



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CÂMPUS DE ARARAQUARA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA



ALEXANDRE PROTÁSIO VIANNA

AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS PARA COLAGEM DE *BRÁQUETES*
CERÂMICOS E REMOÇÃO DO ADESIVO REMANESCENTE COM
VISTAS À PRESERVAÇÃO DA INTEGRIDADE DO ESMALTE
DENTÁRIO.

Araraquara-SP
2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CÂMPUS DE ARARAQUARA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA



ALEXANDRE PROTÁSIO VIANNA

**AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS PARA COLAGEM DE
BRÁQUETES CERÂMICOS E REMOÇÃO DO ADESIVO
REMANESCENTE COM VISTAS À PRESERVAÇÃO DA
INTEGRIDADE DO ESMALTE DENTÁRIO.**

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Odontológicas - Área de Concentração em Ortodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara-UNESP - como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas.

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos

Araraquara-SP
2013

Vianna, Alexandre Protásio.

Avaliação de protocolos para colagem de bráquetes cerâmicos e remoção do adesivo remanescente com vistas à preservação da integridade do esmalte dentário / Alexandre Protásio Vianna. – Araraquara: [s.n.], 2013.

82 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos.

1. Ortodontia 2. Bráquetes ortodônticos 3. Cimentos dentários
4. Resistência ao cisalhamento 5. Cura luminosa de adesivos
dentários 6. Esmalte dentário. I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ceres Maria Carvalho Galvão de
Freitas, CRB-8/4612 , Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da Faculdade de
Odontologia de Araraquara / UNESP

ALEXANDRE PROTÁSIO VIANNA

**AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS PARA COLAGEM DE
BRÁQUETES CERÂMICOS E REMOÇÃO DO ADESIVO
REMANESCENTE COM VISTAS À PRESERVAÇÃO DA
INTEGRIDADE DO ESMALTE DENTÁRIO.**

COMISSÃO JULGADORA

TESE PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos

2º Examinador: Prof. Dr. Ronald de Freitas Paixão

3ª Examinadora: Profa. Dra. Patrícia Panizzi Gimenes Sakima

4º Examinador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior

5º Examinador: Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto

Araraquara, 08 de Março de 2013.

DADOS CURRICULARES

ALEXANDRE PROTÁSIO VIANNA

NASCIMENTO: 01/12/1971 – Salvador Bahia

FILIAÇÃO: Joana Angélica Protásio Vianna

Eduardo de Farias Vianna (i.m.)

1990 – 1995: Curso de Graduação em Odontologia na Universidade Federal da Bahia.

1997 – 1999: Professor Substituto do Departamento de Saúde, Curso de Odontologia da Universidade Estadual de Feira de Santana-Bahia/UEFS-Ba.

2000 – 2000: Professor Substituto da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia/UFBA.

2001 – 2003: Mestrado em Odontologia, Área de Concentração Ortodontia e Ortopedia Facial – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/PUCRS.

2003 – 2004: Professor Substituto do Departamento de Saúde, Curso de Odontologia da Universidade Estadual de Feira de Santana-Bahia/UEFS-Ba.

2004 – Atual: Professor Assistente do Departamento de Saúde, Curso de Odontologia da Universidade Estadual de Feira de Santana-Bahia/UEFS-Ba.

DEDICATÓRIA

A minha família que seguidas vezes se deparou
com minha ausência, mas que está sempre
ao meu lado me apoiando,
compartilhando meus sonhos
e incentivando-me dia a dia!

AGRADECIMENTOS

Agradecer é também uma forma de constatar que não estamos sozinhos nesse mundo! Mais do que isso, é ter certeza de que pudemos contar com mãos estendidas em momentos importantes de nossa trajetória. Ao concluir uma tese de doutorado, ratificamos que para fazer ciência é preciso trabalhar em equipe e ter apoio de mãos, mentes e sorrisos. Mãos, que nos auxiliam na execução dos laboriosos trabalhos inerentes ao nosso ofício, quase arte, mas também que se fizeram presentes para suprir nossas ausências. Mentes que nos guiam e instigam com questões ainda não respondidas ou que com sabedoria, encurtam as distâncias que nos separam dos nossos objetivos. Sorrisos que nos dão acolhimento, nos fazendo lembrar que a vida pode ser mais simples, que nos estimulam, nos confortam e fortalecem nos momentos em que nada parece estar saindo conforme planejado. Por isso, sinceramente, agradeço:

A Deus, princípio e fim de tudo! Agradeço pela vida, pelos dons a mim confiados, pela minha família, pelos meus amigos e pelas inúmeras oportunidades que tem me concedido de aprender, saboreando a condição de ser humano.

À minha Mãe, Angélica que mesmo tendo perdido precocemente, sua caracimete, Meu saudoso Pai, soube manter-se firme e orientar a cada um de nós nos caminhos do bem! Obrigado Mãe, sei que se meu Pai aqui estivesse estaria muito orgulhoso de você.

A Lyz, minha amada esposa, pela família que construímos juntos dia a dia e que fizemos crescer nesses 4 anos com a chegada de nossos amados Arthur e Analu. Agradeço também pela força na gestão da casa nas minhas ausências. Essa conquista é nossa!

Ao Professor Edson Alves de Campos, orientador desse trabalho, pelo voto de confiança, pela mão estendida em um momento decisivo do curso, mas também pela sábia, objetiva e sensata orientação. Tenha certeza professor, de que será sempre um exemplo de cordialidade e dedicação à vida acadêmica no qual buscarei sempre me espelhar, daqui por diante.

Aos professores da Área de Ortodontia, Ary dos Santos-Pinto, Dirceu Barnabé Raveli, Lídia Parsekian Martins, Luiz Gonzaga Gandini Júnior e João Roberto Gonçalves pelas contribuições à minha formação e pela oportunidade da minha aprovação.

Ao Professor Luiz Gonzaga Gandini Júnior, que com compreensão e sensatez, na condição de coordenador da área de Ortodontia, me concedeu o voto de confiança necessário para que eu pudesse simplesmente, seguir em frente.

A Eduardo de Farias Vianna Filho, meu amado irmão e a Gustavo Andrade, que de modo dedicado e disponível trabalharam comigo no processamento dos elementos finitos. Foi realmente um prazer trabalhar com profissionais tão competentes e tão próximos!

Aos colegas de turma: Adriano Porto Peixoto, Aldrieli Regina Ambrósio, Amanda Magno, André da Costa Monini, André Wilson Lima Machado, Denise Landázuri, Aparecida Fernanda Melotti, Luiz Guilherme Martins Maia, Renata Gonçalves, Roberta Amaral e Savana Maia Gallo, por termos compartilhado sonhos, ensinamentos, desafios e projetos de vida; pela harmônica convivência e pelas enriquecedoras trocas de experiências acadêmicas e pessoais. A vocês deixo a mão estendida para amizade!

A André da Costa Monini, por termos dividido irmãmente os espaços de nossa kitinete e por ser um exemplo de disciplina e objetividade, com quem compartilhei momentos de alegria e angústia, fundamentais para a construção dessa nossa amizade! Conte comigo sempre “Minino”!

A Layene Figueiredo Almeida que se disponibilizou a ajudar-me na parte experimental dessa tese e foi meu braço direito, nesse processo!

A Liliane de Carvalho Rosas Gomes e a Karla Carpio por termos compartilhado momentos de intenso aprendizado, pelos desafios enfrentados juntos, pela amizade que construímos e fortalecemos nesse período.

Aos amigos Sergei Rabelo Caldas e sua amada Marília; Alexandre Ribeiro e sua Beatriz; que compartilharam conosco, “coisinhas” do nordeste, conhecimentos, sobretudo: amizades. Araraquara sem vocês, nunca mais foi a mesma! Saudades!

Aos colegas professores da Área de Odontopediatria e Ortodontia da UEFS, Alessandra Castro Alves, Ana Isabel Scavuzzi, Ana Rita Guimarães, Hervânia Santana, Paulo Tobias, Susana Paim, e especialmente a Ronald de Freitas Paixão e Júlio Pereira Motta, que com disponibilidade e coleguismo, permitiram que eu me afastasse para buscar esse título. Agradeço também pela amizade e cordialidade que nos une e nos proporciona um ambiente de trabalho tão agradável!

Ao parceiro nordestino, Antonio Alves Almeida Júnior, que com disponibilidade, explicou o manuseio da máquina de ensaios e me apresentou o laboratório de ensaios mecânicos.

Aos professores da Área da Dentística, Marcelo Ferrarezi e Osmyr Batista de Oliveira Júnior, que me receberam com tamanha cordialidade e disponibilidade.

Ao parceiro da Dentística Matheus Rodrigues Tonetto pela disponibilidade e solidariedade demonstradas.

Aos funcionários da Biblioteca, Ceres Maria Galvão de Freitas, Adriano Ferreira Luiz e Marley Cristina C Montagnole que tantas vezes me atenderam de forma solícita e atenta.

Ao Professor Renato Parsekian Martins que compartilhou abertamente seus conhecimentos e experiências com a nossa turma.

Aos Amigos de sempre: George Barreto e família; Renato Amador e Família; Cláudio Filgueiras e Família; Fábio Rocha e Família; Maria Angela M Sampaio e Família; Luiz Rogério D'Aquino e Família; Adilson Jr e Adriana pelos bons fluidos e por essa amizade que nos faz irmãos!

A Antônia, Olívia, Tereza, Roquelina, Célia, pessoas que com seu trabalho e dedicação à minha família, permitiram que me ausentasse por tantas vezes de casa e estiveram ao lado de Lyz em tantos momentos difíceis! Minha sincera gratidão!

A Dona May, que tantas vezes se dispôs a ajudar com os meninos, nessa reta final e a Seu Josué que mesmo de longe, vivenciou nossa rotina e foi meu fiador no aluguel da Kitinete.

Às queridas Letícia e Ludmila que por amizade e solidariedade, deixaram de lado seus afazeres, para permitir que eu me ausentasse de casa.

À Professora Patrícia Panizzi Gimenes Sakima que me direcionou e apresentou aos professores da UNESP.

Ao Dr. Tatsuko Sakima, a Maurício Sakima e a Alexandre Sakima que me facilitaram os trâmites na locação da Kitinete.

Aos meus parceiros de UNIME, Ronald de Freitas Paixão, Patrícia Sakima e Alexandre Sakima, com quem temos trabalhado e lutado para manter um curso de Especialização em Ortodontia de Excelência, mas também pelo imenso crescimento pessoal e profissional que conquistamos juntos passo a passo! Agradeço também pela amizade e disponibilidade nos remanejamentos que foram importantes para que esse momento se concretizasse.

