 5,42$ Mpa. Altos IAR (100%) ocorreram em CBs tratados com broca de diamante, enquanto os CBs falharam principalmente na interface resina-adesivo ($p < 0,01$). Em dois terços das amostras nenhum adesivo foi deixado na restauração após o condicionamento ácido. Concluíram que os grupos receberam tratamentos de superfície com abrasão a ar foram semelhantes ($p > 0,05$) e a falha da união ocorreu principalmente nas interfaces base/adesivo, braquete/resina e adesivo.

Guarita e seus colaboradores em 2015, realizaram um estudo que avaliou a resistência ao cisalhamento de braquetes cerâmicos após diferentes tratamentos em suas bases. Os autores obtiveram setenta e cinco pré-molares selecionados e distribuídos aleatoriamente em cinco grupos ($n=15$), de acordo com o tipo de tratamento de superfície do braquete: I, sem tratamento (controle); II, jateamento com óxido de alumínio; III, jateamento de areia + silano; IV, revestimento de sílica + silano; e V, silicatização realizada em laboratório (sistema Rocatec). Os braquetes foram fixados em uma superfície de esmalte com resina Transbond XT sem condicionamento ácido. Os braquetes foram então removidos e suas bases foram submetidas a diferentes tratamentos. Posteriormente, os braquetes foram fixados novamente à superfície do esmalte e as amostras foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento (SBS). O índice de adesivo remanescente (IAR) foi então avaliado para cada amostra. Os dados foram submetidos aos testes ANOVA e Tukey ($\alpha=0,05$). Uma diferença estatisticamente significativa foi observada apenas entre o Rocatec e os outros grupos; o grupo Rocatec apresentou os menores

valores de SBS. Os maiores valores de SBS foram observados no grupo 1, sem diferença significativa em relação aos valores dos grupos II, III e IV. A maioria dos grupos apresentou maior percentual de falhas na interface esmalte-resina (escore 1). Segundo os autores, é possível concluir que os tratamentos superficiais dos braquetes cerâmicos recondicionados foram eficazes, com valores de SBS semelhantes aos do grupo controle, exceto o grupo Rocatec.

Kang e seus colaboradores em 2017 realizaram um estudo investigativo sobre as bases tridimensionais de braquetes três tipos de braquetes cerâmicos do mercado (Crystaline, INVU e Inspire Ice). Os autores compararam esses três tipos de braquetes cerâmicos com um braquete metálico (MicroArch) – que foi o grupo controle. As amostras foram lidas em um perfilômetro e vistos num microscópio. A rugosidade superficial foi anotada para cada grupo e comparadas estatisticamente entre si. Os braquetes metálicos apresentaram maiores valores de rugosidade superficial bem como maiores ranhuras em suas bases. Os autores concluíram que cada fabricante preconiza um tipo de textura superficial da base dos braquetes cerâmicos e que esta irregularidade proposital contribui para uma maior retentividade mecânica dos braquetes.

Mehmeti e seus colaboradores em 2017, realizaram um estudo laboratorial que comparou a resistência ao cisalhamento de braquetes ortodônticos metálicos e cerâmicos colados a uma superfície de óxido de zircônio, como a encontrada em restaurações protéticas, e foi avaliada o tipo de fratura desses dois tipos braquetes ortodônticos. Os autores prepararam 20 espécimes / semicírculos de cerâmica, nos quais foram colados os braquetes ortodônticos: 10 metálicos e 10 cerâmicos. O teste de cisalhamento foi realizado em uma máquina universal através de um pistão de ponta afiada movendo-se a uma velocidade fixa de 1 mm/min. A força necessária para descolar os braquetes foi registrada em Newtons, após o qual a força de cisalhamento foi calculada em MPas. Além disso, as amostras foram analisadas em um microscópio digital para determinar o índice de adesivos remanescentes (IAR). As estatísticas foram processadas pelo teste t, e o nível de significância foi definido em $\alpha=0,05$. Os autores mostraram que a resistência de união dos braquetes metálicos presas às coroas de óxido de zircônio é maior quando comparada braquetes cerâmicos, com diferença estatisticamente significativa. Segundo os autores, é possível concluir que os braquetes metálicos parecem formar uma ligação

mais forte às superfícies de óxido de zircônio em comparação com os cerâmicos, devido ao melhor modo de retenção e que braquetes cerâmicos também são mais quebradiços durante a remoção.

Almosa e seus colaboradores, no ano de 2018, avaliaram, por meio de uma revisão sistemática da literatura, a incidência de descolamento de braquetes ortodônticos durante o tratamento ortodôntico. Os autores usaram bancos de dados eletrônicos; estudos elegíveis até janeiro de 2018 foram recuperados, analisados de forma independente e foram selecionados. O Coleman Methodology Scoring System (CMS) e a ferramenta Cochrane Collaboration foram usados para avaliar a qualidade e o risco de viés nos estudos incluídos. Dos dezessete estudos incluídos pelos autores na síntese final, treze foram categorizados como Ensaios Clínicos Randomizados (ECR), um como Coorte Prospectiva e uma Pesquisa Retrospectiva, enquanto dois estudos não puderam ser categorizados. O número de pacientes nos estudos selecionados variou entre 19 e 153; a média de idade estava entre 10,5 e 38,7 anos e a proporção entre homens e mulheres era de 353:495. Quase todos os estudos tiveram um alto risco de viés, e mais da metade dos estudos teve pontuação CMS de 70 ou superior. A incidência de descolamento de braquetes variou de 0,6 a 28,3%. Os autores concluíram que a incidência de descolamento de braquetes durante o tratamento ortodôntico é alta.

Em 2018, Mohammadi e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes magnitudes de resistência de união usando diferentes resinas de colagem ortodôntica. Os autores utilizaram 420 braquetes colados em dentes bovinos. A resistência de união foi determinada usando uma máquina de ensaio universal a uma velocidade de cruzeta de 1 mm/min. Os autores concluíram que a força aplicada no braquete durante a colagem influencia a resistência de união. Segundo os autores, para obter maior resistência de união, a aplicação de força pesada seria aconselhável e recomendaram também a aplicação de forças constantes para a colagem de braquetes em estudos futuros.

Em 2019, Kaya e seus colaboradores desenvolveram um estudo laboratorial com o objetivo de comparar a Resistência de União ao Cisalhamento (SBS) de braquetes ortodônticos metálicos colados a superfícies de porcelana imediatamente e após envelhecimento. Os autores contaram com os seguintes materiais: porcelana (Vitadur Alpha (VA)) e três materiais compósitos (Filtek Ultimate (FU), Tetric

EvoCeram (TEC) e Gradia Direct Anterior (GDA)) que foram avaliados no presente estudo. Então, seguiram os seguintes passos: primeiro, 10 discos de cada material foram preparados e submetidos ao procedimento de envelhecimento por 5 anos; em seguida, para comparação, outros 10 discos de cada material foram preparados como superfícies frescas e armazenados em água destilada por 24h. Os braquetes metálicos foram colados às superfícies preparadas do disco e, após serem armazenados em água por 24h, foram submetidos ao teste de cisalhamento usando uma máquina de teste universal. As pontuações do índice adesivo remanescente (ARI) foram obtidas examinando as superfícies do disco sob um estereomicroscópio com ampliação de 10 vezes. Embora a diferença entre o SBS entre os grupos tardios e imediatos com VA, FU e TEC não tenha sido significativa, o SBS foi significativamente maior no grupo imediato com GDA. Em relação aos valores do IRA, não houve diferença significativa entre os grupos tardios e imediatos com UF e GDA, enquanto os escores do IRA dos grupos tardios com VA e TEC foram maiores. Os autores concluíram que os materiais de restauração envelhecidos exercem uma influência distinta no SBS dos braquetes ortodônticos metálicos.

Em 2019, Tümoğlu e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de comparar a taxa de falha clínica dos braquetes e as diferenças no tempo de colagem entre os sistemas de braquetes Adhesive Pre-Coated Flash-Free (APCF) e Adhesive Precoated Plus (APCP). Um total de 33 pacientes foram selecionados e 660 braquetes foram colados por 1 operador com o uso de um design de boca dividida, e as taxas de falha dos braquetes foram observadas ao longo de 6 meses. Eles concluíram que comparados com os braquetes APCP, os braquetes APCF podem reduzir o tempo de colagem sem aumentar a taxa de falha dos braquetes.

Salama e colaboradores, no ano de 2018, realizaram um estudo com o objetivo de comparar a resistência ao cisalhamento (SBS) de bráquetes ortodônticos usando dois adesivos ortodônticos: Ionômero de Vidro Modificado por Resina (IVMR) e resina composta. Os autores usaram 40 pré-molares alocados aleatoriamente em quatro grupos, 10 dentes / grupo. Braquetes novos e recolados foram colados à superfície de esmalte hígido sendo então submetidos à termociclagem. Os grupos foram compostos por: 1) braquetes novos colados com resina, 2) braquetes usados recolados com resina, 3) braquetes novos colados com

IVMR e 4) braquetes usados colados com IVMR. A resistência de união foi determinada usando uma máquina de ensaio universal a uma velocidade de 1 mm / min. Os adesivos remanescentes no esmalte após a descolagem do braquete foram avaliados de forma independente por dois investigadores que desconheciam os quatro grupos diferentes, usando o índice de adesivo remanescente (IAR). Relataram que houve diferença estatisticamente significativa no SBS dos quatro grupos ($p=0,005$). O SBS foi significativamente maior para os braquetes recolados, quando comparados aos novos. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre IVMR e resina composta. Houve mais adesivo remanescente entre os grupos de resina composta. Os autores concluíram que a resistência de união dos braquetes de aço inoxidável jateados e descolados foi maior do que os braquetes novos. Os adesivos ortodônticos de resina composta e IVMR usados neste estudo exibiram valores de SBS suficientes para a colagem de braquetes ao esmalte sólido e limpo e comparáveis entre si.

Com o objetivo de avaliar o grau de conversão (GC), a resistência à flexão (FS) e a resistência ao cisalhamento (SBS) de braquetes cerâmicos colados ao esmalte com resinas ortodônticas autoadesivas experimentais, Costa e seus colaboradores, em 2019, realizaram um estudo in vitro com braquetes cerâmicos colados ao esmalte bovino e a resistência de união foi avaliada antes e após 2.000 ciclos térmicos. Além disso, os autores utilizaram monômeros funcionais 10-metacrilóiloxi-decil-dihidrogênio-fosfato (MDP) e glicerol-dimetacrilato-fosfato (GDMA-P) para os compósitos experimentais. Em relação à adesão os autores afirmaram que o controle positivo ($8,47 \pm 0,88$ MPa) e o MDP ($7,07 \pm 2,69$ MPa) obtiveram resultados gerais superiores. Os autores afirmaram que o padrão de fratura predominante do controle positivo e MDP foi misto enquanto era adesivo para outros grupos; a resina ortodôntica contendo MDP obteve adesão semelhante a um sistema de colagem ortodôntica de três etapas convencional, com um padrão de fratura e propriedades mecânicas semelhantes; no entanto, a presença de monômeros funcionais ácidos reduziu as GC

2.3 Tratamento de superfície

Em 2008, Wang e seus colaboradores realizaram um estudo laboratorial comparativo entre dois tipos de revestimentos químicos em dois tipos de braquetes cerâmicos policristalinos de base feita com intertravamento mecânico e um tipo de braquete metálico de intertravamento mecânico. Os autores usaram resina ortodôntica Concise em 60 pré-molares extraídos para a colagem dos braquetes. A força de união foi medida com uma máquina de teste Instron e a interface descolada e o descolamento de esmalte foram examinados com microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que a maior resistência de união com uma base de braquetes de cerâmica revestida quimicamente apresentou uma maior interface descolada entre esmalte e resina, e a resistência de união mais fraca da base de intertravamento mecânico de braquetes cerâmicos e metálicos apresentou uma maior interface descolada entre braquete e resina. Não houve diferença estatística significativa nas forças de união com bases de intertravamento mecânico entre braquetes cerâmicos e metálicos. O desprendimento do esmalte foi encontrado apenas na força de união mais forte na qual havia uma base revestida quimicamente no braquete cerâmico. Não foram encontradas fraturas do braquete cerâmicos na descolagem. Os autores concluíram que a base de intertravamento mecânico do braquete cerâmico combina a resistência, durabilidade e retenção de braquete metálico, além de uma vantagem estética e sem descolamento do esmalte após a descolagem.