A Cidália cuja competência e confiabilidade têm sido determinantes para que meu consultório seja um local de trabalho muito prazeroso e por estar sempre sensível e disponível para ajudar-me em meus projetos ao longo desses quase 10 anos.

A Lorena que tem sido uma grande parceira profissional e se mostrado uma amiga com quem podemos contar, pela confiança em mim depositada e por toda compreensão nas minhas alternâncias de horários.

À UEFS que forneceu o suporte financeiro ao longo desses quatro anos! Em especial a Vilânia que com alegria e disponibilidade, zelou para que o auxílio estivesse sempre em dia.

Aos Professores Ronald de Freitas Paixão, Patrícia Panizzi Gimenes Sakima, Ary dos Santos-Pinto, Luiz Gonzaga Gandini Júnior que aceitaram compor a banc avaliadores da Tese e se dispuseram a ler nosso trabalho, agradeço antecipadam pelas valorosas colaborações.

Aos integrantes da secretaria de Pós-Graduação, Mara Cândida Munhoz do Amaral, José Alexandre Garcia e Sérgio Luiz Gusmão Romero, pelo cuidado com nossos prazos e trâmites burocráticos da UNESP, mas sobretudo pelo acolhimento cordial e alegre de sempre.

A Tarek, que de modo dedicado realizou toda a parte da microscopia utilizada no capítulo 3.

À FAPESP e ao Programa da Pós – Graduação em Ciências Odontológicas pelo financiamento da pesquisa e a Maria do Carmo pela valorosa orientação sobre os trâmites da FAPESP.

A todos da minha família, pois sei que cada um ao seu modo, contribuiu para que essa etapa de nossas vidas fosse mais leve se ser vivida!

A você que tenha se sentido injustiçado por não ter sido aqui citado, mas que estará sempre na minha lembrança e esteja certo, contará sempre com a minha mais sincera gratidão!

MUITO OBRIGADO!

Nós homens somos verdadeiramente seres inacabados.

Isso nos torna: curiosos, questionadores e insaciáveis.

Perguntas e dúvidas conduzem alguns de nós

pelos tortuosos e difíceis caminhos

da pesquisa científica.

Ao final de cada trabalho, constatamos que nem sempre

as coisas são, como parecem ser

e surpresos descobrimos que quanto mais estudamos,

pouco sabemos desse

imenso mundo chamado conhecimento.

Vianna, AP. Avaliação de protocolos para colagem de bráquetes cerâmicos e remoção do adesivo remanescente com vistas à preservação da integridade do esmalte dentário [Tese Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2013.

Resumo

Introdução: Este estudo teve como objetivos: Avaliar a influência de diferentes protocolos de condicionamento do esmalte e de cura luminosa dos sistemas adesivos testados, na resistência da colagem de bráquetes de cerâmica ao cisalhamento; na ocorrência de fraturas de esmalte e na quantidade de adesivo remanescente. Além disso, o Método dos Elementos Finitos foi empregado para analisar como os esforços relativos à descolagem atuaram na superfície do esmalte. Com auxílio da Microscopia eletrônica de varredura, avaliou-se a ação de 05 métodos para remoção da camada de adesivo remanescente quanto às alterações geradas nas características superficiais originais do esmalte e quanto ao tempo de execução dos procedimentos. **Material de Método:** 40 bráquetes Inspire Ice™, 40 bráquetes Clarity™ e 40 bráquetes Gemini™ foram aleatoriamente colados a 120 pré-molares com faces vestibulares hígidas, seguindo diferentes protocolos de condicionamento do esmalte e de fotopolimerização. Essas colagens foram testadas em ensaio mecânico por cisalhamento e também analisadas pelo método dos elementos finitos. Além disso, 25 molares permanentes com faces vestibulares hígidas passaram pela remoção de camadas padronizadas de adesivo remanescente com 05 métodos diferentes. As superfícies iniciais e finais de cada dente foram avaliadas por meio da microscopia eletrônica de varredura. O tempo gasto na execução de cada procedimento foi também avaliado. **Resultados:** As colagens com o TPSEP apresentaram menores valores de resistência da colagem ao cisalhamento e não estiveram associadas a fraturas de esmalte. Houve coincidência entre o modo de descolagem dos braquetes e a distribuição dos esforços na superfície do modelo 3D. As menores alterações à superfície do esmalte foram geradas pela broca multilaminada em baixa rotação. **Conclusão:** O TPSEP mostrou ser o modo de condicionamento de esmalte mais adequado para colagem de bráquetes; a não fotopolimerização do *primer* reduziu as resistências das colagens ao cisalhamento dos bráquetes metálicos, mas não as dos bráquetes cerâmicos; o tempo de execução do procedimento e o aspecto final da superfície do esmalte demonstraram que a broca multilaminada em baixa deve ser o método de escolha para remoção dos resíduos de adesivo.

Palavras Chave: Ortodontia; Bráquetes ortodônticos; Cimentos dentários; Resistência ao cisalhamento; Cura luminosa de adesivos dentários; Esmalte dentário.

Vianna AP. Assessment of protocols for ceramic brackets bonding and for remnant adhesive removal, focused on preserving enamel integrity [Tese Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2013.

Abstract

Introduction: The aims of this study were to evaluate the influence of different protocols for enamel acidic etching and for light-curing of the adhesive systems tested about: shear bond strength of ceramic brackets; occurrence of enamel fractures and adhesive remnant index. Finite element method was also used to identify how debonding efforts act on enamel surface. Scanning Electron Microscopy was applied to assess the changes observed on original enamel surface characteristics generated by 05 methods for residual adhesive removal. The chair time related to the 05 methods under study was also evaluated. **Material and Methods:** 40 Inspire Ice Brackets; 40 Clarity Brackets and 40 metal Brackets (Gemini) were randomly bonded to 120 bicuspides, using different protocols of enamel conditioning and photo-activation. 25 permanent molars were submitted to the removal of standardized adhesive layers, using 05 different methods. Initial and final surfaces were comparatively evaluated by scanning electron microscopy. The procedures chair times were also assessed. **Results:** Transbond Plus Self-etching Primer promoted bracket bonding with lower shear bond strengths and debonding procedures without enamel fractures. FEM analysis showed coincidence among efforts distribution simulated over the tridimensional model surfaces and the real debonding damages caused on enamel. The multi-blade carbide bur in low hand-piece speed caused lower alterations over enamel original surface. **Conclusion:** TPSEP seemed to be the adequate method for bracket bonding; metallic bracket bonding showed lower shear bond strength without primer light-curing but it was not true for the ceramic brackets; chair time of the procedure and the final aspect of enamel surface demonstrated that multi-blade carbide burr may be the method of choice to remove residual adhesive.

Keywords: Orthodontics; Orthodontic Brackets; Dental Cements; Shear Bond Strength; Adhesive Light-curing; Tooth Enamel.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURA / SIGLA	SIGNIFICADO
ARI	Adhesive Remnant Index
CP	Corpo de Prova
ESIS	Enamel Surface Index System
GPa	GigaPascal
IAR	Índice de Adesivo Remanescente
MPa	MegaPascal
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
<i>P</i>	Intervalo de Confiança
PVC	Poli Vinil Cloreto Rígido
°C	Grau Celsius
%	Por cento
X	Vezes
±	Desvio Padrão
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
mm/minuto	Milímetro por minuto
TM	Trade Mark
FEM	Finite Element Method
TXT	Transbond XT
TPSEP	Transbond Plus Self-etching Primer
E	Exponencial
χ^2	<i>Chi</i> quadrado

SUMÁRIO

Sumário	
1	INTRODUÇÃO..... 15
2	PROPOSIÇÃO..... 19
3	CAPÍTULO 1..... 20
4	CAPÍTULO 2..... 42
5	CAPÍTULO 3..... 60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 74
	REFERÊNCIAS 76
	ANEXO..... 80

1 Introdução

O crescente número de adultos que buscam pelo tratamento ortodôntico, tem compelido os ortodontistas a utilizar aparelhos cada vez mais estéticos^{3,15,39}.

Apesar de altamente estéticos, os bráquetes cerâmicos são muito rígidos e friáveis. Além disso, estudos in vitro têm demonstrado que a resistência da adesão na interface bráquete/adesivo/esmalte está relacionada a valores excessivamente elevados, próximos aos 29 MPa^{35,37,47} enquanto resistências de colagem entre 5,9 e 7,8 MPa parecem adequadas às necessidades clínicas^{14,42}. Tal situação faz com que durante a remoção do aparelho, maiores níveis de pressão sejam aplicados para promover as descolagens. Isso se torna ainda mais crítico ao constatar que fraturas de esmalte estão associadas a valores de resistência da colagem a partir de 13 MPa^{4,41}. Assim, a remoção mecânica de bráquetes cerâmicos tem sido relacionada a complicações como: rachaduras, trincas e fraturas de esmalte^{3,6,8}.

Após irromper na cavidade bucal o esmalte dentário perde sua capacidade de auto-reparo anatômico, frente aos danos sofridos⁴⁰. Por isso, o sistema adesivo ideal para a colagem de bráquetes ortodônticos seria aquele capaz de resistir ao período do tratamento, sem descolagens ou infiltrações marginais¹⁸, mas que no momento da remoção do aparelho, deixasse o mínimo de adesivo remanescente sobre o esmalte, sem causar danos à sua superfície³⁶. Contudo, os altos níveis de adesão associados aos bráquetes cerâmicos indicam que os métodos de colagem utilizados atualmente, estão distantes do ideal. Tal situação tem desencorajado os clínicos mais cautelosos no uso dos bráquetes cerâmicos, em virtude dos possíveis riscos de causar danos ao esmalte no momento da sua remoção.

Diferentes métodos com o objetivo de facilitar a remoção dos bráquetes cerâmicos têm sido relatados. Esses estudos têm focado na fragilização da adesão no momento da remoção dos acessórios^{12,13,15,19,24,25,28,31,45}. Tais métodos, apesar de mostrarem-se capazes de facilitar a descolagem dos bráquetes cerâmicos, estão geralmente associados ao uso de equipamentos de custo elevado^{3,19,31} que seriam subutilizados pelos ortodontistas ou podem levar a alterações pulpares decorrentes das altas temperaturas que utilizam^{7,12,25,45}.

Nesse contexto, a proposição de modificações nos protocolos para colagem dos bráquetes cerâmicos, direcionadas à diminuição da resistência adesiva da interface bráquete/adesivo/esmalte, embora mantendo-a dentro de parâmetros clínicos

aceitáveis, permitiria que o processo de descolagem fosse facilitado, evitando fraturas, trincas ou rachaduras no esmalte, deixando menos resíduos de cerâmica e adesivo aderidos. Tais protocolos serão ainda mais interessantes se não requisitarem a aquisição de equipamentos de custo elevado e se não trouxerem riscos à vitalidade pulpar.

Além disso, os altos níveis de rigidez e friabilidade da cerâmica estão também relacionados a quebras ou fraturas dos bráquetes durante sua remoção, deixando resíduos de cerâmica aderidos ao esmalte juntamente com o adesivo remanescente⁹.

Com o intuito de facilitar a remoção, ao final dos anos 90 foram desenvolvidos, bráquetes cerâmicos que incorporam *slots* metálicos e canaletas para indução de fratura da base. A avaliação *in vitro* da força de adesão desses bráquetes mostrou que suas descolagens parecem requerer forças de menor intensidade, apesar de apresentarem resistências de adesão adequadas ao uso clínico. Além disso, menores quantidades de resíduos de cerâmica permaneceram aderidas ao esmalte, mas maiores quantidades de adesivo remanescente foram observadas, o que por um lado favoreceu a preservação da integridade superficial do esmalte, mas por outro demandou maior manipulação de instrumentos para remoção do adesivo remanescente⁹.

Atualmente, existem os bráquetes cerâmicos monocristalinos que apresentam alta translucidez e são ainda mais estéticos do que os policristalinos em uso até então. Contudo, parecem gerar altas resistências de adesão. Apesar disso, estudos que avaliem o comportamento desses bráquetes monocristalinos durante a remoção ainda são raros e não conclusivos.

As resistências das colagens de bráquetes têm sido avaliadas por meio de ensaios mecânicos que se utilizam das forças de cisalhamento^{14,43,44,46}, tração^{2,6} ou mais raramente torção³⁷. Alguns estudos *in vitro* têm buscado simular o procedimento clínico mediante utilização de alicates acoplados às máquinas de testes^{2,6,11}. Contudo, em tais tipos de ensaios mecânicos, a resistência da colagem entre bráquete/adesivo/esmalte, é avaliada somente do ponto de vista quantitativo, mediante determinação das forças necessárias para romper a união entre as três superfícies. A unidade de medida usada para relatar as resistências de colagem é o MPa que leva em conta a quantidade de força expressa em Newton (N) distribuída pela área expressa em mm². Tais estudos partem do pré-suposto de que a força de descolagem é

igualmente distribuída por toda a superfície de colagem¹. No entanto, propriedades físico-químicas dos bráquetes e dos materiais usados na colagem desempenham papel importante nesse processo, pois interferem na distribuição das forças na interface bráquete/adesivo/esmalte²⁰. Somando-se a isso, a natureza friável do esmalte dentário, seria conveniente que os estudos sobre colagem de bráquetes levassem em conta tais propriedades, o que não é possível quando se utiliza dos ensaios mecânicos, tendo em vista que são capazes apenas de descrever os níveis de força aplicados no momento da descolagem²³.

A utilização do Método dos Elementos Finitos permite que sejam avaliados os esforços gerados na superfície do esmalte, considerando propriedades como o Módulo de Elasticidade (Módulo de Young) e a Razão de Deformação superficial (Razão de Poisson) dos diferentes materiais envolvidos^{1,21-23,32}. Essa metodologia utiliza-se de modelos tridimensionais nos quais é possível determinar as propriedades físico-químicas inerentes às superfícies que representam. Esses modelos virtuais podem ser obtidos mediante processo de scaneamento tridimensional ou construídos em softwares específicos como o *Solidworks*TM.

Nesse contexto, utilizando o Método dos Elementos Finitos pode-se avaliar os efeitos gerados pela descolagem de bráquetes na superfície dentária, levando-se em conta as propriedades inerentes ao esmalte^{21,22}, ao bráquete e ao sistema adesivo^{1,20}. Assim, é possível realizar estudos comparativos de inúmeras combinações entre diferentes tipos de bráquete e de sistema adesivo. Os achados provenientes desse modelo de estudo possibilitam a determinação dos protocolos de colagem mais adequados para cada tipo de bráquete, a fim de que sejam adequadas ao uso clínico, mas que ao mesmo tempo preservem o esmalte de esforços excessivos quando da sua remoção.

Os métodos mais empregados para remoção do adesivo remanescente utilizam instrumentos rotatórios como brocas, pedras montadas e discos abrasivos^{26,38}, em alta ou baixa rotação e que trazem consigo potenciais de modificação da superfície do esmalte³⁸. Isso é mais crítico quando é necessário remover maiores quantidades de adesivo remanescente e resíduos cerâmicos, o que requer o uso de brocas diamantadas em alta rotação ou envolve maior tempo de manipulação, potencializando o risco de gerar ranhuras graves à superfície do esmalte³. Contudo, os estudos realizados até então utilizaram dentes com quantidades não padronizadas de adesivo remanescente, o que pode ter influenciado nos resultados obtidos. Diante disso, a

busca por métodos mais conservadores justifica-se, especialmente se quantidades padronizadas de adesivo forem utilizadas para avaliar os efeitos gerados na superfície do esmalte.

Os estudos aqui reunidos tiveram o objetivo de testar, por meio de ensaio mecânico e pelo método dos elementos finitos, a resistência da colagem de bráquetes cerâmicos, utilizando diferentes protocolos. O foco foi o de estabelecer sistemáticas capazes de promover colagens de bráquetes cerâmicos com resistência adequada às necessidades clínicas, mas que favorecessem descolagens mais fáceis e seguras para o esmalte dentário. Além disso, a quantidade de adesivo e/ou fragmentos cerâmicos remanescentes sobre a superfície do esmalte, foi avaliada nos diferentes protocolos de colagem. Outro aspecto avaliado foi o efeito provocado na superfície do esmalte por diferentes métodos para remoção do adesivo remanescente, comparando-se inclusive o tempo gasto na execução dos diferentes procedimentos.

2 Proposição

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é verificar se mudanças nos protocolos de colagem e de remoção do adesivo remanescente possibilitam que o processo de remoção dos bráquetes cerâmicos seja facilitado e com menos riscos para o esmalte dentário.

2.2 Objetivos específicos

Serão testadas as seguintes hipóteses:

1. A não foto-ativação do *primer* não gera menores resistências de colagem ao cisalhamento com os bráquetes cerâmicos.
2. O uso do *self-etching* primer não gera menores resistências de colagem ao cisalhamento com os bráquetes cerâmicos.
3. A análise pelo método dos elementos finitos não mostra coerência entre as áreas de concentração de esforços e as fraturas de esmalte.
4. Os cinco métodos de remoção do adesivo remanescente testados não apresentam diferenças quanto ao aspecto superficial final do esmalte.
5. Os cinco métodos de remoção do adesivo remanescente testados não apresentam diferenças quanto ao tempo de execução dos procedimentos

3 Capítulo 1

Avaliação de protocolos para colagem de
bráquetes cerâmicos com vistas à preservação
da integridade do esmalte dentário pelo teste
de Cisalhamento.*

*Artigo a ser submetido à apreciação do corpo editorial do *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.

3 Capítulo 1

RESUMO

Introdução: Apesar de estéticos os bráquetes cerâmicos colocam em risco a integridade do esmalte pelas altas resistências de colagem. Protocolos que reduzam essas resistências, mas adequados ao uso clínico, ainda não foram estabelecidos.

Objetivos: O objetivo desse estudo foi o de avaliar os efeitos da não foto-ativação do *primer* na colagem de bráquetes cerâmicos com o Transbond Plus Self-etching Primer™ (TPSEP) quanto à: resistência da colagem; quantidade de adesivo remanescente; permanência de resíduos cerâmicos e ocorrência de fraturas de esmalte, com enfoque na preservação do esmalte. **Material e Método:** 120 pré-molares foram aleatoriamente divididos em 10 grupos. O Transbond XT™ (TXT) foi usado para colar 40 bráquetes Clarity™ (3M/Unitek), 40 Inspire Ice™ (Ormco) e 40 Gemini™ (3M/Unitek). Além do bráquete, o condicionamento do esmalte (Ácido fosfórico a 37% ou TPSEP) e a foto-ativação do *primer* variaram em cada grupo.

Resultados: A menor resistência da colagem com o Clarity (24,85MPa) foi observada no Grupo 3 (TPSEP com foto-ativação do *primer*) e com o Inspire Ice (24,74 MPa), no Grupo 8 (TPSEP sem foto-ativação do *primer*). Clarity™ e Inspire Ice™ mostraram maiores quantidades de adesivo remanescente nos grupos colados com TXT + ácido fosfórico, sem foto-ativação do *primer*. Com o TPSEP sem foto-ativação apenas o Inspire Ice (Grupo 8) mostrou maior quantidade de adesivo remanescente. Fraturas de esmalte foram observadas nos grupos do Clarity sem foto-ativação (Grupos 2 e 4). **Conclusão:** Entre os protocolos testados, se mostraram menos arriscados para o esmalte o TPSEP com foto-ativação para o Clarity (Grupo 3) e o TPSEP sem foto-ativação para o Inspire Ice (Grupo 8).

INTRODUÇÃO

Apesar de rígidos e friáveis, os bráquetes cerâmicos são altamente estéticos e por isso, desejados por pacientes adultos que têm buscado cada vez mais pelo tratamento ortodôntico¹⁻³.

Os estudos que avaliam as colagens de bráquetes cerâmicos têm focado na força máxima necessária para sua remoção, a fim de que os sistemas adesivos sejam capazes de resistir ao período do tratamento, sem descolagens indesejadas⁴⁻⁶. Contudo, esses bráquetes apresentam valores de resistência da colagem, próximos

aos 29 MPa⁷⁻⁹, enquanto valores entre 5,9 e 7,8 MPa parecem atender às necessidades clínicas^{10,11}.

Diante disso, constata-se que a motivação para realização de tais estudos deveria basear-se na remoção dos bráquetes cerâmicos ao final do tratamento, visto que esse procedimento envolve a aplicação de elevados níveis de força. Isso se faz mais crítico ao constatar que fraturas de esmalte podem ocorrer a partir de 13 MPa^{12,13}. Assim, a remoção de bráquetes cerâmicos ao final do tratamento, tem sido relacionada a complicações como: rachaduras, trincas e fraturas de esmalte^{1,14,15}, deixando ortodontistas e pacientes apreensivos¹⁶.

Com o intuito de evitar tais complicações, diferentes métodos que facilitam a remoção dos bráquetes cerâmicos, têm sido relatados¹⁷. Os estudos têm focado na fragilização da colagem, no momento da retirada dos acessórios, mediante utilização de recursos como os lasers e a eletrotermia^{2,3,18-25}. Apesar de facilitarem a descolagem dos bráquetes, esses métodos envolvem o uso de equipamentos de custo elevado^{3,23-25}, os quais seriam subutilizados pelos ortodontistas, ou podem causar alterações pulpares decorrentes das altas temperaturas que empregam^{18-20,26}.