Zhang e seus colaboradores em 2009 mostraram que estudos clínicos revelaram várias deficiências de desempenho com restaurações de cerâmica pura à base de alumina e zircônia: fratura; propriedades estéticas pobres de núcleos de cerâmica (particularmente núcleos de zircônia); e dificuldade em obter uma forte ligação de resina e cerâmica. O objetivo desse trabalho é abordar essas questões desenvolvendo uma estrutura de vidro / zircônia / vidro (G / Z / G) com graduação funcional com melhor resistência a danos, estética e propriedades de cimentação. Os autores usaram uma composição de pó de vidro desenvolvida em laboratório e um pó fino de zircônia comercial. As microestruturas de G / Z / G foram examinadas utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados obtidos foram: estrutura G / Z / G consiste em uma camada de vidro estético de superfície externa, uma camada de vidro graduado Y-TZP e um interior Y-TZP denso. Um teste t

revelou diferença significativa ($p < 0,001$) nas cargas críticas para fratura radial de G / Z / G e Y-TZP homogêneo para ambas as espessuras de amostra. Os resultados indicaram que estruturas G / Z / G funcionalmente graduadas exibem melhor resistência a danos, estética e propriedades de cimentação, em comparação com Y-TZP homogêneo.

Em 2011, Masioli e seus colaboradores realizaram um estudo laboratorial que avaliou a influência do tratamento de superfície de resinas acrílicas na resistência ao cisalhamento de braquetes colados com resina composta. Os autores confeccionaram 140 discos de resina acrílica autopolimerizável (Duralay®), divididos aleatoriamente em 14 grupos ($n=10$). Em cada grupo, os corpos de prova receberam um tipo diferente de tratamento de superfície: grupo 1 = sem tratamento de superfície (controle); grupo 2 = silano; grupo 3 = Jato de Óxido de Alumínio (JOA); grupo 4 = JOA + silano; grupo 5 = broca diamantada; grupo 6 = broca diamantada + silano; grupo 7 = ácido fluorídrico; grupo 8 = ácido fluorídrico + silano; grupo 9 = ácido fosfórico; grupo 10 = ácido fosfórico + silano; grupo 11 = Monômero de Metilmetacrilato (MMA); grupo 12 = MMA + silano; grupo 13 = Plastic conditioner (Reliance®); grupo 14 = Plastic conditioner (Reliance®) + silano. Após o preparo de superfície, os corpos de prova foram analisados através da rugosimetria. Posteriormente, foram colados braquetes (Morelli®) de incisivo central “standard edgewise” com resina fotopolimerizável Transbond XT®, de acordo com as instruções do fabricante. Os autores relataram os seguintes resultados: o agente umectante à base de silano não teve um efeito estatisticamente significativo sobre os valores de força de adesão; os tratamentos com JOA e broca produziram maiores mudanças topográficas na superfície da resina acrílica, bem como os maiores valores de rugosidade; observou-se uma correlação não linear entre a força de adesão e a rugosidade de superfície; tratamentos com monômero e JOA resultaram nas maiores forças de adesão. Concluíram que o silano não foi capaz de aumentar a força de adesão entre braquete e resina acrílica. Sugere-se mais estudos sobre este tema, pois a força de adesão obtida foi muito baixa.

Em 2014, Lopes e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de investigar o efeito da aplicação de plasma atmosférico não térmico no ângulo de contato (AC) da água com a superfície da zircônia. Duas marcas comerciais de zircônia (Katana, Kuraray Noritake Dental e Lava, 3 M ESPE) foram usadas para

testar o tratamento de plasma (SAP, superfície) com gás argônio por um minuto (1 L / min). Para a mensuração do AC, foi colocada uma gota d'água sobre a superfície da zircônia, seguido de observação com a em microscopia óptica, e com capturas das imagens que foram utilizadas para o cálculo do AC ($n = 5$). O comportamento dinâmico da molhabilidade da superfície foi analisado através da coleta de dados do CA ao longo de um período de 70 horas. Os dados do CA foram analisados por ANOVA dois fatores e teste de Tukey (5%). Os valores basais do CA foram 66° e 68° para Katana e Lava, respectivamente. Após a aplicação do plasma, o CA foi reduzido significativamente para 36° e 31° , respectivamente. Os CAs para as zircônias Lava e Katana voltaram aos valores basais após 5 e 15h, respectivamente. O tratamento com plasma melhorou a molhabilidade da superfície da zircônia, diminuindo o AC em aproximadamente 50%. A duração do efeito do plasma nas superfícies de zircônia foi de pelo menos 5h e é dependente do material.

Metelmann e seus colaboradores em 2016, realizaram um estudo que avaliou os efeitos do Plasma Atmosférico Não Térmico (PLNT) em colagem ortodôntica ao esmalte. Alguns estudos prévios mostraram que o condicionamento com PLNT poderia, portanto, melhorar as propriedades mecânicas e físicas dos adesivos de braquete, por exemplo cimento de ionômero de vidro (GIC). Braquetes (Dentaurum, Ispringen) foram colados em 60 incisivos inferiores de bovino usando diferentes resinas ortodônticas. Para 20 amostras, o FujiOrthoLC (GC America Corp, Alsip, EUA) foi utilizado de acordo com as instruções do fabricante. Outras 20 amostras receberam tratamento CAP 60s (KINPen med, ferramenta Neoplas, Greifswald, Alemanha) antes da colagem do braquete, das quais 10 foram remedidas antes da aplicação do FujiOrthoLC e 10 permaneceram secas. Em 20 amostras, os braquetes foram colados com o Composite Transbond XT (3M / Unitek, St. Paul, EUA), seguindo as instruções do fabricante. A resistência ao cisalhamento dos braquetes nos dentes foi determinada com a máquina de teste universal Zwick BZ050/TH3A (Zwick, Ulm, Alemanha). Resultados: Os braquetes colados com o FujiOrthoLC no método padrão apresentaram resistência média ao cisalhamento de 5,5870,46 MPa. As amostras tratadas com plasma O que foi tratado com o plasma?) apresentaram valores de adesão clinicamente inaceitáveis. A adesão em dentes secos também levou a perdas espontâneas de braquetes (4 de 10 amostras). O grupo composto (Transbond XT) apresentou valores de adesão clinicamente

aceitáveis (7.971,03 MPa). Os autores concluíram que apesar do potencial promissor, o condicionamento da superfície com PLNT não melhorou as propriedades adesivas do GIC. Por outro lado, foi observada uma diminuição na resistência ao cisalhamento após o tratamento com PLNT. Investigações adicionais devem mostrar se é possível aumentar os valores de retenção de outros adesivos ortodônticos pela aplicação de PLNT e, assim, tirar proveito das características positivas e reduzir os efeitos colaterais.

Em 2018, Sena e seus colaboradores realizaram um estudo que avaliou o efeito de diferentes tratamentos de superfície e protocolos de fotopolimerização na resistência de união dos braquetes ao esmalte e o grau de conversão dos agentes de união. O estudo contou com 120 coroas bovinas que foram embebidas em blocos de resina acrílica e lixadas. Em seguida, os blocos foram divididos aleatoriamente em 12 grupos. Os braquetes metálicos foram colados ao esmalte de acordo com o fator “tratamento de superfície” (A: Ácido fosfórico; ATxt: Ácido fosfórico + Transbond XT Primer®; Tse: Primer de autocondicionamento Transbond Plus; e SBU: Scotchbond Universal®) e Fator de “polimerização” (R20: Radium-Cal®/ 20 segundos; V20: Valo Cordless® / 20segundos; e V3: Valo Cordless® /3 segundos). Segundo os autores, todas as amostras foram armazenadas por 6 meses (água, 37°C) e depois submetido a um teste de resistência ao cisalhamento (SBS). As falhas de adesão foram classificadas de acordo com o Índice de Remanescente Adesivo (IAR) e analisadas pelos testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney (5%). Utilizando os mesmos fatores, 120 discos de resina foram feitos para avaliar o grau de conversão (GC) do monômero. Os dados do SBS (MPa) e GC (%) foram analisados por análise de variância (2 fatores) e teste de Tukey (5%). Para o SBS, os fatores “polimerização” e “Tratamento de superfície” foram estatisticamente significantes entre os grupos. O maior valor de adesão foi encontrado para ATxt / V20grupo (22.2A) e o menor valor para o grupo A / R20 (1.2E) Em relação à IAR, o escore 2 foi o mais prevalente nos grupos A, ATxt, V20 e V3, enquanto o escore 4 foi o mais prevalente nos grupos Tse, SBU e R20, sem diferença significativa entre eles ($p = 1,0$). Em relação ao GC os fatores “polimerização” e “tratamento de superfície” foram estatisticamente significantes. Então, os autores concluíram que o Tse foi mais sensível às variações nos protocolos de polimerização do que os outros tratamentos

de superfície e que o tratamento A não apresentou resistência adesiva adequada ou grau de conversão.

Em 2018, Vilas Boas Fernandes Junior e colaboradores realizaram um estudo laboratorial como objetivo avaliar a resistência de união de zircônia, rugosidade da superfície e ângulo de contato após diferentes tratamentos de superfície. Os autores utilizaram blocos policristalinos de zircônia tetragonal estabilizada com Ítria (Y-TZP; $n = 9$) em 36 fatias e divididos ($n = 4$) em grupos de tratamento de superfície da seguinte forma: 2 grupos controle, consistindo em abrasão por partículas transportadas pelo ar mais primer (APP) e 10% de ataque de ácido fluorídrico mais primer (HFP) e 3 grupos experimentais que consistem em uma aplicação de plasma não térmico (NP); um plasma não térmico com aplicação de primer (NPP); e uma aplicação de ácido fluorídrico a 10%, mais aplicação de plasma não térmico e iniciador (HFNPP). Cada disco de zircônia foi cimentado em um bloco de resina pré-polimerizada. Após a cimentação, as amostras foram seccionadas para teste de resistência à microtração e para análise de rugosidade da superfície e análise de ângulo de contato. Os resultados foram submetidos à análise de variância e testes de Tukey ($\alpha=0,05$). De acordo com os autores, os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos APP e HFNPP, mas esses dois grupos apresentaram ligação estatisticamente melhor do que os grupos HFP, NP e NPP. Os autores concluíram que a abrasão por partículas transportadas pelo ar resultou em um aumento significativo da rugosidade da superfície em comparação com os outros grupos; após o tratamento com plasma não térmico, o ângulo de contato da superfície da zircônia diminuiu em 48 horas; a aplicação de plasma não térmico para tratamento de superfície de zircônia não mostrou diferença significativa na resistência de união quando comparada à abrasão de partículas no ar.

Em 2018, Nogueira e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a resistência de união, energia de superfície e tipos de fratura de dois sistemas cerâmicos após diferentes formas de tratamento de superfície associada à aplicação do plasma atmosférico não térmico. Para o estudo foram obtidas quarenta placas de zircônia (12 mm x 5 mm x 1,5 mm) de dois tipos (E.max ZirCad e Calypso), polidas e limpas por ultrassom durante 5 minutos. Divididas aleatoriamente em 2 grupos de acordo com o sistema cerâmico e 4 subgrupos ($n=5$) de acordo com o tratamento de superfície, (I) controle (primer), (II) jateamento com

partículas micrométricas de alumina (Al_2O_3) + primer, (III) jateamento com partículas micrométricas de alumina (Al_2O_3) + plasma + primer, (IV) plasma + primer. Foram confeccionados cento e vinte cilindros de resina composta (Z100), utilizando matrizes cilíndricas (1,0 mm x 3,0 mm) cimentadas com cimento resinoso, Multilink N, sobre as placas de zircônia. Os espécimes foram armazenados em água destilada durante 24 horas a 37° C, depois testados para microcisalhamento em máquina de teste Shimadzu EZ a 1,0 mm/min. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística para comparação entre os grupos E.max e Calypso em relação à resistência à união (força/área MPa), ângulo de contato e os tipos de fratura. Os dados foram analisados pelos testes ANOVA One-Way e Kruskal-Wallis para resistência de união ($p=0,003$) e ($p=0,005$) e ângulo de contato ($p<0,001$) e ($p<0,001$). Não houve diferença significativa para os dados de fratura ($p=0,145$), pelo teste quiquadrado, com predomínio de fraturas mistas. Os valores de resistência de união das cerâmicas Y-TZP apresentaram maiores valores quando o plasma foi associado ao jateamento com óxido de alumínio e/ou primer e a aplicação somente do plasma não superou os valores alcançados pelas outras formas de tratamento da superfície. Essa associação resultou em menores valores dos ângulos de contato. Houve maior frequência de fraturas mistas quando realizado somente o tratamento com óxido de alumínio e quando em associação com o plasma.