Estudos in vitro demonstraram que modificações nos protocolos de colagem como alterações no tempo de foto-ativação^{27,28} e o uso de sistemas auto-condicionantes (*self-etching primers* - SEP)²⁹⁻³⁵ influenciam de modo relevante na resistência da colagem³⁶ e no aspecto final da superfície do esmalte após descolagem^{35,37}.

O uso do SEP para colagem de bráquetes cerâmicos está associado a valores adequados para as finalidades clínicas³³, além de possibilitar que no momento da descolagem, a quebra aconteça na camada de adesivo, o que sugere menores riscos de fraturas de esmalte³⁰⁻³². Além disso, quando comparado ao condicionamento convencional do esmalte, feito com ácido fosfórico a 37%, o SEP está associado a menores quantidades de adesivo remanescente^{31,38} e menores alterações na superfície do esmalte^{37,39}.

Em geral, os diferentes sistemas adesivos têm sido testados por meio de ensaios mecânicos que se utilizam das forças de cisalhamento^{11,31,40,41}, tensão^{14,42} ou mais raramente torção^{7,43,44}. Tais tipos de estudos permitem que a resistência da união entre bráquete/adesivo/esmalte, seja avaliada do ponto de vista quantitativo, por determinação das forças máximas necessárias para romper a união entre as três superfícies envolvidas³⁶.

A proposição de protocolos direcionados à diminuição da resistência da colagem na interface bráquete/adesivo/esmalte, embora mantendo-a dentro de parâmetros clínicos aceitáveis²⁹⁻³¹, permitirá que o processo de remoção dos bráquetes cerâmicos seja facilitado, prevenindo a ocorrência de fraturas, trincas ou rachaduras no esmalte³¹ e deixando menos resíduos de cerâmica e adesivo aderidos^{36,38}. Tais protocolos serão ainda mais interessantes se não envolverem aquisição de novos e caros equipamentos e não trouxerem riscos à vitalidade pulpar.

No presente estudo, diferentes protocolos de condicionamento do esmalte e de foto-ativação foram avaliados quanto à resistência apresentada pela colagem de bráquetes cerâmicos ao cisalhamento. Os espécimes foram também avaliados quanto a fatores como: a) aspecto superficial após descolagem, para o que foi aplicado o índice de adesivo remanescente (*Adhesive Remnant Index – ARI*)⁴⁵; b) ocorrência de fraturas de esmalte e c) presença de fragmentos cerâmicos residuais aderidos ao esmalte, com vistas à identificação dos protocolos adequados ao uso clínico, mas menos arriscados para o esmalte.

MATERIAL E MÉTODO

Dentes:

Foram utilizados neste estudo 120 pré-molares humanos, totalmente irrompidos, extraídos por razões ortodônticas com faces vestibulares híginas (livres de cáries, fraturas ou restaurações). Após extração, os dentes foram lavados em solução fisiológica, imersos e armazenados em solução de timol a 0,1%^{32,34} sobre resfriamento, por no máximo 06 meses. Os 120 dentes foram posicionados em anéis de Poli Vinil Cloreto Rígido – PVC com os esquadros de acrílico, de modo que o ponto central das faces vestibulares das coroas dentárias ficasse localizado em linha vertical e perpendicular às bases dos anéis. As raízes foram incluídas com resina epóxi (Epofix Resin/Struers™) (Fig. 1). Depois de montados, os corpos de prova foram imersos e armazenados em recipiente plástico com água destilada, à temperatura ambiente, até o momento da colagem dos bráquetes para que restabelecer o padrão de hidratação original do esmalte. O tempo de armazenagem não excedeu 05 dias até a colagem.

A coleta e utilização dos espécimes descritos nesta metodologia foi avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas da FOAR/UNESP, conforme certificado e termo de prorrogação colocados em anexo.

Bráquetes Testados:

Foram utilizados no estudo 40 bráquetes metálicos modelo Gemini/3MUnitek™; 40 bráquetes cerâmicos policristalinos com *slots* metálicos modelo Clarity/3M Unitek™; e 40 bráquetes cerâmicos monocristalinos modelo Inspire Ice/Ormco™.

Sistemas Adesivos Testados:

Os sistemas adesivos avaliados foram: 1) Ácido fosfórico a 37% + Transbond XT – TXT (3M/Unitek™) e 2) Transbond Plus *Self-etching Primer*-SEP – TPSEP (3M/Unitek™) + Transbond XT – TXT (3M/Unitek™).

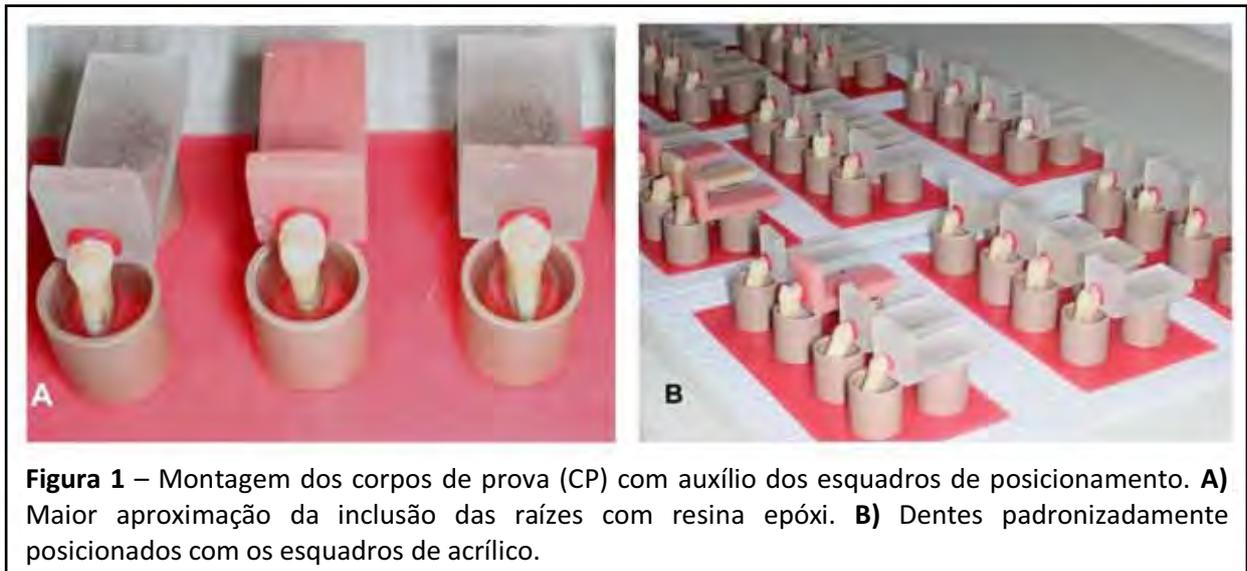


Figura 1 – Montagem dos corpos de prova (CP) com auxílio dos esquadros de posicionamento. **A)** Maior aproximação da inclusão das raízes com resina epóxi. **B)** Dentes padronizadamente posicionados com os esquadros de acrílico.

Divisão dos grupos de estudo:

Os corpos de prova foram aleatoriamente divididos em 12 grupos (n=10 por grupo). Nos Grupos 1, 2, 3 e 4 foram colados bráquetes cerâmicos policristalinos com *slots* metálicos (Clarity 3M/Unitek™). Nos Grupos 5, 6, 7 e 8, bráquetes cerâmicos monocristalinos (Inspire Ice/Ormco) foram colados. Nos demais Grupos (9, 10, 11 e 12), foram colados os bráquetes metálicos (Gemini 3M/Unitek™). Além dos tipos de bráquetes, variações no sistema adesivo e no protocolo de colagem diferenciaram os 12 Grupos de teste. Cada corpo de prova foi identificado com código que caracterizava o grupo a que pertencia. O Quadro 1 descreve esquematicamente, os grupos de estudo.

Foto-ativação:

O mesmo aparelho Foto-polimerizador LED de alta intensidade modelo *Bluephase Ivoclar/Vivadent G2*, com fibra ótica de 10,0mm foi usado para foto-ativação

em todas as colagens. O tempo de total de ativação variou entre 20 e 30 segundos, de acordo com o grupo.

Colagem dos Bráquetes

Previamente à colagem, todos os dentes passaram por profilaxia com escova de Robinsom, pasta profilática com flúor e água abundante, em baixa rotação, durante 15 segundos⁴⁶. Após, foram submetidos a 15 segundos de jato de ar/água e secagem por 10 segundos. As escovas foram trocadas a cada 10 dentes e as colagens conduzidas obedecendo aos protocolos de cada grupo, conforme descrito nos quadros 2, 3, 4 e 5:

Armazenamento após colagem:

Depois de colados os bráquetes, os corpos de prova foram imersos em água destilada, e mantidos à temperatura de 37°C, na estufa de cultura (FANEN Ltda.® – SP Brasil, Mod. 002CB, 110v), por 24 horas. Após este período fez-se a descolagem dos bráquetes.

Quadro 1 – Descrição dos grupos de estudo

Grupos	Condicionamento do Esmalte	Foto-ativação do <i>Primer</i>	Tipo de Bráquete
1	Ac Fosfórico 37% (30 segundos)	10 segundos	Clarity
2		Sem foto-ativação	
3	SEP	10 segundos	
4		Sem foto-ativação	
5	Ac Fosfórico 37% (30 segundos)	10 segundos	Inspire Ice
6		Sem foto-ativação	
7	SEP	10 segundos	
8		Sem foto-ativação	
9	Ac Fosfórico 37% (30 segundos)	10 segundos	Gemini
10		Sem foto-ativação	
11	SEP	10 segundos	
12		Sem foto-ativação	

Quadro 2 – Protocolo de colagem seguido nos Grupos 1, 5 e 9.

Bráquetes:	Grupos:	Número de Espécimes: 10 por grupo
Clarity 3M/Unitek	1	
Inspire Ice/Ormco	5	
Gemini 3M/Unitek	9	
1)	Aplicação do ácido fosfórico a 37% por 30 segundos e spray água/ar por 15 segundos;	
2)	Secagem com jato de ar isento de umidade e óleo, por 10 segundos;	
3)	Aplicação da resina Fluida integrante do Sistema Adesivo Transbond XT + jato de ar;	
4)	Foto-ativação do <i>Primer</i> por 10 segundos;	
5)	Posicionamento do bráquete com Transbond XT no centro das coroas	
6)	Compressão do bráquete com dinamômetro para escoamento dos excessos (300g/F)	
7)	Remoção de excessos	
8)	Foto-ativação por 20 segundos (10 segundos por mesial e 10 por distal)	
Tempo total de foto-ativação 30 segundos (10 segundos <i>Primer</i> + 20 segundos TXT)		

Quadro 3 – Protocolo de colagem seguido nos Grupos 2, 6 e 10.