Em 2018, Silva e seus colaboradores investigaram a influência de diferentes tratamentos de superfície na energia superficial da zircônia, rugosidade e resistência de união ao microcisalhamento. Utilizaram quarenta e oito fatias de policristal de zircônia tetragonal (Y-TZP-VITA In-Ceram® YZ para inLab®) (6,4 x 3,2 x 1,6 mm) e foram divididas em 3 grupos de acordo com o tratamento de superfície ($n = 16$): YTZP_controle – sem tratamento; YTZP_plasma - tratamento de superfície com plasma não térmico de oxigênio; YTZP_primer - revestimento com primer cerâmico. A energia superficial ($n = 6$) foi medida com um goniômetro e a rugosidade da superfície ($n = 10$) foi analisada com um profilômetro 3D. Nos mesmos espécimes de rugosidade superficial, sobre a superfície da zircônia tratada, o cimento resinoso (PANAVIA V5 - Kuraray Noritake Dental) foi utilizado. Após 24 h de armazenamento, foi realizado o teste de microcisalhamento. Os dados foram analisados por ANOVA one-way e teste post-hoc de Tukey ($p<0,05$). Os espécimes tratados com plasma não térmico de oxigênio exibiram energia de superfície e força de união

estatisticamente significantes quando comparados aos grupos controle e primer. O teste de rugosidade não detectou diferença estatística entre os grupos testados. Os autores concluíram que o plasma não térmico pode ser uma alternativa adequada para o tratamento de superfície de zircônia antes da cimentação, pois melhorou a resistência de união ao microcisalhamento e forneceu maior energia de superfície sem afetar a rugosidade da superfície.

Em 2019, Mendonça e colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito do jateamento de óxido de alumínio (AOS), aplicação de plasma não térmico de argônio (APL) e sua combinação (AOS + APL) na resistência ao cisalhamento (SBS) de cimento resinoso dual (Panavia F 2.0, Kuraray Noritake) a duas cerâmicas a base de zircônia (Lava, 3M ESPE e Katana, Kuraray Noritake). Cento e vinte placas de zircônia (13 mm de comprimento X 5 mm de largura X 1 mm de espessura) foram preparadas e tratadas de acordo com os seguintes tratamentos: 1- AOS; 2- APL; 3- AOS + APL; e, 4 - nenhum tratamento (controle). Após os tratamentos, cilindros de cimento resinoso (1,4mm de diâmetro x 1mm de altura) colados à superfície de zircônia foram obtidos através de uma matriz de silicone. O ensaio de cisalhamento foi realizado após armazenamento das amostras por 24 horas e um ano. Os valores de resistência de união foram registrados em MPa e os dados foram analisados por ANOVA três fatores e teste de Tukey (0,05). Em geral, AOS e AOS + APL apresentaram os maiores SBS. Após um ano de armazenamento, o SBS do cimento resinoso para a zircônia Katana não reduziu, independentemente do tratamento de superfície da zircônia. Concluíram que AOS sozinho foi capaz de aumentar o SBS do cimento resinoso para ambas as zircônias em comparação com o controle e o SBS permaneceu estável após um ano dependendo do tipo de zircônia.

Skallevold e seu colaboradores, em 2019 revisaram a literatura sobre a utilização de materiais com compostos bioativos baseado na ativação de células do sistema imunológico ou de diferentes proteínas do corpo. Naturalmente, esses compostos estimulam o crescimento natural de tecidos duros e moles a longo prazo. Um dos biomateriais atuais é conhecido como Vidro Bioativo. As propriedades bioativas tornam o Vidro Bioativo útil a diversas aplicações clínicas como a regeneração de tecidos duros em medicina e em odontologia. Os autores concluíram que, na Odontologia, o Vidro Bioativo pode ser utilizado em diversas áreas: materiais

restauradores dentários, agentes mineralizantes, como material de revestimento para implantes dentários, capeamento pulpar, tratamento de canais radiculares e abrasão a ar, por exemplo.

Em 2019, Weiner e seus colaboradores realizaram uma revisão de literatura sobre a deposição de camada atômica (ALD) que fornece filmes de nanopartículas a serem depositados em superfícies externas e internas de alguns materiais. Segundo os autores os filmes podem ser depositados de forma contínua ou semi contínua. Esta revisão começou com uma breve história inicial da partícula ALD. Na discussão, os autores incluíram processamento de reator agitado, deposição de camada atômica e molecular (MLD), revestimento de partículas inorgânicas e poliméricas, nanopartículas e nanotubos. Por fim, apresentaram uma série de aplicações e um caminho a ser seguido em relação a deposição dos filmes.

Em novembro de 2020, Yan e seus colaboradores realizaram um estudo que avaliou a deposição de camada atômica (ALD) que é uma tecnologia de deposição de filme em nanoescala com as vantagens de boa estabilidade, consistência e conformabilidade. Neste estudo, os autores propuseram depositar filmes de sílica (SiO_2) sobre óxido de zircônio (ZrO_2) dental por ALD para obter melhores filmes de SiO_2 e maior resistência de união entre ZrO_2 e resina. Para investigar a superioridade do filme depositado por ALD, outros métodos de modificação de superfície, como sol-gel, hidrólise de fase de vapor e automontagem eletrostática foram comparados em termos de resistência de união a curto e longo prazo entre ZrO_2 e resina, medido por máquina de ensaios universal. Enquanto isso, a morfologia da superfície e a análise química elementar foram caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectrômetro dispersivo de energia (EDS) e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Os resultados mostraram que os filmes de SiO_2 depositados por ALD foram uniformes e consistentes, enquanto a hidrólise de sol-gel e fase de vapor formaram filmes de SiO_2 com rachaduras ou poros, alterando a morfologia do ZrO_2 . Concluíram que ALD teve os melhores resultados entre todos os métodos e aumentou a resistência de união de 1,60 MPa para 1,63 Mpa, o que disseram melhorar a taxa de sucesso a longo prazo das próteses dentárias de ZrO_2 .

Astaneh e seus colaboradores, em 2021, realizaram uma revisão de literatura sobre a funcionalização de superfícies como uma abordagem eficaz para

melhorar e aprimorar as propriedades dos materiais dentais. Escolheram realizar uma revisão da deposição de camada atômica (ALD) na área de materiais odontológicos. ALD é uma técnica bem estabelecida de deposição de filme fino. Ele está sendo usado para funcionalização de superfície em diferentes tecnologias e aplicações relacionadas com a biologia. Com o controle da espessura do filme até a escala de comprimento öngström e filmes finos conformados uniformes mesmo em substratos 3D complexos, filmes finos de alta qualidade e sua reprodutibilidade são vantagens notáveis do ALD sobre outros métodos de deposição de filmes finos. ALD de baixa temperatura permite que substratos sensíveis à temperatura sejam funcionalizados com filmes ultrafinos de alta qualidade também. Segundo os autores, ALD é um método promissor para modificação de superfície de materiais odontológicos. Diferentes aspectos de materiais dentários convencionais que podem ser aprimorados usando ALD são discutidos. Além disso, a influência de diferentes filmes finos de ALD e sua microestrutura nas propriedades de superfície, resistência à corrosão, atividade antibacteriana, formação de biofilme e compatibilidade de osteoblastos são abordadas. Dependendo do estágio de avanço dos materiais estudados relatado na literatura, esses estudos são então categorizados em quatro estágios: fabricação e caracterização, estudos in vitro, estudos in vivo e testes em humanos. Materiais revestidos com filmes finos ALD com aplicações odontológicas potenciais também são apresentados nesta revisão. Os autores concluíram que o estudo atual pode servir como um guia para trabalhos futuros sobre o uso de ALD na funcionalização de superfícies e materiais em aplicações odontológicas atualmente.

Em 2021, Jo e seus colaboradores realizaram um estudo com o objetivo de criar uma camada uniforme de zircônia mesmo na superfície de estruturas complexas com deposição de camada atômica (ALD). Foi avaliado o impacto da zircônia cristalina depositada por ALD na adesão bacteriana e na viabilidade dos osteoblastos na superfície de implantes dentários. Os autores usaram zircônia amorfa que foi depositada usando um reator de deposição de camada atômica (Atomic Classic, CN1, Hwaseong, Coreia) em discos de titânio. O aquecimento das amostras a 400°C resultou na cristalização. As amostras foram divididas em três grupos: o grupo controle, o grupo portador de ALD-zircônia amorfa (grupo Z) e o grupo tratado termicamente após deposição de ALD de zircônia (grupo ZH). A superfície de cada amostra foi analisada, seguida da avaliação de adesão de

Streptococcus mutans e *Porphyromonas gingivalis*, e viabilidade e diferenciação de células MC3T3-E1. Os autores relataram que a adesão de *S. mutans* e *P. gingivalis* foi significativamente reduzida nos grupos Z e ZH em comparação com o grupo controle ($P < 0,05$). A viabilidade das células MC3T3-E1 foi significativamente aumentada no grupo ZH em comparação com o grupo controle ($p < 0,001$), enquanto nenhuma diferença significativa foi observada no grupo Z ($p > 0,05$). A diferenciação das células MC3T3-E1 mostrou um aumento marginalmente significativo no grupo ZH em comparação com o grupo controle ($p < 0,1$), enquanto nenhuma diferença significativa foi encontrada no grupo Z ($p > 0,1$). Assim, os autores concluíram que em comparação com o grupo de titânio puro, os grupos que foram revestidos com zircônia via ALD mostraram uma diminuição da adesão de *S. mutans* durante os estágios iniciais de formação de biofilme e *P. gingivalis* reduzindo a presença de peri-implantite, e um aumento em MC3T3-E1 mostrando viabilidade e diferenciação celular. Os resultados indicam a possibilidade de tratar a superfície do implante para reduzir a peri-implantite e melhorar a osseointegração.

Em 2021, Campos e seus colaboradores relataram que a necessidade de melhorar as propriedades mecânicas em regiões de maiores cargas mastigatórias levou à introdução da zircônia na odontologia. No entanto, a zircônia precisa de uma caracterização e esmalte para ter uma aparência mais natural, semelhante a um dente. O autor desenvolveu um vidro experimental com base no método sol-gel para exibir um coeficiente de expansão térmica semelhante ao apresentado pela zircônia. O vidro experimental foi utilizado como material de envidraçamento na superfície de zircônia (Vita YZ) previamente sinterizada. Houve redução significativa na rugosidade e dureza do material, ocasionada pela formação de um revestimento de vidro liso, sem vazios e altamente uniforme. O vidro infiltrou-se entre os grãos superficiais de zircônia e causou a formação de zircônia monoclinica na interface zircônia / vidro. Uma diminuição consequente na rugosidade da superfície e um aumento na resistência à flexão e confiabilidade foi então observada no grupo de vidro experimental. Por outro lado, foi observada uma diminuição significativa na confiabilidade do grupo envidraçado convencionalmente. Portanto, o uso de vidro experimental em vez de esmalte convencional pode melhorar as propriedades mecânicas, suavidade e confiabilidade mecânica da zircônia totalmente sinterizada.

3 PROPOSIÇÃO

Investigar e avaliar a resistência de união, imediata e após envelhecimento, entre braquetes cerâmicos e a resina para colagem ortodôntica, quando a superfície da base dos braquetes foi submetida a um dos seguintes tratamentos: plasma atmosférico não térmico, deposição de camada atômica de dióxido de titânio e infiltração de vidro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais que foram utilizados, bem como suas respectivas composições e fabricantes, estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Materiais utilizados

MATERIAL	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO
Braquete Cerâmico ICERAM	Orthometric – Marília SP	99% Oxido de Alumina Policristalino.
Resina TRANSBOND XT	3M ESPE, Saint Paul, Minnesota, USA	Matriz orgânica: Bis-GMA e TEGDMA Matriz inorgânica: Sílica silanizada com 70 a 80% em volume; n-dimetil benzocaína, hexa-flúor-fosfato, canforoquinona.
Condicionador Ácido Fosfórico Condac	FGM Produtos Odontológicos. Joinville - SC – Brasil	Ácido ortofosfórico 37%, corante.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Delineamento experimental

- Hipóteses de nulidade:

a) H0a – diferentes tratamentos experimentais da base do braquete cerâmico: plasma atmosférico não térmico, deposição de camadas atômicas e

infiltração de vidro não têm influência significativa na sua resistência de união à resina para colagem ortodôntica;

- b) H0b – o tempo de armazenamento, imediato ou após envelhecimento, não influencia na resistência de união entre a resina para colagem ortodôntica e o braquete cerâmico.

- Foram utilizados 48 dentes humanos (terceiros molares extraídos) íntegros, obtidos em arquivo de consultório particular através de assinatura de cessão de dentes pelos responsáveis técnicos dos consultórios em questão, mediante aprovação do Comitê de Ética (Anexo A).

- Substratos Tratados: braquetes cerâmicos;
- Tipos de tratamento: plasma atmosférico não térmico, deposição por camada atômica, infiltração de vidro.
- Variáveis-resposta: resistência de união da resina para colagem ortodôntica à superfície da base do braquete.
- Metodologias: goniometria para mensuração prévia do ângulo de contato superficial, ensaio mecânico de cisalhamento para mensuração da resistência de união e análise das fraturas para identificar a área da fratura pós o ensaio mecânico.