Bráquetes:	Grupos:	Número de Espécimes: 10 por grupo
Clarity 3M/Unitek	2	
Inspire Ice/Ormco	6	
Gemini 3M/Unitek	10	
1)	Aplicação do ácido fosfórico a 37% por 30 segundos e spray água/ar por 15 segundos;	
2)	Secagem com jato de ar isento de umidade e óleo, por 10 segundos;	
3)	Aplicação do <i>Primer</i> + jato de ar;	
4)	Posicionamento do bráquete com TXT no centro das coroas	
5)	Compressão do bráquete com dinamômetro para escoamento dos excessos (300g/F)	
6)	Remoção de excessos	
7)	Foto-ativação por 20 segundos (10 segundos por mesial e 10 por distal)	
Tempo total de foto-ativação (20 segundos TXT)		

Quadro 4 – Protocolo de colagem seguido nos Grupos 3, 7 e 11.

Bráquetes:	Grupos:	Número de Espécimes: 10 por grupo
Clarity 3M/Unitek	3	
Inspire Ice/Ormco	7	
Gemini 3M/Unitek	11	
1)	Ativação do TPSEP™ conforme sequência do fabricante;	
2)	Aplicação do TPSEP™ na face vestibular dos dentes, sob agitação por 4 segundos. (Cada tubo foi usado em 5 dentes) + Reinserção do aplicador na embalagem;	
3)	Jato de ar isento de umidade e óleo, por 2 segundos;	
4)	Foto-ativação do TPSEP por 10 segundos:	
5)	Posicionamento do bráquete com TXT no centro das coroas	
6)	Compressão do bráquete com dinamômetro para escoamento dos excessos (300g/F)	
7)	Remoção de excessos	
8)	Foto-ativação por 20 segundos (10 segundos por mesial e 10 por distal)	
Tempo total de foto-ativação 30 segundos (10 segundos TPSEP + 20 segundos TXT)		

Quadro 5 – Protocolo de colagem seguido nos Grupos 4, 8 e 12.

Bráquetes:	Grupos:	Número de Espécimes: 10 por grupo
Clarity 3M/Unitek	4	
Inspire Ice/Ormco	8	
Gemini 3M/Unitek	12	
1)	Ativação do TPSEP™ conforme sequência do fabricante;	
2)	Aplicação do TPSEP™ na face vestibular dos dentes, sob agitação por 4 segundos. (Cada tubo foi usado em 5 dentes) + Reinserção do aplicador na embalagem;	
3)	Jato de ar isento de umidade e óleo, por 2 segundos;	
4)	Posicionamento do bráquete com TXT no centro das coroas	
5)	Compressão do bráquete com dinamômetro para escoamento dos excessos (300g/F)	
6)	Remoção de excessos	
7)	Foto-ativação por 20 segundos (10 segundos por mesial e 10 por distal)	
Tempo total de foto-ativação 20 segundos (20 segundos TXT)		

Determinação das Áreas de colagem:

As áreas de colagem foram determinadas pelas dimensões dos bráquetes. Para isso, alturas e larguras das bases de 5 bráquetes de cada tipo, aleatoriamente selecionados, foram medidas com o paquímetro de precisão Mitutoyo Modelo *Coolant Proof Micrometer* IP65 (Fig.2) e as médias de cada parâmetro foram estabelecidas.

Esse procedimento foi repetido com espaçamento de 1 semana entre a 1ª e a 2ª medições. Tendo em vista a alta coincidência entre as medidas realizadas nos 2 momentos, as médias desses valores foram usadas no ensaio mecânico (Tabela1).

Teste de resistência da colagem:

A descolagem dos bráquetes foi realizada na máquina de testes universais modelo EMIC DL 2000, com célula de carga de 2500N. Para o cisalhamento foram usados: cinzel, mesa posicionadora e instrumento de fixação (Fig. 3A). A borda ativa do cinzel foi posicionada nas bases dos bráquetes (Fig.3B) A velocidade de deslocamento da célula de carga foi de 5mm/minuto^{32,34,47}. O software TESC, integrado ao sistema da máquina, registrou automaticamente o valor da força máxima para descolagem dos bráquetes em Newton (N) e Mega-Pascal (MPa).

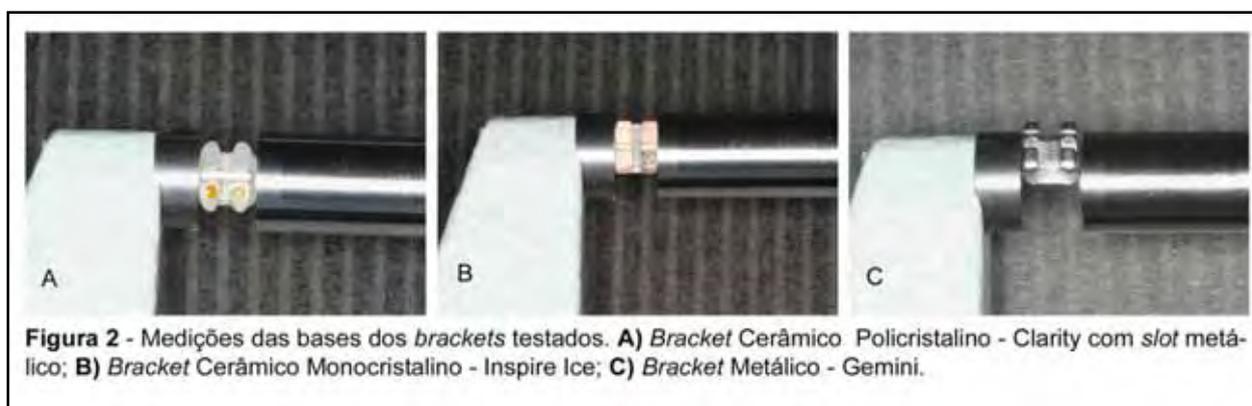
Avaliação da resistência da colagem

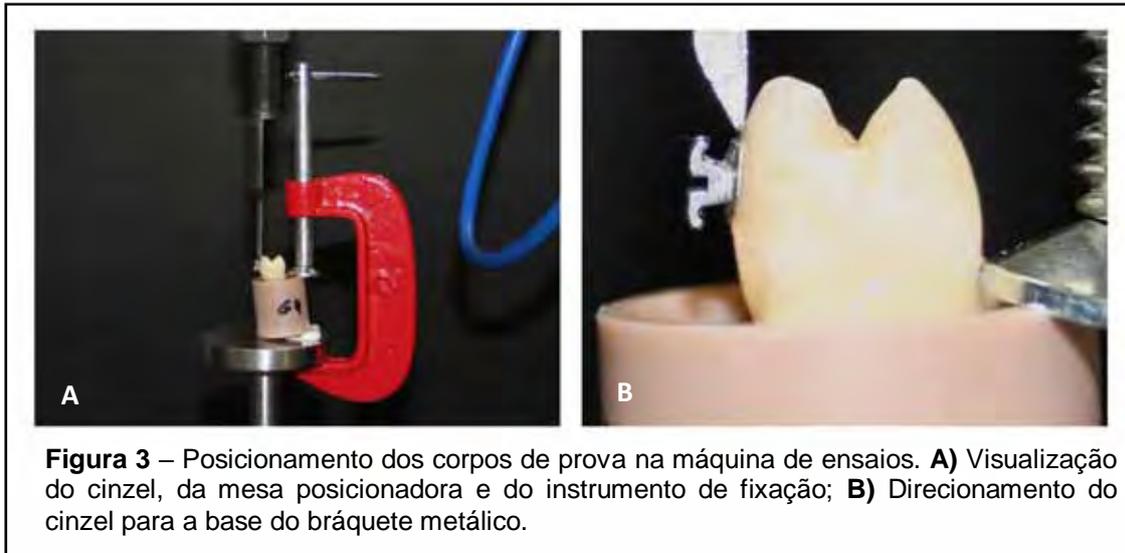
Para avaliar a resistência da colagem após teste na EMIC, optou-se pelos valores em MPa, que leva em conta a intensidade da força aplicada em Newton (N) por milímetro quadrado

(N/mm²). Assim 1MPa=1N/mm²⁴. Depois de registrados, pelo TESC versão 3.04, os dados foram transferidos para planilhas do ExcellTM e foram qualitativamente avaliados.

O tratamento

estatístico foi realizado com auxílio do *software Statistical Package for Social Sciences*TM – SPSS, versão 17.0. Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade e à normalidade pelo método de Kolmogorov e Smirnov, sendo posteriormente submetidos à análise de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ($p<0,05$), para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.





Avaliação do índice de adesivo remanescente:

Após descolagem dos *bráquetes*, as faces vestibulares foram avaliadas em 10x de magnificação³⁴, quanto a: a) quantidade de adesivo remanescente; b) ocorrência de fraturas de esmalte e c) presença de fragmentos de cerâmica. A classificação quanto à quantidade de adesivo remanescente foi realizada mediante aplicação do *Adhesive Remanent Index (ARI)*, conforme proposto por Artun e Bergland (1984)⁴⁵, cujos critérios podem ser vistos no Quadro 6.

Quadro 6 – Listagem de Escores e descrição do aspecto superficial após descolagem (ARI).

Escore	Aspecto superficial
0	Nenhuma quantidade de adesivo permaneceu sobre o esmalte
1	Menos de 50% do adesivo permaneceu sobre o esmalte
2	Mais de 50% do adesivo permaneceu sobre o esmalte
3	100% do adesivo permaneceu sobre o esmalte

Depois que o pesquisador 1 avaliou e classificou cada corpo de prova quanto ao índice ARI, fez-se o tratamento estatístico dos dados mediante aplicação do teste χ^2 ³⁴.

Além disso, nos grupos com bráquetes cerâmicos, avaliou-se a presença de fragmentos cerâmicos após descolagens. Para isso, foi usado o código descrito no Quadro 7.

O teste χ^2 foi aplicado para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas quanto a esse aspecto nos diferentes grupos.

Quadro 7 – Códigos de referência para a ausência ou presença de fragmentos cerâmicos após descolagem.

Código	Característica Superficial
0	Fragmento Cerâmico Ausente
1	Fragmento Cerâmico Presente

Avaliação quanto à ocorrência das fraturas de esmalte:

A ocorrência de fraturas de esmalte, foi avaliada pela aplicação do código descrito no Quadro 8. A verificação de diferenças estatisticamente significativas quanto a esse aspecto nos grupos foi conduzida pela aplicação do teste do χ^2 .

Quadro 8 – Códigos de referência para presença ou ausência de fraturas de esmalte após descolagem.

Código	Característica Superficial
S	Presença de fratura do esmalte
N	Ausência de fratura de esmalte

RESULTADOS

Os valores das dimensões dos 05 bráquetes de cada modelo medidos nos dois momentos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios expressos em mm das dimensões das bases dos 05 bráquetes medidos em 2 momentos e médias dos valores auferidos nos dois momentos.