4.2 Confeção dos espécimes

Após extração, os dentes coletados foram limpos, armazenados em soro fisiológico e congelados até serem iniciados os procedimentos laboratoriais. Foram realizados cortes na junção cimento/esmalte em torno de alta rotação, utilizando um disco diamantado, com a finalidade de separar a coroa da raiz. Somente a porção coronária de cada dente foi utilizada (Figuras 1A e 1B). As raízes foram encaminhadas para estudos realizados pelo grupo de pesquisa em Endodontia do Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos - Unesp. A coroa de cada dente foi dividida no sentido méso-distal gerando duas hemifaces: vestibular e lingual (Figura 1C). A área mais plana do terço médio de cada face foi demarcada

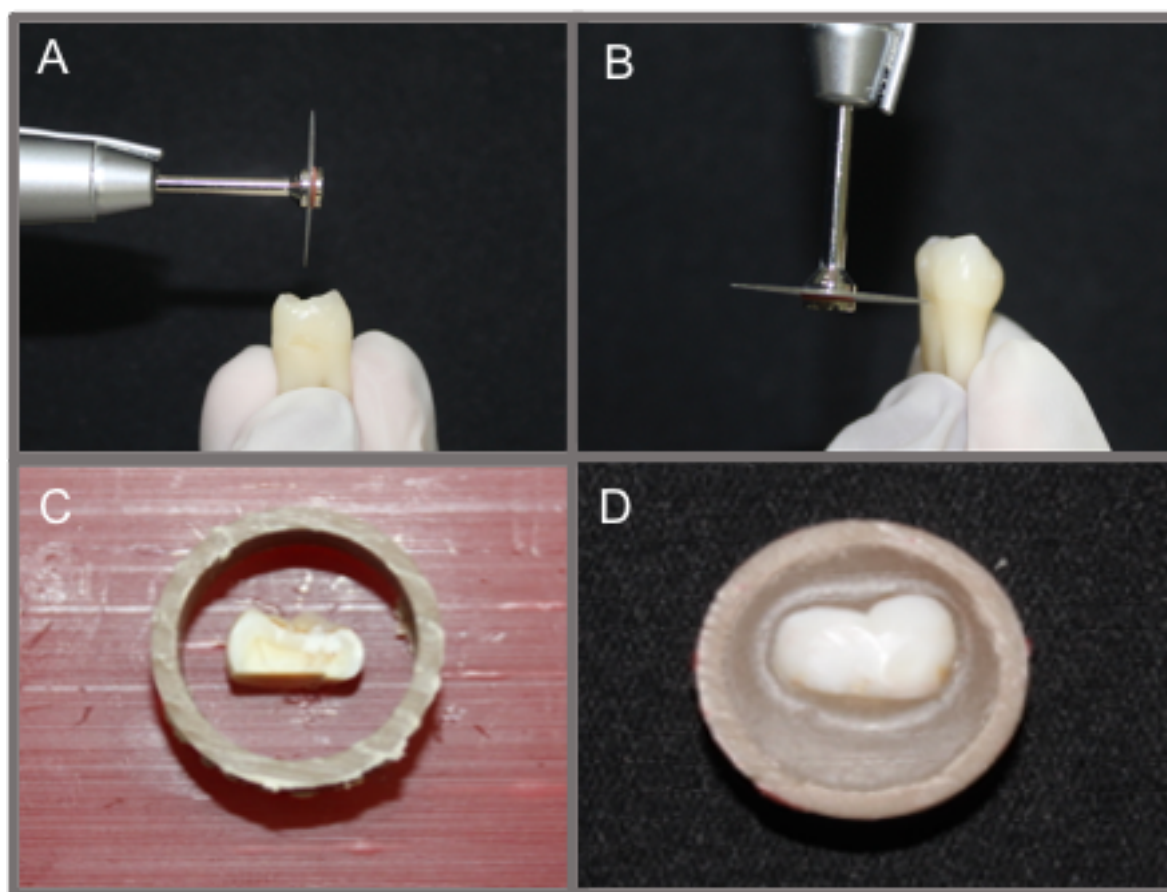
para a posterior cimentação do braquete. As coroas foram embutidas em tubos de policloreto de vinil (PVC) de formato cilíndrico com medidas internas de 2,0 cm de altura e 2,0 cm de diâmetro, preenchido com resina acrílica quimicamente ativada incolor (Jet, Artigos Odontológicos Clássicos), de forma que as faces vestibular ou lingual ficassem expostas (Figura 1D).

Os 48 dentes foram aleatoriamente divididos em 8 grupos (n=12) de acordo com o tratamento do braquete e o tempo de envelhecimento previamente à realização dos ensaios mecânicos de cisalhamento (imediato, 48h; e, tardio, após envelhecimento artificial acelerado por 10.000 ciclos, correspondente a 1 ano clínico): Grupo BCI: sem tratamento, teste imediato; Grupo BCT: sem tratamento, teste tardio; Grupo PAI: aplicação do plasma sobre a base do braquete por 1 minuto, teste imediato; Grupo PAT: aplicação do plasma sobre a base do braquete por 1 minuto, teste tardio; Grupo ALDI: deposição do revestimento por camadas atômicas na base do braquete, teste imediato; Grupo ALDT: deposição do revestimento de camadas atômica na base do braquete, teste tardio; Grupo IVI: infiltração do vidro sobre a base do braquete, teste imediato; e, Grupo IVT: infiltração do vidro sobre a base do braquete, teste tardio.

Sobre a superfície de esmalte exposta foi delimitada a área adesiva equivalente ao tamanho da base do braquete (Orthometric Iceram roth 022 - 31, 32, 41 e 42), utilizando fita adesiva ácido resistente (Scotch 3M) (Figura 2A). Esta área foi condicionada com ácido fosfórico 37% durante 15 segundos (Figura 2B) seguido de lavagem com jato de água e secagem com jato de ar livre de óleo a uma distância de 10 mm. Foi então aplicado vigorosamente sobre a superfície durante 20 segundos, com um *microbrush*, o sistema adesivo (Transbond XT, 3M) (Figura 2C) seguido de um jato de ar para deixar uma camada homogênea do produto e fotopolimerizado por 10 segundos, utilizando aparelho fotopolimerizador XL3000 (3M ESPE). A resina de colagem ortodôntica (Transbond XT, 3M) foi aplicada em uma fina camada sobre a superfície da base do braquete, após um dos tratamentos propostos, com um auxílio de uma espátula de resina; e, posicionada sobre a área de esmalte previamente delimitada e tratada. Foi mantido em posição através de pressão digital contra a superfície do dente, permitindo assim o escoamento da resina e a formação de uma fina película, após a remoção dos excessos antes da sua fotopolimerização por 10 segundos

As amostras separadas de acordo com seus grupos, foram submetidas a estresse térmico em uma máquina de termociclagem (MSCT-3, Marcelo Nucci ME, São Carlos, SP), por imersão em banhos de $50\text{ C} \pm 1$ e $55\text{ C} \pm 1$, por 1 min cada. O tempo de permanência entre os banhos foi de 15s. Um total de 10.000 ciclos foram realizados (Gale, Darvell, 1999). Após envelhecimento, as amostras foram armazenadas em saliva artificial pelo período de 30 dias até passarem pelo teste tardio de cisalhamento.

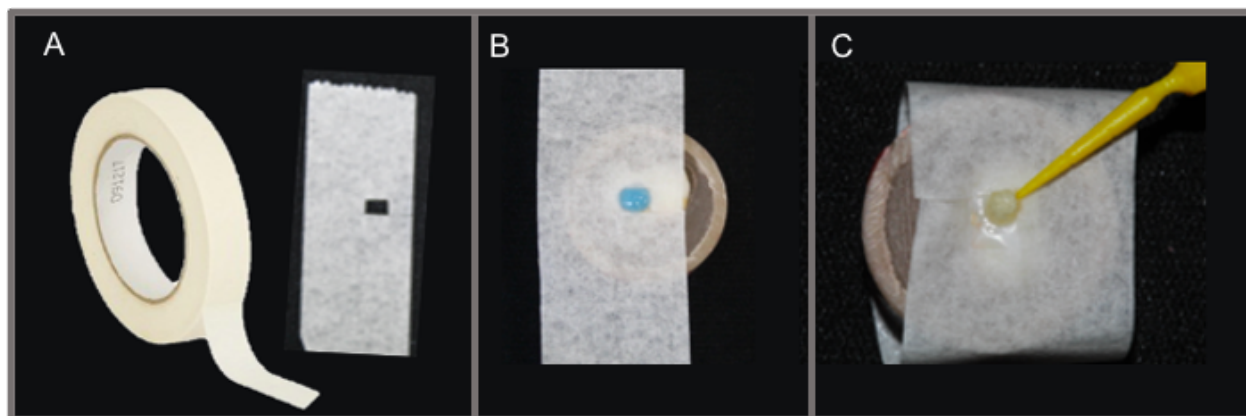
Figura 1 - Corte e embutimento dos dentes



Legenda: A e B) terceiro molar sendo seccionado em vestibular, lingual, coroa e raiz; C) cano PVC cortado e superfície dental posicionada para o embutimento de resina; D) superfície embutida em resina acrílica.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 - Janela de fita adesiva, condicionamento ácido e aplicação do adesivo



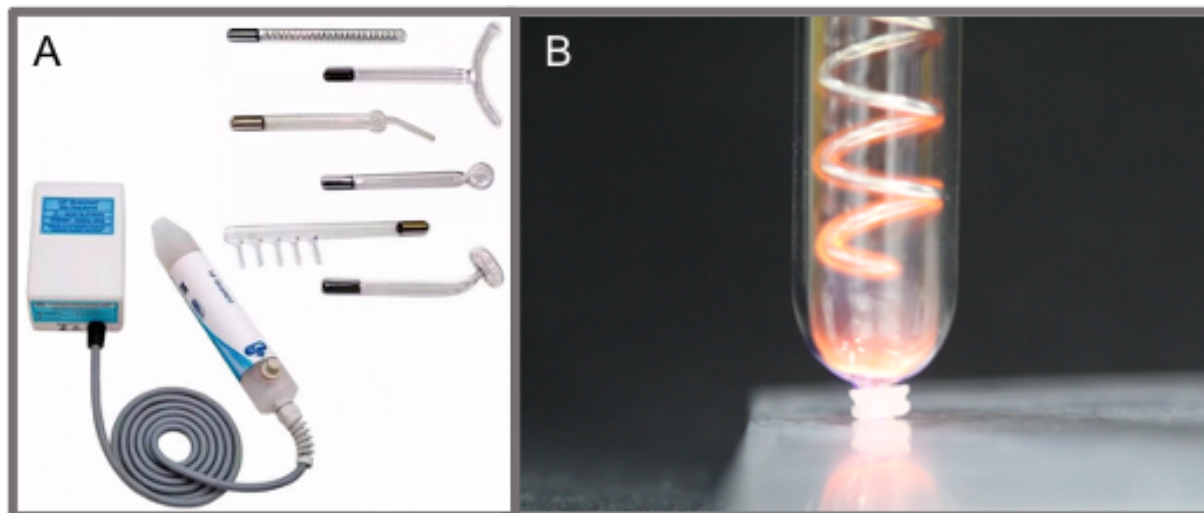
Legenda: A) Janela de mesmo tamanho da base do braquete realizada através de um recorte na fita adesiva; B) esmalte sendo condicionado com ácido fosfórico a 37%; C) adesivo sendo aplicado no esmalte.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Aplicação do Plasma

O equipamento utilizado foi o Plasma Ibramed HF. Foi empregado o plasma a uma taxa de fluxo de massa de 1 L/min. que gera um fecho de emissão de plasma de 10 mm de comprimento. A caneta emissora de plasma (Figura 3 A) teve a ponta posicionada perpendicularmente a 2 mm da superfície dos braquetes pelos tempos determinados conforme na figura abaixo.

Figura 3 - Caneta emissora de plasma e braquete recebendo a aplicação do plasma



Legenda: A) caneta do plasma aplicando na superfície adesiva do braquete.

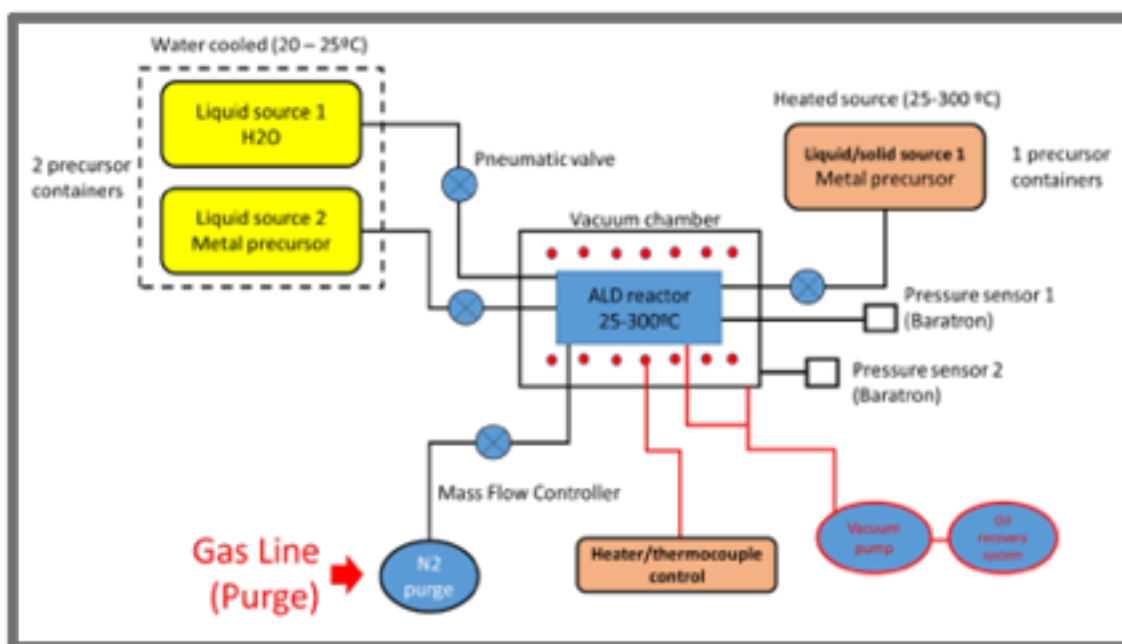
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Deposição da Camada Atômica (ALD)

Os filmes de TiO_2 foram depositados uniformemente por toda superfície dos braquetes por um sistema de deposição por camadas atômicas (*atomic layer deposition*, ALD) operando em modo térmico a temperatura de $100\text{ }^\circ\text{C}$. Para isso, foram utilizados os seguintes períodos de pulso dos precursores para o ciclo ALD do TiO_2 : Pulso de TiCl_4 de $0,25\text{ s}$; primeira purga de 2 s ; Pulso de H_2O de $0,25\text{ s}$; segunda purga de 2 s . Como gás de purga foi utilizado o nitrogênio (N_2 5.0, 99,999% de pureza). Durante o processo, os vapores dos precursores foram transportados para dentro da câmara de reação a partir de reservatórios externos mantidos com TiCl_4 líquido (Pureza 99,95% de Sigma-Aldrich) e água deionizada à temperatura de $21\text{ }^\circ\text{C}$. Foi utilizado um tubo capilar, adaptado ao reator, para controlar o fluxo precursor injetado na câmara ALD apenas pela ação da pressão de vapor precursor, isto é, não foi utilizado um sistema de borbulhamento. A pressão de base do reator foi inferior a 10^{-2} mbar e, durante a deposição, a pressão do gás foi mantida a cerca de $1,0\text{ mbar}$ através da inserção de 300 sccm de N_2 . Neste trabalho, o número de ciclos de reação foi fixado em aproximadamente 500 (de

acordo com informações do fabricante) visando a deposição de um filme com aproximadamente 50 nm de espessura (Figura 4).

Figura 4 - Esquema representativo da máquina de deposição de camadas atômicas



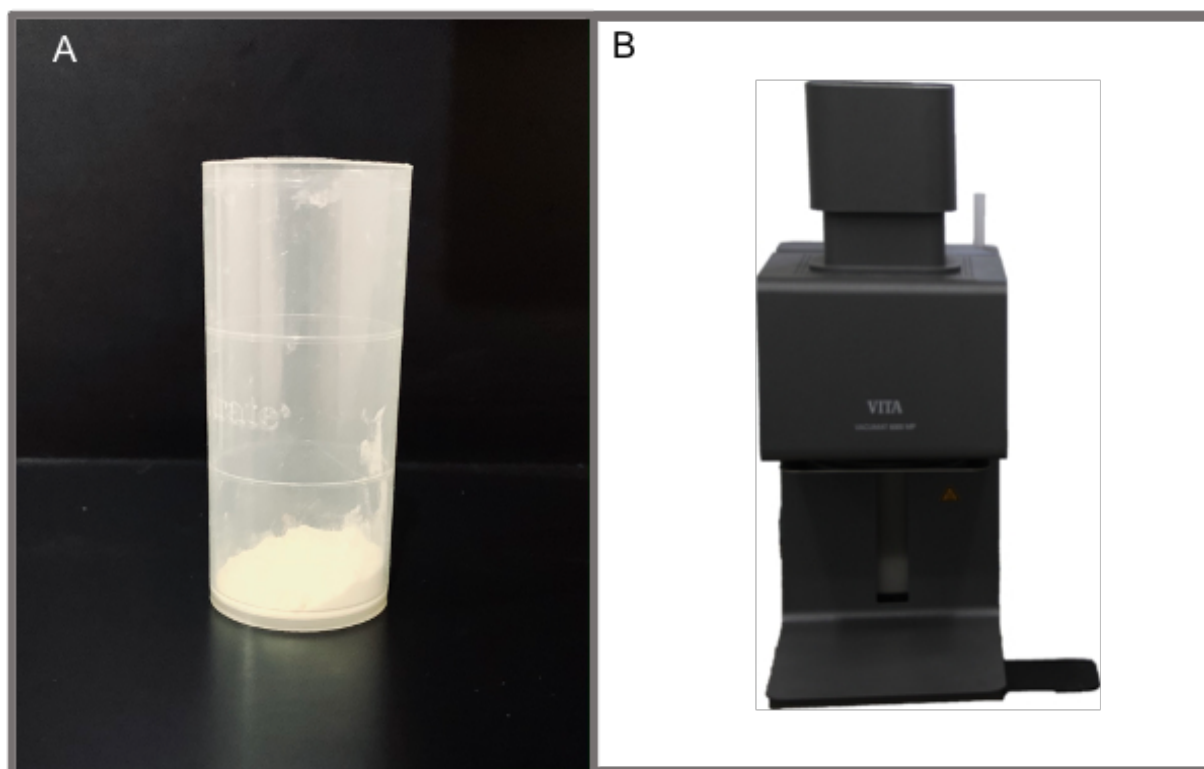
Legenda: Esquema representativo da máquina de deposição de camadas atômicas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 Infiltração do Vidro

O método consistiu em colocar, na superfície da base do braquete, uma quantidade de vidro composto de SiO₂ (65,5 %), Al₂O₃ (11,7%), K₂O (10,0 %), Na₂O (7,3%), CaO (3,0 %) e Tb₄O₇ (1,9 %) (Figura 5 A). O sistema (zircônia + vidro) é aquecido a 1550 °C por duas horas (Equipamento: forno de cristalização de cerâmicas / Marca: VITA - modelo: Vacumat 6000MP – Instituto de Ciência e Tecnologia Unesp. Figura 5B) Com a fusão da fase vítrea, essa fase se difundiu pelos poros da cerâmica.

Figura 5 - Vidro em pó e forno de cristalização de cerâmicas



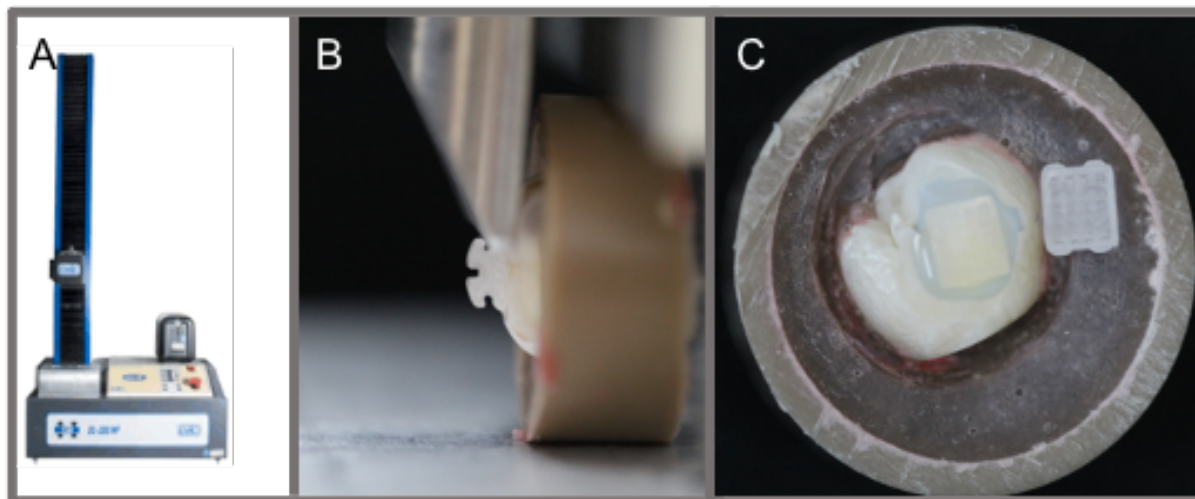
Legenda: A) Vidro elaborado por Tiago Moreira Bastos Campos B) forno de cristalização de cerâmicas.;

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Ensaio de resistência ao cisalhamento

Decorrido os períodos de armazenamento os espécimes foram adaptados a um dispositivo para ensaio de resistência de união ao cisalhamento acoplado à máquina de ensaios mecânicos (EMIC 2000) (Figura 6 A), com célula de carga de 50 Kgf. Antes da realização dos ensaios, o dispositivo foi cuidadosamente alinhado para permitir que o carregamento fosse aplicado o mais próximo possível da interface de união braquete/esmalte (Figura 6 B). O carregamento foi realizado com velocidade de 1 mm/min até o descolamento do braquete (Figura 6 C). A resistência de união ao cisalhamento foi calculada dividindo-se a força máxima registrada durante o ensaio (em N) pela área de união (em mm²) e expressa em MPa.

Figura 6 - Ensaio de resistência ao cisalhamento



Legenda: A) EMIC – Máquina Universal de Ensaio; B) espécime no momento do ensaio de resistência ao cisalhamento; C) espécime logo após o ensaio - braquete descolado.
Fonte: elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS

Para melhor compreensão, os dados obtidos foram apresentados em três partes: testes pilotos, análise estatística dos dados da resistência adesiva e análise do tipo de fratura.

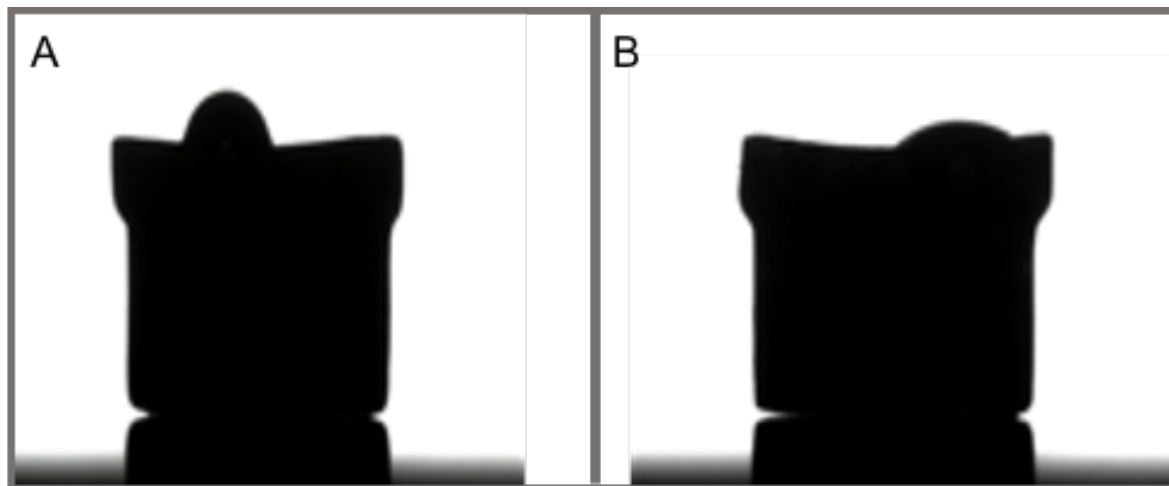
5.1 Testes Pilotos

Alguns testes pilotos foram realizados com o objetivo de avaliar as características básicas dos materiais que foram utilizados neste trabalho:

5.1.1 Goniometria

A mensuração prévia do ângulo de contato mostrou-se necessária na avaliação de um dos tratamentos propostos para a superfície adesiva dos braquetes cerâmicos, visto que iríamos utilizar uma unidade experimental comercial de plasma não térmico (Plasma Ibramed HF). Foi possível observar através da capacidade de escoamento de um líquido na superfície da base de ambos braquetes (Figura 7 A e 7 B); com e sem o tratamento com plasma, um significativo aumento no ângulo de contato na superfície tratada, justificando assim a avaliação do uso da unidade experimental em questão.

Figura 7 - Teste de goniometria



Legenda: A) bolha d'água em braquete sem aplicação do plasma; B) bolha d'água em braquete com aplicação do plasma.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.1.2 Resistência a altas temperaturas

A aplicação da camada de vidro foi realizada em condições de alta temperatura (1550°C/ 2h). Testes prévios foram realizados nos braquetes cerâmicos com o objetivo de verificar sua resistência quando submetidos a essa temperatura. Concluímos que o braquete cerâmico em questão não sofreu nenhum tipo de degradação estrutural, mantendo a sua resistência flexural; habilitando dessa forma o tratamento da superfície da sua base pela técnica da infiltração vítrea.