Bráquete	Altura (mm)			Largura (mm)			Área (mm ²)		
	Av 1	Av 2	Média	Av 1	Av 2	Média	Av 1	Av 2	Média
Clarity	3,30	3,30	3,30	3,55	3,55	3,55	11,72	11,70	11,71
Inspire Ice	3,64	3,63	3,64	3,04	3,05	3,05	11,07	11,08	11,08
Gemini	3,35	3,36	3,36	3,74	3,74	3,74	12,55	12,58	12,57

A Tabela 2 descreve os valores médios de resistência das colagens ao cisalhamento apresentados pelos grupos de estudo. Podem ser visualizados valores Mínimos, Máximos e seus respectivos desvios padrão.

As variações na foto-ativação do *primer* interferiram de modo significativo na resistência ao cisalhamento apresentada pelos bráquetes metálicos colados mediante condicionamento com o ácido fosfórico.

Entre os bráquetes cerâmicos, não houve diferenças estatisticamente significativas para esse aspecto, tanto para as colagens realizadas mediante condicionamento com ácido fosfórico quanto para as colagens com o SEP (Tabelas 3 e 4).

Tabela 2 – Descrição dos grupos e dos valores relativos à Força Máxima para descolagem dos *bráquetes* no teste de resistência da colagem ao cisalhamento expressos em Mega-Pascal (MPa). Valores descritos: Média, Desvio padrão, Valores Mínimos e Máximos de cada Grupo.

Grupo	Bráquete	Cond. Esmalte	Primer	Média/MPa	Desvio-padrão	Min	Máx
1	Clarity	Ác Fosf	Com Fot Ativ	34,43	7,92	24,20	44,39
2		Ác Fosf	Sem Fot Ativ	36,19	5,60	26,08	45,71
3		SEP	Com Fot Ativ	24,85	3,87	20,26	31,12
4		SEP	Sem Fot Ativ	25,27	7,09	15,49	34,45
5	Inspire Ice	Ác Fosf	Com Fot Ativ	31,09	2,78	26,14	35,87
6		Ác Fosf	Sem Fot Ativ	31,62	8,12	20,28	47,35
7		SEP	Com Fot Ativ	26,51	4,50	19,23	35,86
8		SEP	Sem Fot Ativ	24,74	5,69	13,80	31,36
9	Gemini	Ác Fosf	Com Fot Ativ	22,18	4,56	12,10	27,67
10		Ác Fosf	Sem Fot Ativ	18,17	2,36	12,42	20,91
11		SEP	Com Fot Ativ	11,02	3,53	5,15	17,76
12		SEP	Sem Fot Ativ	10,90	3,27	7,52	19,40

Tabela 3 – Influência da foto-ativação e da não foto-ativação do *Primer* na resistência da colagem de bráquetes usando Transbond XT e Ácido Fosfórico a 37%, ao cisalhamento.

Grupo	Bráquete	n	Foto-ativação do Primer	Força Máxima Média (MPa)	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
1	Clarity	10	10 segundos	34,43	$p = 0,796$
2		10	Sem Foto-ativação	36,19	
5	Inspire Ice	10	10 segundos	31,09	$p = 1,000$
6		10	Sem Foto-ativação	31,62	
9	Gemini	10	10 segundos	22,18	$p = 0,019^*$
10		10	Sem Foto-ativação	18,17	

Tabela 4 – Influência da foto-ativação e da não foto-ativação do *Primer* na resistência da colagem de bráquetes usando Transbond XT + Transbond Plus *Self-etching Primer* ao cisalhamento.

Grupo	Bráquete	n	Foto-ativação do Primer	Força Máxima Média (MPa)	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
3	Clarity	10	10 segundos	24,85	$p = 0,912$
4		10	Sem Foto-ativação	25,27	
7	Inspire Ice	10	10 segundos	26,51	$p = 0,705$
8		10	Sem Foto-ativação	24,74	
11	Gemini	10	10 segundos	11,02	$p = 0,650$
12		10	Sem Foto-ativação	10,90	

O modo de condicionamento do esmalte, mostrou diferenças estatisticamente significativas para a resistência da colagem com foto-ativação do *primer* para os três tipos de bráquetes testados (Tabelas 5 e 6).

Foram observadas, reduções significativas nas resistências das colagens sem foto-ativação do *primer* para o Clarity e para o Gemini, com a variação no modo de condicionamento do esmalte. Entre os grupos colados com o Inspire Ice, não houve diferenças estatisticamente significativas, para esse aspecto (Tabela 6).

Tabela 5 – Influência do método de condicionamento do esmalte, com foto-ativação do *Primer*, na resistência da colagem ao cisalhamento

Grupo	Bráquete	n	Cond Esmalte	Força Máxima Média (MPa)	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
1	Clarity	10	Ác Fosf	34,43	$p = 0,004^*$
3		10	SEP	24,85	
5	Inspire Ice	10	Ác Fosf	31,09	$p = 0,007^*$
7		10	SEP	26,51	
9	Gemini	10	Ác Fosf	22,18	$p = 0,001^*$
11		10	SEP	11,02	

Tabela 6 – Análise da influência do método de condicionamento do esmalte, sem foto-ativação do *Primer*, na resistência da colagem dos bráquetes ao cisalhamento.

Grupo	Bráquete	n	Cond Esmalte	Força Máxima Média (MPa)	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
2	Clarity	10	Ác Fosf	36,19	$p = 0,003^*$
4		10	SEP	25,27	
6	Inspire Ice	10	Ác Fosf	31,62	$p = 0,063$
8		10	SEP	24,74	
10	Gemini	10	Ác Fosf	18,17	$p = 0,001^*$
12		10	SEP	10,90	

A não foto-ativação do *primer* interferiu no índice de adesivo remanescente (ARI) apresentado pelos bráquetes cerâmicos colados com TXT + Ácido Fosfórico. Tanto para o Clarity ($p=0,047$) quanto para o Inspire Ice ($p=0,000$), maiores quantidades de adesivo remanescente estiveram associadas à não foto-ativação do *primer*. Essa diferença foi ainda mais significativa para o Inspire Ice (Tabela 8). A análise estatística empregada foi o teste Chi² ³⁴.

Nos Grupos colados com o TXT + TPSEP, a não foto-ativação do *primer* influenciou de modo significativo quanto à quantidade de adesivo remanescente, apenas nos comparativos entre os Grupos 7x8 ($p=0,000$). Ao comparar os grupos 1x2

($p=0,547$) e 9x10 ($p=0,329$) verifica-se que não houve diferença estatisticamente significativa para esse aspecto (Tabela 9).

Tabela 7– Distribuição do Índice de adesivo remanescente (*Adhesive Remnant Index - ARI*) nos grupos.

Grupo	N	ARI 0		ARI 1		ARI 2		ARI 3	
		N	%	n	%	n	%	n	%
1	10	3	30	5	50	0	0	2	20
2	10	1	10	1	10	3	30	5	50
3	10	5	50	5	50	0	0	0	0
4	10	5	50	4	40	0	0	1	10
5	10	0	0	0	0	9	90	1	10
6	10	0	0	0	0	1	10	9	90
7	10	0	0	5	50	5	50	0	0
8	10	4	40	3	30	1	10	2	20
9	10	4	40	6	60	0	0	0	0
10	10	2	20	8	80	0	0	0	0
11	10	3	30	7	70	0	0	0	0
12	10	4	40	6	60	0	0	0	0

Tabela 8– Análise da influência da foto-ativação e da não foto-ativação do *Primer* no ARI após teste de cisalhamento de bráquetes colados com Transbond XT + Ácido Fosfórico.

Grupo	Bráquete	Foto-ativação do Primer	n	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3	χ^2 ($p<0,05$)
1	Clarity	10 segundos	10	3	5	0	2	$p = 0,047^*$
2		Sem Foto-ativação	10	1	1	3	5	
5	Inspire Ice	10 segundos	10	0	0	9	1	$p = 0,000^*$
6		Sem Foto-ativação	10	0	0	1	9	
9	Gemini	10 segundos	10	4	6	0	0	$P=0,329$
10		Sem Foto-ativação	10	2	8	0	0	

Tabela 9 – Análise da influência da foto-ativação e da não foto-ativação do *Primer* no ARI, após teste de cisalhamento de bráquetes colados com Transbond XT + TPSEP.

Grupo	Bráquete	Foto-ativação do Primer	n	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3	χ^2 ($p<0,05$)
3	Clarity	10 segundos	10	5	5	0	0	$p = 0,574$
4		Sem Foto-ativação	10	5	4	1	0	
7	Inspire Ice	10 segundos	10	5	5	0	0	$p = 0,027^*$
8		Sem Foto-ativação	10	4	3	1	2	
11	Gemini	10 segundos	10	3	7	0	0	$p = 0,639$
12		Sem Foto-ativação	10	4	6	0	0	

O índice de adesivo remanescente mostrou diferenças na distribuição entre os grupos, conforme se pode observar na Tabela 7.

O uso do SEP com foto-ativação do *primer* deixou menores quantidades de adesivo remanescente após cisalhamento apenas no Grupo 7 (Tabela 10).

Menores quantidades de adesivo remanescente permaneceram sobre o esmalte nos grupos em que bráquetes cerâmicos foram colados com o SEP sem foto-ativação do *primer*. Apenas os bráquetes metálicos não mostraram diferenças significativas para esse aspecto (Tabela 11).

Tabela 10– Análise da influência do modo de condicionamento de esmalte com foto-ativação do *Primer* no ARI, após teste de cisalhamento.

Grupo	Bráquete	Condicionamento	n	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3	χ^2 ($p < 0,05$)
1	Clarity	Ácido Fosfórico	10	3	5	0	2	$p = 0,287$
3		SEP	10	5	5	0	0	
5	Inspire Ice	Ácido Fosfórico	10	0	0	9	1	$p = 0,028^*$
7		SEP	10	5	0	5	0	
9	Gemini	Ácido Fosfórico	10	4	6	0	0	$p = 0,639$
11		SEP	10	3	7	0	0	

Tabela 11– Análise da influência do modo de condicionamento de esmalte sem foto-ativação do *Primer* no ARI, após teste de cisalhamento.

Grupo	Bráquete	Condicionamento	n	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3	χ^2 ($p < 0,05$)
2	Clarity	Ácido Fosfórico	10	1	1	3	5	$p = 0,017^*$
4		SEP	10	5	4	1	0	
6	Inspire Ice	Ácido Fosfórico	10	0	0	1	9	$p = 0,01^*$
8		SEP	10	4	3	1	2	
10	Gemini	Ácido Fosfórico	10	2	8	0	0	$p = 0,329$
12		SEP	10	4	6	0	0	

Na Tabela 12 é apresentada a distribuição da ocorrência de fraturas de esmalte nos Grupos com seus respectivos percentuais e as médias de força máxima para promover as descolagens ao cisalhamento de cada grupo.