5.2 Estatística

Após a coleta de todos os dados dos grupos submetidos ao teste cisalhamento, realizamos a estatística completa. Quando comparamos o fator “tratamento” e “tempo” não foi possível identificar diferença estatisticamente significativa. Os grupos entre si apresentaram homogeneidade tanto em relação aos diferentes tratamentos quanto em relação ao envelhecimento acelerado.

Após realizarmos o teste de normalidade, o próximo teste empregado foi o Anova 2 fatores com medidas repetidas considerando tempo como fator independente e tratamento como fator dependente. Abaixo, temos a tabela do teste ANOVA e o teste Tukey para comparação dos valores obtidos.

Tabela 1 - Teste ANOVA 2 Fatores com medidas repetidas

ANOVA - RESUMO	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<u>Intercept</u>	<u>7989,668</u>	<u>1</u>	<u>7989,668</u>	<u>320,3845</u>	<u>0</u>
Tratamento	115,175	3	38,392	1,5395	0,209918
Tempo	1593,57	1	1593,57	63,9019	0
Tratamento*Tempo	118,282	3	39,427	1,581	0,199658
Error	2194,522	88	24,938		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 - Teste Tukey

Tempo	Cisalhamento - Média		
Tardio	5,04854	***	
Imediato	13,19708		***

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 - Média dos grupos em MPa

Grupo	Média MPa
BCI	13,75
PAI	15,66
ALDI	9,73
IVI	13,65
BCT	5,71
PAT	4,36
ALDT	4,73
IVT	5,38

Fonte: Elaborado pelo autor.

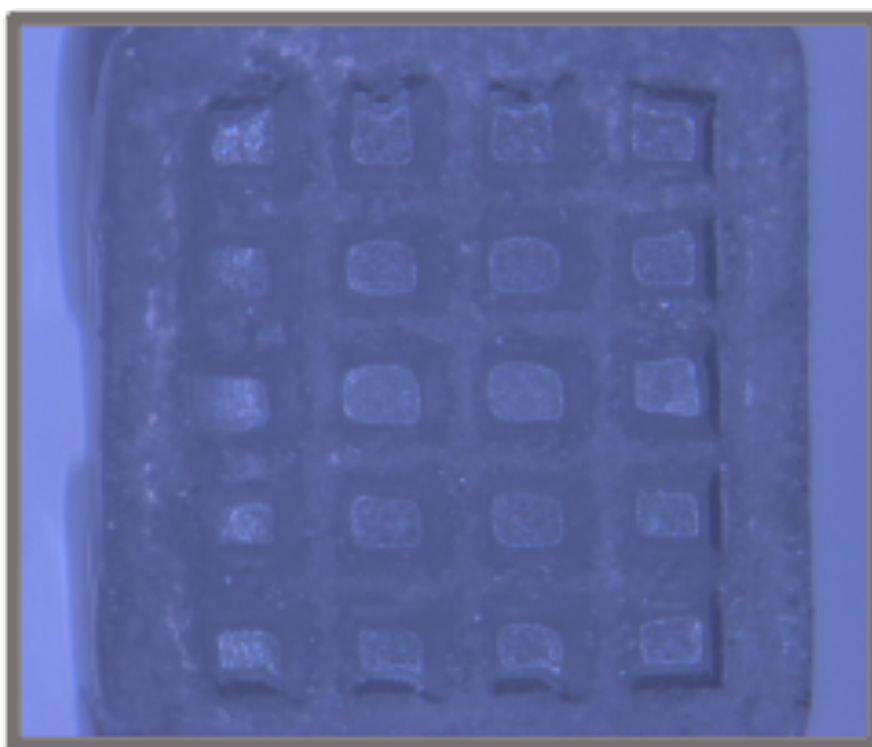
Os dados obtidos nos mostraram três cenários:

- 1) Não houve diferença estatisticamente significativa quando comparado os grupos entre si após o cisalhamento imediato
- 2) Não houve diferença estatisticamente significativa quando comparado os grupos entre si após o cisalhamento tardio
- 3) Houve diferença estatisticamente significativa entre os tempos; após o envelhecimento os espécimes cisalhados apresentaram uma diminuição considerável na resistência de união.

5.3 Análise das fraturas

Na figura abaixo temos a superfície da base de um braquete cerâmico sem tratamento (Figura 8A). É possível notar as ranhuras e entranhas mecânicas desses braquetes. Como esse braquete não foi cisalhado, adotamos essa imagem como imagem controle para analisar a demais superfícies das bases dos braquetes após os testes de resistência de união.

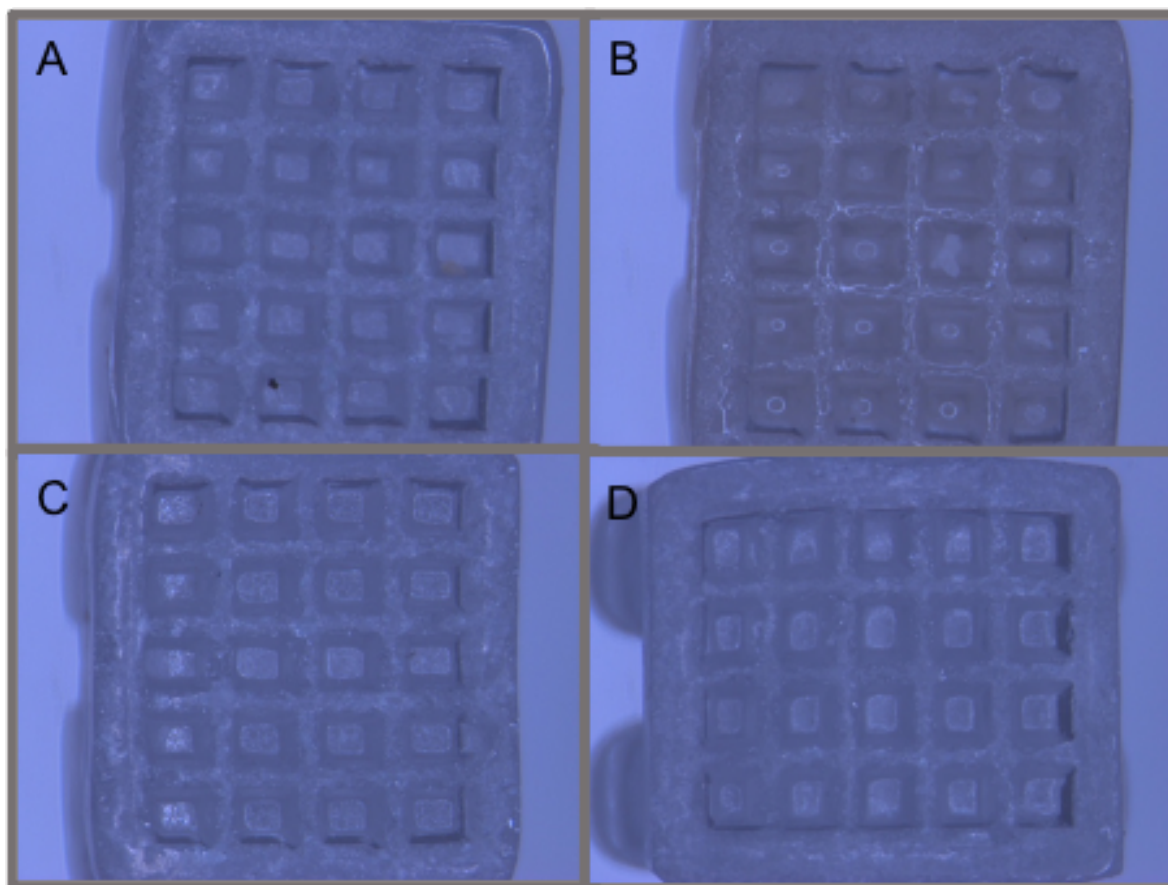
Figura 8 - Base de um braquete virgem



Legenda: Base braquete sem qualquer interferência.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo, podemos observar outras quatro imagens semelhantes. Após a análise detalhada em estereomicroscópio de cada espécime cisalhado, verificamos a ausência de resina ortodôntica sobre a superfície da base de todos os braquetes. A resina para a colagem dos braquetes ficou aderida ao esmalte dental em 100% dos casos (Figuras 9 A, 9 B, 9 C e 9 D).

Figura 9 - Base dos braquetes cisalhados após os tratamentos, sem remanescente resinoso



Legenda: A) Base braquete grupo BRT; B) Base braquete grupo ALDT; C) Base braquete grupo IVT; D) Base braquete grupo PAT
Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

A hipótese de nulidade adotada de que diferentes tipos de tratamentos nas superfícies de cimentação de braquetes cerâmicos não influenciavam na resistência de união entre esses braquetes e a resina para colagem ortodôntica, quando aderidos ao esmalte dental, foi aceita. Nenhum dos tratamentos testados nesse estudo experimental foi eficaz na promoção de uma melhor adesão dessa resina à superfície da base dos braquetes cerâmicos. A adesão a estruturas cristalinas como a cerâmica que constitui o braquete tem sido desafiadora não só na Ortodontia, mas nos diversos campos da Odontologia. A zircônia vem sendo objeto de estudos no que se refere à adesão a (Liu et al., 2016; Vilas Boas et al., 2017; Henningsen et al., 2018) já há algum tempo, gerando uma série de investigações acerca dos protocolos para a cimentação adesiva a esse material.

Quando falamos sobre colagem ortodôntica, é necessário ter em mente toda a complexidade por trás envolvida. O risco de viés torna-se grande ao considerarmos alguns fatores de direta influência neste procedimento. Em primeiro lugar, a escolha de braquetes é fundamental. A morfologia dos braquetes cerâmicos é rugosa em suas bases, uma vez que macro e microrranhuras auxiliam na retenção mecânica na colagem ortodôntica (Kang et al., 2017). Neste trabalho, buscamos utilizar todos os braquetes com entranhas quadriculares em suas bases, visando diminuir a quantidade de viés de erro. Atualmente existem diferentes tipos de braquetes cerâmicos que variam seus tamanhos e tipos de bases de acordo com cada fabricante. Estudos futuros sobre qual formato é mais adequado para uma colagem efetiva poderiam esclarecer algumas dúvidas quanto a este tema e padronizar um tipo específico que se mostre mais resistente. Uma vez que a escolha do braquete foi realizada, tivemos que levar em consideração em qual estrutura este braquete seria colado. Sabemos que pacientes ortodônticos também possuem restaurações extensas, próteses cerâmicas e, em sua maioria, dentes naturais. Optamos por padronizar a colagem em dentes humanos hígidos e previamente extraídos para a simulação da realidade. Desta maneira, a padronização da colagem ortodôntica ao dente humano simula as condições ortodônticas clínicas reais. É necessário mencionar o fato de que braquetes colados a resinas compostas, por exemplo, podem apresentar valores de resistência de união semelhantes mesmo

após o envelhecimento (Kaya et al., 2019). Neste trabalho, todos os grupos apresentaram queda nos valores de resistência de união e todos os espécimes apresentaram, após o descolamento, o remanescente resinoso aderidos ao dente, nunca ao braquete. Esta observação entra em conflito com o estudo conduzido por Guarita et al, 2015, onde a maioria dos grupos apresentou maior percentual de falhas na interface esmalte-resina, em contrapartida, os valores de resistência de união foram semelhantes nos dois estudos. Ainda sobre a colagem ortodôntica ao dente, as forças digitais realizadas para a posição e fixação do braquete ao dente pode interferir nos valores da resistência de união. De acordo com um estudo conduzido por Mohammadi et al., 2018, a aplicação de forças maiores e constantes na colagem pode aumentar os índices numéricos da resistência de união. Neste trabalho, a pressão digital foi previamente treinada. Todos os braquetes foram posicionados e pressionados pelo mesmo operador, anteriormente calibrado e experiente em colagens ortodônticas. A falha no posicionamento e na pressão digital poderia influenciar não somente na resistência de união, mas também na quantidade de resina remanescente, uma vez que a espessura seria erroneamente modificada. Foi tomado o cuidado de delinear a área condicionada do esmalte dental para que fosse equivalente ao tamanho do braquete, na tentativa de padronizar a área de adesão e conseqüentemente a quantidade da resina para colagem.

Dentro dos fatores que envolvem a colagem dos braquetes temos os protocolos de tratamento das superfícies das bases deles. A silanização de peças cerâmicas é um procedimento preconizado e consagrada na Odontologia restauradora protética. Masioli et al., 2011, experimentaram o mesmo procedimento em braquetes cerâmicos, mas observaram que este protocolo não aumentou a força de adesão dos braquetes. Neste trabalho, além de seguir as orientações do fabricante quanto a colagem, acreditamos que tal procedimento pode levar grande tempo clínico sem apresentar efetividade. Optamos pela colagem da peça sem qualquer tratamento para os grupos controle; e, os tratamentos experimentais para os demais grupos testados. As resinas ortodônticas necessitam de fotopolimerização eficiente e diferentes protocolos testados para colagem ortodôntica apresentam diferença estatisticamente significativa. O Grau de Conversão dos agentes de união monitorado em diferentes métodos de polimerização impacta de forma significativa na resistência de união dessas resinas ao braquete (Sena et al., 2018). Neste

trabalho, um único aparelho fotopolimezador foi utilizado e calibrado previamente à colagem dos braquetes de cada grupo para cada tratamento proposto. Esta medida foi tomada com o objetivo de diminuir o risco de que a resina pudesse apresentar diferentes propriedades caso fosse fotopolimerizada de maneira inadequada ou sem padronização, interferindo dessa forma nos resultados dos testes de resistência de união dessa resina para colagem ortodôntica ao braquete.

Com relação aos tratamentos selecionados para serem avaliados, sabemos que o plasma atmosférico não térmico para tratamento superficial vem sendo utilizado em diferentes estudos referentes a adesão em Odontologia (Nogueira et al., 2018; Silva et al., 2018, Mendonça et al., 2019) O plasma, como descrito na literatura, tem a propriedade de polarização e modificação das ligações atômicas presentes na superfície aumentando a hidrofiliabilidade da superfície polimérica (Lopes et al, 2014)este estudo empregamos como fonte de emissão de plasma um aparelho comercialmente disponível no mercado, utilizado normalmente para fins estéticos. Já havia sido testado no ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica – São José dos Campos), no entanto testes pilotos foram realizados com os braquetes selecionados para o estudo, e podemos afirmar, com os resultados, que essa unidade de plasma teve a capacidade de diminuir significativamente o ângulo de contato da superfície testada, aumentando a sua molhabilidade e melhorando a capacidade de escoamento de líquidos – o que foi corroborado com a mesma técnica de utilização, porém em zircônia (Lopes et al., 2014; Vilas Boas et al., 2017), utilizando uma unidade de plasma experimental. Acreditávamos que, como a estrutura física da base do braquete é rugosa e o plasma aumenta a molhabilidade da superfície, o escoamento da resina ortodôntica nestas entranhas e nas ranhuras seria capaz de aumentar a resistência de união da resina a essa superfície, o que foi posteriormente descartado. A utilização do plasma em diferentes estruturas, como em esmalte e dentina quando empregados cimentos adesivos, também colaboraram para que o presente trabalho contasse com essa técnica de utilização. Estudos prévios (Dantas et al., 2019) mostraram que a dentina condicionada com plasma não térmico de argônio apresenta uma força de adesão a cimentos resinosos superior quando comparado ao condicionamento ácido convencional. Anteriormente, (Franco et al., 2015) realizaram um estudo que utilizou o tratamento da dentina com este plasma, obtendo resultados satisfatórios em termos de adesão tanto em dentina

superficial quanto em dentina profunda. Embora a utilização do plasma também tenha se mostrado eficaz na finalidade de aumentar a adesão à zircônia (Vilas boas et al., 2017), esta mesma utilização não foi capaz de aumentar, estatisticamente, a adesão entre o braquete cerâmico e a resina para colagem ortodôntica, quando o braquete foi aderido ao esmalte dental. Nos outros estudos anteriormente citados a unidade de plasma utilizada foi um dispositivo experimental, enquanto no nosso estudo empregamos uma unidade disponível no mercado. Para ambas as unidades de plasma, o teste piloto de verificação da redução do ângulo de contato foi realizado, apresentando resultados semelhantes. Os resultados são condizentes com os encontrados por Vilas boas et al., 2017, onde o plasma sozinho não proporcionou uma melhor adesão à zircônia; somente quando esse plasma foi empregado em conjunto com o protocolo padrão de tratamento da superfície da zircônia. No caso dos braquetes cerâmicos, não há a indicação do fabricante para realização de tratamentos prévios da sua base antes da colagem. Sendo assim, não associamos nenhum outro tratamento complementar. Pode ser que o emprego de protocolos de tratamento que empreguem mais técnicas além do plasma sejam mais eficientes no tratamento dos braquetes cerâmicos.

Com o objetivo de melhorar a adesão de alguns materiais, algumas técnicas foram criadas e, seguindo protocolos de utilização, se mostraram eficazes neste contexto. Dentre essas técnicas investigadas, com base nos estudos já realizados previamente, está a de infiltração por vidro. Em 2009, Zhang e seus colaboradores desenvolveram uma composição de pó de vidro e zircônia capaz de modificar microscopicamente a estrutura da zircônia previamente testada. Em 2016, Guldiren e seus colaboradores testaram as propriedades antimicrobianas de partículas de alguns materiais como prata, prata/zinco e prata/cobre misturadas a um pó de vidro. Os resultados destes estudos deram início a uma linha de pesquisa desenvolvida pelo Engenheiro e Pesquisador Dr. Tiago Moreira Bastos Campos em conjunto com a Professora Dra. Renata Marques de Melo que combinaram as técnicas prévias na criação de um composto de SiO_2 (65,5 %), Al_2O_3 (11,7%), K_2O (10,0 %), Na_2O (7,3%), CaO (3,0 %) e Tb_4O_7 (1,9 %). O sistema criado (zircônia + vidro) é aquecido a 1550 °C por duas horas. Com a fusão da fase vítrea, essa fase se difunde pelos poros da zircônia. Para aplicar esta técnica a esse estudo, precisamos nos certificar inicialmente que os braquetes suportariam a alta temperatura do forno de

sinterização, necessário para que a camada vítrea fique aderida à zircônia. Os testes realizados demonstraram a alta resistência da cerâmica dos braquetes a altas temperaturas. Uma vez verificado que a aplicação do vidro era possível, realizamos as aplicações e os procedimentos de sinterização necessários. Os braquetes já com a superfície da base com a camada vítrea aderida, demos andamento ao protocolo de colagem. Obtendo na sequência os resultados dos testes de resistência da união dos braquetes para os grupos de vidro infiltrado. Foi possível constatar que a força de união dos braquetes cerâmicos tratados com vidro infiltrado em suas superfícies de cimentação tiveram valores de resistência ao cisalhamento semelhantes ao grupo controle, no qual foi aplicado o protocolo convencional, ou seja, sem qualquer tratamento prévio da base do braquete antes da colagem. Não foi possível observar diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, quer nos testes imediatos ou pós envelhecimento.

O terceiro tratamento selecionado para a investigação foi a deposição por camada atômica (ALD), que é uma tecnologia de deposição de filme em nanoescala com as vantagens de boa estabilidade, consistência e conformabilidade, segundo Yan e seus colaboradores em 2021. Essa técnica permite a utilização de várias substâncias para a formação dos filmes superficiais. É sabido que a variedade de substâncias aplicadas na formação dos filmes é grande, ou seja, a técnica de deposição pode apresentar variação nas substâncias depositadas. Patel e seus colaboradores em 2014 utilizaram filmes formados de titânio num estudo em que comprovaram o aumento da molhabilidade superficial. Num outro estudo, Yan e seus colaboradores propuseram depositar filmes de sílica (SiO_2) sobre óxido de zircônio (ZrO_2) por deposição em camadas atômicas, para obter melhores filmes ultrafinos de SiO_2 e maior resistência de união entre ZrO_2 e resina odontológica, comprovando a eficácia deste método: o grupo testado com ALD (SiO_2) teve a maior resistência de união à resina antes e após o envelhecimento. Baseado nesses estudos prévios de outras áreas, entramos em contato com o Prof. Dr. Rodrigo Sávio Pessoas que nos disponibilizou a utilização de sua máquina patenteada para realizar a deposição dos filmes de TiO_2 nos braquetes cerâmicos e avaliar as ligações entre esta superfície e a resina para colagem ortodôntica. Dessa forma os braquetes cerâmicos do estudo foram recobertos pelo filme de TiO_2 . Por ser um tratamento de superfície de um material e ter apresentado melhores índices de resistência de união

em estudos prévios (Patel et al., 2014; Yan et al., 2021; Astaneh et al., 2021) realizamos as colagens dos braquetes aos dentes, seguidas dos testes de cisalhamento, da mesma maneira em todos os grupos. Os grupos ALD foram os grupos que obtiveram a menor queda de valores após o tempo de envelhecimento proposto, mas, apesar disso, não mostraram maior resistência de união comparados ao grupo controle em ambos os tempos de testes propostos no estudo. Corroborando o estudo realizado por Yan e seus colaboradores, nosso estudo apresentou resultado semelhante: embora não haja diferença estatisticamente significativa, o grupo testado por ALD foi o grupo que teve a menor taxa de diminuição após o envelhecimento, quando comparamos as médias. Desta maneira, conseguimos sugerir uma possibilidade de menor degradação da união do braquete à resina quando se trata de sua longevidade.

A nossa segunda hipótese de nulidade foi rejeitada, pois o tempo de armazenamento, com a realização dos testes imediatos ou após envelhecimento, influenciou na resistência de união entre a resina para colagem ortodôntica e o braquete cerâmico. Todos os grupos apresentaram menores valores de resistência de união após o envelhecimento. A redução da resistência de união após envelhecimento está de acordo com Yan e seus colaboradores, González-Serrano e seus colaboradores, Kaya e seus colaboradores e Sreekala e seus colaboradores.

Acreditamos que o planejamento, a colagem ortodôntica efetiva e um aparelho resistente são as chaves para o sucesso do tratamento. O conforto do paciente foi o grande propulsor deste trabalho. A rotina clínica e a ciência são áreas complementares e, desta maneira, esperamos que a ciência envolvida neste trabalho possa colaborar para o dia a dia do cirurgião dentista - ortodontista. Além da Ortodontia, esses protocolos investigativos tinham a intenção de serem pontos de partida para melhoria da união cimento adesivo/zircônia nos seus diversos empregos clínicos nas especialidades odontológicas.

Sabemos que o tratamento ortodôntico tem impacto psicológico direto e positivo, promovendo melhora na autoestima e na interação social de indivíduos (Greewai et al, 2017) e o bem-estar do paciente é sempre nosso principal objetivo.

Partindo desta linha de ideias e tentativas, novas pesquisas laboratoriais são necessárias para que novas informações sobre estes três tratamentos de superfícies sejam encontradas. Apesar da literatura mostrar bons resultados nas utilizações

destas três técnicas de tratamento superficial, estudos futuros podem aprimorar suas utilizações na Odontologia para que no futuro a adesão, não somente de braquetes cerâmicos, mas de outros materiais que ainda apresentam falhas adesivas, seja efetiva. Acreditamos que a Odontologia adesiva ainda tem infindáveis fontes de informações e meios de progresso, e, esperamos que de alguma forma o nosso trabalho tenha contribuído para trazer mais informações sobre esse tema e para o avanço da ciência. De maneiras inexplicáveis, a Pandemia do Covid-19 nos mostrou que a ciência nunca deve ser deixada de lado e que futuros frutos dependem de trabalhos e esforços.

7 CONCLUSÃO

Considerando as limitações deste estudo, tendo em vista que a metodologia proposta foi impossibilitada de ser concluída em sua totalidade devido a indisponibilidade de equipamentos em outros centros de pesquisa; baseado nos resultados obtidos, concluimos que:

- Aplicação de plasma atmosférico, infiltração de vidro e deposição por camadas atômicas não resultaram em aumento da resistência de união à resina para colagem ortodôntica de braquetes cerâmicos;
- O envelhecimento reduziu a resistência de união da resina para colagem ortodôntica aos braquetes cerâmicos independente do tratamento realizado.

REFERÊNCIAS

Almosa N, Zafar H. Incidence of orthodontic brackets detachment during orthodontic treatment: A systematic review. *Pak J Med Sci*. 2018 May-Jun;34(3):744-50. doi: 10.12669/pjms.343.15012. PMID: 30034451; PMCID: PMC6041531.

Barbosa de Almeida A, Leite ICG, Alves da Silva G. Brazilian adolescents' perception of the orthodontic appliance: A qualitative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019 Apr;155(4):490-7. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.05.020. PMID: 30935604.

Costa AC, Sabóia V, Marçal F, Sena N, De Paula D, Ribeiro T, Feitosa V. In Vitro Evaluation of Experimental Self-Adhesive Orthodontic Composites Used to Bond Ceramic Brackets. *Materials (Basel)*. 2019 Jan 30;12(3):419. doi: 10.3390/ma12030419. PMID: 30704042; PMCID: PMC6385121.

Dall'Igna CM, Marchioro EM, Spohr AM, Mota EG. Effect of curing time on the bond strength of a bracket-bonding system cured with a light-emitting diode or plasma arc light. *Eur J Orthod*. 2011 Feb;33(1):55-9. doi: 10.1093/ejo/cjq027. Epub 2010 Jun 17. PMID: 20558589.