Na Tabela 13 vê-se a distribuição nos grupos da ocorrência de fragmentos cerâmicos após descolagem dos bráquetes por cisalhamento, com seus respectivos percentuais e médias das forças máximas. As maiores ocorrências de fragmentos cerâmicos aconteceram nos grupos colados com o Clarity mediante condicionamento com ácido fosfórico. Para o Inspire Ice, o Grupo 6 colado com Ácido fosfórico + TXT, sem foto-ativação do *primer*, mostrou a maior ocorrência de fragmentos cerâmicos.

Tabela 12 – Ocorrência de fraturas de esmalte após descolagem nos Grupos testados.

Grupo	n / Grupo	Fratura de Esmalte			
		Presente	Ausente	% de Fratura Presente	Média Força Máxima (MPa)
1	10	0	10	0%	34,43
2	10	1	9	10%	36,19
3	10	0	10	0%	24,85
4	10	1	9	10%	25,27
5	10	0	10	0%	31,09
6	10	0	10	0%	31,62
7	10	0	10	0%	26,51
8	10	0	10	0%	24,74
9	10	7	3	70%	22,18
10	10	2	8	20%	18,17
11	10	0	10	0%	11,02
12	10	0	10	0%	10,90

Tabela 13 – Ocorrência de fragmentos cerâmicos residuais após descolagem nos grupos testados.

Grupo	n / Grupo	Fragmento Cerâmico			
		Presente	Ausente	Média Força Máxima (MPa)	% de Fragmento Presente
1	10	4	6	34,43	40%
2	10	4	6	36,19	40%
3	10	0	10	24,85	0%
4	10	1	9	25,27	10%
5	10	0	10	31,09	0%
6	10	3	7	31,62	30%
7	10	1	9	26,51	10%
8	10	1	9	24,74	10%

DISCUSSÃO

A sequência empregada para a colagem dos bráquetes seguiu orientações do fabricante do sistema adesivo e a necessidade de padronização das condições de teste. Nesse sentido, buscou-se uniformizar a espessura da camada de adesivo, mediante mensuração da pressão (300g) aplicada no momento da colagem propriamente dita, com auxílio do dinamômetro (Correx™)^{34,48,49}.

No presente estudo, todos os protocolos de colagem testados mostraram resistência de colagem com valores acima dos considerados adequados às necessidades clínicas em Ortodontia^{10,11}.

Conforme relatado em estudos anteriores, os valores de resistência da colagem foram mais elevados nos grupos em que o esmalte foi condicionado com ácido fosfórico a 37% do que os encontrados nos grupos condicionados com o SEP^{29,31,34,36}. Essa tendência manteve-se para os 3 tipos de bráquetes testados. Nos grupos colados com bráquetes metálicos esse achado ficou mais evidente nos comparativos entre os Grupos 9 x 11 e entre os Grupos 10 x 12 nos quais essa diferença aproximou-se dos 50%.

A não foto-ativação do *primer* esteve associada a reduções nos valores de resistência da colagem dos bráquetes metálicos ao cisalhamento^{27,28}. A presença do bráquete metálico no momento da foto-ativação parece gerar áreas com menor incidência da luz proveniente do fotopolimerizador^{27,28,36} o que contribuiria para o estabelecimento de menores resistências de colagem com a não foto-ativação do *primer*⁵⁰. Contudo, apenas entre os Grupos 9 (22,18 MPa) e 10 (18,17 MPa) (Tabela 3), essa diferença foi estatisticamente significativa. Os Grupos 11 (11,02MPa) e 12 (10,90 MPa), apresentaram os menores valores de resistência da colagem. Mesmo não havendo significado estatístico, o Grupo 12, no qual o *primer* não foi foto-ativado, mostrou média de resistência ao cisalhamento numericamente menor do que a do Grupo 11. O Grupo 12 apresentou o menor valor para esse aspecto entre os 12 grupos testados, o que está de acordo com os estudos de Finema, et al.³⁶; Uysal, et al.³⁰; Arici e Minors⁴².

Apesar de não se observar diferenças estatisticamente significativas na resistência da colagem ao cisalhamento entre os grupos colados com bráquetes cerâmicos, verificou-se que os valores médios das forças máximas empregadas na descolagem desses bráquetes foram maiores nos Grupos 2, 4 e 6, nos quais a foto-ativação do *primer* não foi realizada. Vale ressaltar que o Grupo 2 mostrou o maior valor médio de resistência da colagem ao cisalhamento entre todos os grupos testados (Gráfico 1).

Entre os bráquetes cerâmicos, apenas os Grupos 7 e 8 demonstraram comportamento semelhante ao dos bráquetes metálicos. Nesses grupos, o SEP foi usado para colagem do Inspire Ice, tendo-se verificado menores valores de resistência ao cisalhamento no Grupo 8 cujas colagens foram realizadas sem foto-ativação do *primer* do que no Grupo 7 em que o SEP foi foto-ativado (Gráfico 2).

Mesmo diante das dúvidas levantadas quanto à associação entre resultados de estudos in vitro sobre colagem de bráquetes e sua aplicabilidade clínica^{6,44}, os achados

observados nesse estudo sugerem que, em face dos altos valores de resistência da colagem de bráquetes cerâmicos com TXT + Ácido Fosfórico²⁹, é prudente propor que a foto-ativação do *primer* seja conduzida a fim de evitar o estabelecimento de resistências de colagem ainda mais elevadas.

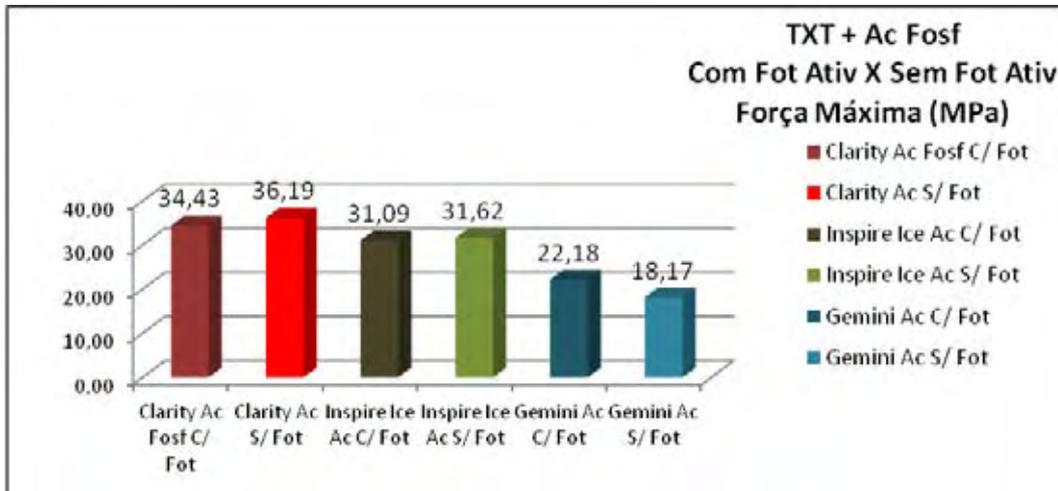


Gráfico 1 - Variação nos valores médios da força máxima para descolagem dos bráquetes colados com TXT + Ácido Fosfórico, sob diferentes protocolos de foto-ativação.

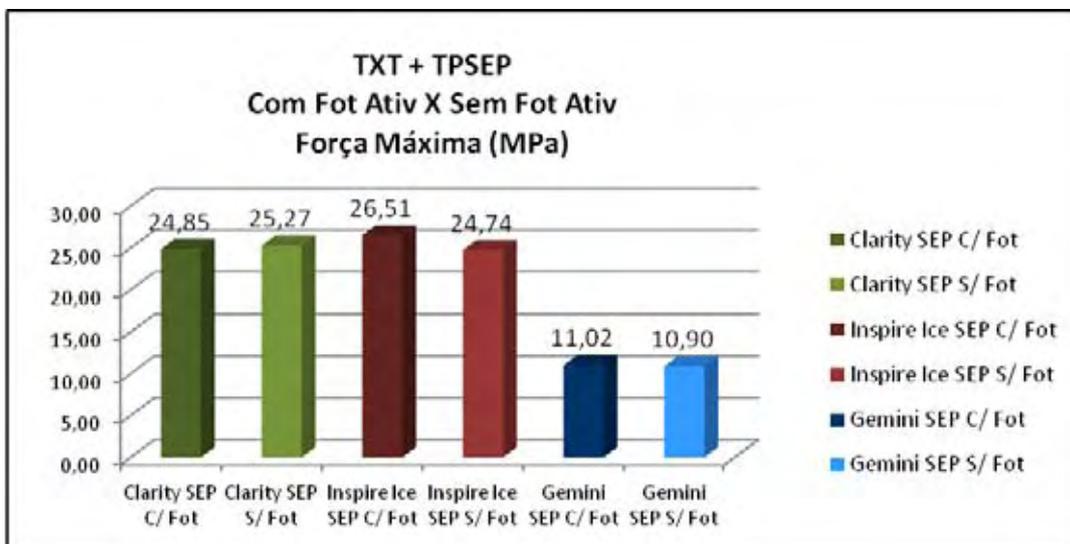


Gráfico 2 - Variação nos valores médios da força máxima para descolagem dos bráquetes colados com TXT + TPSEP, sob diferentes protocolos de foto-ativação.

Os maiores desvios padrão observados nos Grupos 2, 4, 6 e 8, nos quais a colagem dos bráquetes cerâmicos foi realizada sem foto-ativação do *primer*, sugerem menor padronização da polimerização obtida com esse protocolo²⁹. Essa maior

variabilidade de resultados pode ser ainda mais relevante clinicamente, uma vez que no atendimento a pacientes, as condições para realização da colagem podem ser mais difíceis de ser controladas do que num estudo *in vitro* onde buscou-se o máximo de padronização^{34,44}.

Os grupos 2 e 4 em que bráquetes cerâmicos foram colados com o TXT+Ácido fosfórico, sem foto-ativação do *primer*, mostraram maiores quantidades de adesivo remanescente. Essa situação indica que se por um lado a não foto-ativação do *primer* esteve associada a maiores resistências das colagens ao cisalhamento, quando comparadas aos Grupos 1 e 2 respectivamente, por outro, esse protocolo concorreu para que o momento da descolagem fosse mais seguro para o esmalte³².