Dantas DCB. Influência do tratamento do substrato com plasma não térmico na resistência de união de cimentação adesiva: Avaliação observacional das alterações químicas em esmalte e dentina [tese]. São José dos Camos (SP); Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de ciência e tecnologia; 2018.

Dos Santos PR, Meneghim MC, Ambrosano GM, Filho MV, Vedovello SA. Influence of quality of life, self-perception, and self-esteem on orthodontic treatment need. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Jan;151(1):143-7. doi: 0.1016/j.ajodo.2016.06.028. PMID: 28024768.

Eslamian L, Borzabadi-Farahani A, Mousavi N, Ghasemi A. A comparative study of shear bond strength between metal and ceramic brackets and artificially aged composite restorations using different surface treatments. *Eur J Orthod*. 2012 Oct;34(5):610-7. doi: 10.1093/ejo/cjr044. Epub 2011 Mar 29. PMID: 21447779.

González-Serrano C, Baena E, Fuentes MV, Albaladejo A, Míguez-Contreras M, et al. Shear bond strength of a flash-free orthodontic adhesive system after thermal aging procedure. *J Clin Exp Dent*. 2019 Feb 1;11(2):e154-e161. doi: 10.4317/jced.55540. PMID: 30805120; PMCID: PMC6383895.

Hashemi Aastaneh S, Faverani LP, Sukotjo C, Takoudis CG. Atomic layer deposition on dental materials: Processing conditions and surface functionalization to improve physical, chemical, and clinical properties – A review. *Acta Biomater*. 2021 Feb;121:103-18. doi: 10.1016/j.actbio.2020.11.024. Epub 2020 Nov 21. PMID: 33227485.

Henningsen A, Smeets R, Heuberger R, Jung OT, Hanken H, Heiland M, et al. Changes in surface characteristics of titanium and zirconia after surface treatment with ultraviolet light or non-thermal plasma. *Eur J Oral Sci*. 2018 Apr;126(2):126-134. doi: 10.1111/eos.12400. Epub 2018 Jan 16. Erratum in: *Eur J Oral Sci*. 2020 Aug;128(4):361. PMID: 29336070.

Herkath APCQ, Vettore MV, de Queiroz AC, Alves PLN, Leite SDC, Pereira JV, et al. Orthodontic treatment need, self-esteem, and oral health-related quality of life among 12-yr-old schoolchildren. *Eur J Oral Sci*. 2019 Jun;127(3):254-260. doi: 10.1111/eos.12611. Epub 2019 Mar 19. PMID: 30891853.

Jardim, LC, Flores, PT, Araújo, M. Oral health–related quality of life in breast cancer survivors. *Support Care Cancer*. 2020;28:65–71. <https://doi.org/10.1007/s00520-019-04792-3>

Jo Y, Kim YT, Cho H, Ji MK, Heo J, Lim HP. Atomic Layer Deposition of ZrO_2 on Titanium Inhibits Bacterial Adhesion and Enhances Osteoblast Viability. *Int J Nanomedicine*. 2021 Feb 24;16:1509-23. doi: 10.2147/IJN.S298449. PMID: 33658781; PMCID: PMC7917324.

Kang DY, Choi SH, Cha JY, Hwang CJ. Quantitative analysis of mechanically retentive ceramic bracket base surfaces with a three-dimensional imaging system. *Angle Orthod*. 2013 Jul;83(4):705-11. doi: 10.2319/100412-782.1. Epub 2012 Dec 27. PMID: 23270384.

Kang DY, Choi SH, Cha JY, Hwang CJ. Quantitative analysis of mechanically retentive ceramic bracket base surfaces with a three-dimensional imaging system. *Angle Orthod*. 2013 Jul;83(4):705-11. doi: 10.2319/100412-782.1. Epub 2012 Dec 27. PMID: 23270384.

Kaya Y, Değirmenci BÜ, Değirmenci A. Comparison of the Shear Bond Strength of Metal Orthodontic Brackets Bonded to Long-term Water-aged and Fresh Porcelain and Composite Surfaces. *Turk J Orthod*. 2019 Mar;32(1):28-33. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2019.1803

Kukiattrakoon B, Samruajbenjakul B. Shear bond strength of ceramic brackets with various base designs bonded to aluminous and fluorapatite ceramics. *Eur J Orthod*. 2010 Feb;32(1):87-93. doi: 10.1093/ejo/cjp055. Epub 2009 Oct 1. PMID: 19797413.

Liu T, Hong L, Hottel T, Dong X, Yu Q, Chen M. Non-thermal plasma enhanced bonding of resin cement to zirconia ceramic. *Clin Plasma Med*. 2016 Dec;4(2):50-5. doi: 10.1016/j.cpme.2016.08.002. Epub 2016 Aug 27. PMID: 28239541; PMCID: PMC5323060.

Lopes BB., Ayres APA, Lopes LB. The effect of atmospheric plasma treatment of dental zirconia ceramics on the contact angle of water. *Appl Adhes Sci* 2014;2:17 <https://doi.org/10.1186/2196-4351-2-17>

Malinowski S, Moutaabbib L. Les verrous métalliques [Metal brackets]. *Orthod Fr.* 2009 Mar;80(1):23-6. French. doi: 10.1051/orthodfr/2008024. Epub 2009 Mar 28. PMID: 19327270.

Masioli DLC, Almeida MA de O, Masioli MA, Almeida JRM de. Avaliação do efeito de tratamentos superficiais sobre a força de adesão de braquetes em provisórios de resina acrílica. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(1):37–47.

Mehmeti B, Azizi B, Kelmendi J, Iljazi-Shahiqi D, Alar Ž, Anić-Milošević S. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded to Zirconium Crowns. *Acta Stomatol Croat.* 2017 Jun;51(2):99-105. doi: 10.15644/asc51/2/2. PMID: 28827846; PMCID: PMC5548223.

Mendonça BN, Giannini M. Effect of aluminum oxide sandblasting, plasma application and their combination on the bond strength of resin cement to zirconia ceramics. *Braz Dent Sci* 2019 Apr/Jun;22(2):275-80. <https://doi.org/10.14295/bds.2019.v22i2.1721>

Mirhashemi AH, Hosseini MH, Chiniforush N, Soudi A, Moradi M. Shear Bond Strength of Rebonded Ceramic Brackets Using Four Different Methods of Adhesive Removal. *J Dent (Tehran).* 2018 Jan;15(1):54-62. PMID: 29971122; PMCID: PMC6026106.

Mohammadi A, Pourkhameneh S, Sadrhighi AH. The effect of different force magnitudes for placement of orthodontic brackets on shear bond strength, in three adhesive systems. *J Clin Exp Dent.* 2018 Jun 1;10(6):e548-e554. doi: 10.4317/jced.54733. PMID: 29930773; PMCID: PMC6005086.

Moreira Bastos Campos T, Marques de Melo Marinho R, de Oliveira Pinto Ribeiro A, Larissa do Amaral Montanheiro T, Carolina da Silva A, Thim GP.

Microstructure and mechanical properties of fully sintered zirconia glazed with an experimental glass. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Jan;113:104093. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104093. Epub 2020 Sep 22. PMID: 33022517.

Murakami T, Niemi K, Gans T, O'Connell D, Graham WG. Chemical kinetics and reactive species in atmospheric pressure helium–oxygen plasmas with humid-air impurities. *Plasma sources science & technology*. 2013 Feb;22(1):1-29. 015003. <https://doi.org/doi:10.1088/0963-0252/22/1/015003>

Naseh R, Afshari M. Shear bond strength of metal brackets to ceramic surfaces using a universal bonding resin. *J Clin Exp Dent*. 2018 Aug 1;10(8):e739-e745. doi: 10.4317/jced.54175. PMID: 30305870; PMCID: PMC6174018.

Nogueira LC. Eficácia do uso de plasma em pressão atmosférica na adesão de cerâmicas zircônia [tese]. Belo Horizonte (MG), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); 2018.

Patel S, Butt A, Tao Q, Rossero A JI, Royhman D, Sukotjo C, et al. Novel functionalization of Ti-V alloy and Ti-II using atomic layer deposition for improved surface wettability. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2014 Mar 1;115:280-5. doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.11.038. Epub 2013 Dec 10. PMID: 24384144.

Salama F, Alrejaye H, Aldosari M, Almosa N. Shear bond strength of new and rebonded orthodontic brackets to the enamel surfaces. *J Orthod Sci*. 2018 Jun 6;7:12. doi: 10.4103/jos.JOS_158_17. PMID: 29963507; PMCID: PMC6004780.

Silva BTF, Trevelin LT, Teixeira FS, Salvadori MC, Cesar PF, Matos AB. Non-thermal plasma increase bond strength of zircônia to a resin cemet. *Brazilian Dental Science*. 2018 Apr/Jun21(2).

Silva J, Rafael CF, Vaz PCS, Fernandes JCAS, Volpato CAM. Color stability of repairs on bis-acryl resin submitted to thermal aging and immersion in beverages. *J Esthet Restor. Dent.* 2019 Sep;31(5):514-519. doi: 10.1111/jerd.12523. Epub 2019 Sep 9. PMID: 31497927.

Skallevoid HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive Glass Applications in Dentistry. *Int J Mol Sci.* 2019 Nov 27;20(23):5960. doi: 10.3390/ijms20235960. PMID: 31783484; PMCID: PMC6928922.

Sreekala L, Narayanan M, Eerali SM, Eerali SM, Varghese J, Zainaba Fathima AL. Comparative evaluation of shear bond strengths of veneering porcelain to base metal alloy and zirconia substructures before and after aging - An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2015 Dec;5(Suppl 2):S74-81. doi: 10.4103/2231-0762.171590. PMID: 26942121; PMCID: PMC4756571.

Tümoğlu M, Akkurt A. Comparison of clinical bond failure rates and bonding times between two adhesive precoated bracket systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019 Apr;155(4):523-528. Doi 10.1016/j.ajodo.2018.12.010. PMID: 30935607.

Vilas Boas Fernandes Júnior V, Barbosa Dantas DC, Bresciani E, Rocha Lima Huhtala MF. Evaluation of the bond strength and characteristics of zirconia after different surface treatments. *J Prosthet Dent.* 2018 Dec;120(6):955-959. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.01.029. Epub 2018 Jun 21. PMID: 29935728.

Weimer AW. Particle atomic layer deposition. *J Nanopart Res.* 2019;21(1):9. doi: 10.1007/s11051-018-4442-9. Epub 2019 Jan 4. PMID: 30662321; PMCID: PMC6320374.

Yan Y, Ji Y, Yan J, Hu X, Zhang Q, Liu M, Zhang F. Atomic layer deposition SiO₂ films over dental ZrO₂ towards strong adhesive to resin. *J Mech Behav*

Biomed Mater. 2021 Feb;114:104197. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104197.
Epub 2020 Nov 11. PMID: 33221163.

ANEXO A – Certificado do Comitê de Ética (para utilização de terceiros molares humanos)

UNESP - INSTITUTO DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA -
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS
CAMPOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DE DIFERENTES TRATAMENTOS DA SUPERFÍCIE ADESIVA DE BRAQUETES CERÂMICOS NA RESISTÊNCIA DE UNIAO AO AGENTE DE

Pesquisador: Alexandre Reis Costa Murad Barbosa

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 24524919.8.0000.0077

Instituição Proponente: Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT)

Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.711.293

Apresentação do Projeto:

O objetivo do estudo é investigar a efetividade de três novos protocolos de tratamento da superfície adesiva de braquetes cerâmicos na resistência de união (cisalhamento) ao agente de cimentação: (1) aplicação de plasma atmosférico não térmico (PNT), (2) deposição por camadas atômicas (DCA) e (3) infiltração de vidro (IV). Serão utilizadas as faces vestibulares e linguais de 48 terceiros molares humanos, divididos aleatoriamente em 8 grupos (n=12) de acordo com o tratamento e o tempo de armazenamento (imediato, 48h; e, tardio, 1 ano): Grupo BCI (controle): sem tratamento, teste imediato; Grupo BCT (controle) : sem tratamento, teste tardio; Grupo PNTI: aplicação do PNT , teste imediato; Grupo PNTT: aplicação do PNT , teste tardio. Grupo DCAI: deposição da ALD, teste imediato; Grupo DCAT: deposição da ALD, teste tardio; Grupo IVI: IV, teste imediato. IVT: IV, teste tardio. Após tratamento o braquete será cimentado (Transbond XT Plus 3M, Minnessota) sobre a área de esmalte previamente delimitada e condicionada e os espécimes submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento após os períodos estabelecidos (imediato e tardio). As superfícies adesivas dos braquetes: não tratados, tratados e obtidos após os teste de cisalhamento, serão

Endereço: Av. Engº Francisco José Longo 777

Bairro: Jardim São Dimas

CEP: 12.245-000

UF: SP

Município: SAO JOSE DOS CAMPOS

Telefone: (12)3947-9078

Fax: (12)3947-9010

E-mail: ceph.ict@unesp.br