As maiores ocorrências de fraturas de esmalte se deram nos Grupos 9 (7CP's) e 10 (2CP's), nos quais bráquetes metálicos foram colados com TXT + Ácido Fosfórico^{41,51,52}. Entre os bráquetes cerâmicos, os Grupos 2 e 4 mostraram fraturas de esmalte em 1 corpo de prova, cada. Esse achado é interessante, pois no Grupo 2 a colagem do Clarity foi feita mediante condicionamento com ácido fosfórico e no grupo 4 com o SEP. Contudo em ambos a foto-ativação do *primer* não foi realizada, o que corrobora com os dados relativos às colagens de bráquetes cerâmicos sem foto-ativação do *primer*, também observados nesse estudo e já relatados anteriormente.

CONCLUSÃO

A metodologia empregada nesse estudo, permite concluir que:

- 1 – Todos os protocolos testados mostraram-se adequados às necessidades clínicas em Ortodontia;
- 2 – Entre os protocolos avaliados com o Clarity o que se mostrou mais seguro para o esmalte foi a colagem utilizando TPSP com 10 segundos de foto-ativação do *primer*;
- 3 – Para o Inspire Ice o condicionamento do esmalte com o TPSEP seguido da não foto-ativação do *primer* mostrou-se o método mais conservador para o esmalte;
- 4 – O Clarity mostrou maiores riscos de fratura do esmalte quando o *primer* não foi foto-ativado;
- 5 – Os bráquetes metálicos mostraram maior risco de fratura do esmalte mediante condicionamento do esmalte com ácido fosfórico e foto-ativação do *primer*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bishara SE. Ceramic bráquetes and the need to develop national standards. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:595-597.
2. Dovgan JS, Walton RE, Bishara SE. Electrothermal debráqueteing: patient acceptance and effects on the dental pulp. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:249-255.
3. Oztoprak MO, Nalbantgil D, Erdem AS, Tozlu M, Arun T. Debonding of ceramic bráquetes by a new scanning laser method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:195-200.
4. Algera TJ, Feilzer AJ, Pahl-Andersen B, Kleverlaan CJ. A comparison of finite element analysis with in vitro bond strength tests of the bráquete-cement-enamel system. *Eur J Orthod* 2011;33:608-612.
5. Iijima M, Hashimoto M, Nakagaki S, Muguruma T, Kohda N, Endo K et al. Bráquete bond strength and cariostatic potential of an experimental resin adhesive system containing Portland cement. *Angle Orthod* 2012;82:900-906.
6. Mojtahedzadeh F. The problem with normal orthodontic shear bond strength values. *World J Orthod* 2010;11:210.
7. Ostertag AJ, Dhuru VB, Ferguson DJ, Meyer RA, Jr. Shear, torsional, and tensile bond strengths of ceramic bráquetes using three adhesive filler concentrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:251-258.
8. Weinberger SJ, Foley TF, McConnell RJ, Wright GZ. Bond strengths of two ceramic bráquetes using argon laser, light, and chemically cured resin systems. *Angle Orthod* 1997;67:173-178.
9. Mundstock KS, Sadowsky PL, Lacefield W, Bae S. An in vitro evaluation of a metal reinforced orthodontic ceramic bráquete. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:635-641.
10. Reynolds IR. Letter: 'Composite filling materials as adhesives in orthodontics'. *Br Dent J* 1975;138:83.
11. Damon PL, Bishara SE, Olsen ME, Jakobsen JR. Bond strength following the application of chlorhexidine on etched enamel. *Angle Orthod* 1997;67:169-172.
12. Retief DH. Failure at the dental adhesive-etched enamel interface. *J Oral Rehabil* 1974;1:265-284.
13. Bishara SE. Ceramic Bráquetes: A clinical perspective. *World Journal of Orthodontics* 2003:61-66.
14. Bishara SE, Fehr DE. Comparisons of the effectiveness of pliers with narrow and wide blades in debonding ceramic bráquetes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:253-257.

15. Bishara SE, Fonseca JM, Boyer DB. The use of debonding pliers in the removal of ceramic brackets: force levels and enamel cracks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:242-248.
16. Turpin DL. The return of tooth surface luster following bracket removal. *Angle Orthod* 1995;65:83.
17. Bishara SE, Olsen ME, Von Wald L. Evaluation of debonding characteristics of a new collapsible ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:552-559.
18. Jost-Brinkmann PG, Stein H, Miethke RR, Nakata M. Histologic investigation of the human pulp after thermodebonding of metal and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102:410-417.
19. Takla PM, Shivapuja PK. Pulpal response in electrothermal debonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:623-629.
20. Crooks M, Hood J, Harkness M. Thermal debonding of ceramic brackets: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:163-172.
21. Jost-Brinkmann PG, Radlanski RJ, Artun J, Loidl H. Risk of pulp damage due to temperature increase during thermodebonding of ceramic brackets. *Eur J Orthod* 1997;19:623-628.
22. Kearns HP, Sandham JA, Bryan Jones W, Lagerstrom L. Electrothermal debonding of ceramic brackets: an ex vivo study. *Br J Orthod* 1997;24:237-242.
23. Ma T, Marangoni RD, Flint W. In vitro comparison of debonding force and intrapulpal temperature changes during ceramic orthodontic bracket removal using a carbon dioxide laser. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:203-210.
24. Cummings M, Biagioni P, Lamey PJ, Burden DJ. Thermal image analysis of electrothermal debonding of ceramic brackets: an in vitro study. *Eur J Orthod* 1999;21:111-118.
25. Hayakawa K. Nd: YAG laser for debonding ceramic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:638-647.
26. Bishara SE, Fehr DE. Ceramic brackets: something old, something new, a review. *Semin Orthod* 1997;3:178-188.
27. Eliades T. Orthodontic materials research and applications: part 1. Current status and projected future developments in bonding and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:445-451.
28. Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater* 2008;24:908-914.
29. Ramesh Kumar KR, Shanta Sundari KK, Venkatesan A, Chandrasekar S. Depth of resin penetration into enamel with 3 types of enamel conditioning methods: a confocal microscopic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:479-485.

30. Uysal T, Ustidal A, Kurt G. Evaluation of shear bond strength of metallic and ceramic brackets bonded to enamel prepared with self-etching primer. *Eur J Orthod* 2009;32:214-218.
31. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Yamamoto K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:425-430.
32. Bishara SE, Oonsombat C, Ajlouni R, Laffoon JF. Comparison of the shear bond strength of 2 self-etch primer/adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:348-350.
33. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:621-624.
34. Bishara SE, Ajlouni R, Laffoon JF, Warren JJ. Comparison of shear bond strength of two self-etch primer/adhesive systems. *Angle Orthod* 2006;76:123-126.
35. Parrish BC, Katona TR, Isikbay SC, Stewart KT, Kula KS. The effects of application time of a self-etching primer and debonding methods on bracket bond strength. *Angle Orthod* 2012;82:131-136.
36. Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:615-622 e613.
37. Iijima M, Muguruma T, Brantley WA, Ito S, Yuasa T, Saito T et al. Effect of bracket bonding on nanomechanical properties of enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:735-740.
38. Hosein I, Sherriff M, Ireland AJ. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:717-724.
39. Kohda N, Iijima M, Brantley W, Muguruma T, Yuasa T, Nakagaki S et al. Effects of bonding materials on the mechanical properties of enamel around orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2012;82:187-195.
40. Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis RR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:214-221.
41. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Hotta M, Yamamoto K. Shear bond strength of a new fluoride-releasing orthodontic adhesive. *Dent Mater J* 2007;26:45-51.
42. Arici S, Minors C. The force levels required to mechanically debond ceramic brackets: an in vitro comparative study. *Eur J Orthod* 2000;22:327-334.
43. Katona TR. A comparison of the stresses developed in tension, shear peel, and torsion strength testing of direct bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:244-251.

44. Katona TR, Long RW. Effect of loading mode on bond strength of orthodontic brackets bonded with 2 systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:60-64.
45. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod* 1984;85:333-340.
46. Lill DJ, Lindauer SJ, Tufekci E, Shroff B. Importance of pumice prophylaxis for bonding with self-etch primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:423-426; quiz 476 e422.
47. Eminkahyagil N, Korkmaz Y, Gokalp S, Baseren M. Shear bond strength of orthodontic brackets with newly developed antibacterial self-etch adhesive. *Angle Orthod* 2005;75:843-848.
48. Muguruma T, Yasuda Y, Iijima M, Kohda N, Mizoguchi I. Force and amount of resin composite paste used in direct and indirect bonding. *Angle Orthod* 2010;80:1089-1094.
49. Bishara SE, Ostby AW, Ajlouni R, Laffoon JF, Warren JJ. Early shear bond strength of a one-step self-adhesive on orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2006;76:689-693.
50. Cerveira GP, Berthold TB, Souto AA, Spohr AM, Marchioro EM. Degree of conversion and hardness of an orthodontic resin cured with a light-emitting diode and a quartz-tungsten-halogen light. *Eur J Orthod*;32:83-86.
51. Newman RA, Newman GV, Sengupta A. In vitro bond strengths of resin modified glass ionomer cements and composite resin self-cure adhesives: introduction of an adhesive system with increased bond strength and inhibition of decalcification. *Angle Orthod* 2001;71:312-317.
52. Vicente A, Bravo LA, Romero M, Ortiz AJ, Canteras M. Effects of 3 adhesion promoters on the shear bond strength of orthodontic brackets: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:390-395.

4 Capítulo 2

Avaliação dos esforços gerados na superfície do esmalte submetido à descolagem de bráquetes por cisalhamento: Análise Pelo Método dos Elementos Finitos*

*Artigo a ser submetido à apreciação do corpo editorial do *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.

4 Capítulo 2

RESUMO

Introdução: Estudos in vitro que avaliam as resistências das colagens de bráquetes baseiam-se em dados quantitativos provenientes de ensaios mecânicos. A análise tridimensional pelo método dos elementos finitos permite que aspectos qualitativos sejam considerados. **Objetivo:** Avaliar os esforços gerados na superfície do esmalte decorrentes da descolagem de bráquetes por cisalhamento. **Material e Método:** 40 bráquetes cerâmicos (Clarity) e 40 bráquetes metálicos (Gemini), foram colados com o Transbond XT a 80 pré-molares seguindo diferentes protocolos de condicionamento do esmalte e de fotopolimerização. Os bráquetes foram descolados por cisalhamento e os valores do teste mecânico, usados na análise pelo método dos elementos finitos. **Resultados:** A resistência da colagem ao cisalhamento foi menor para os bráquetes metálicos nos grupos em que não se fez a fotopolimerização do *primer*, mas maior nos grupos do Clarity colados sem fotopolimerização do *primer*. Os grupos em que bráquetes metálicos foram colados mediante condicionamento com ácido fosfórico mostraram maior ocorrência de fraturas de esmalte. As áreas de fratura de esmalte foram condizentes com as áreas descritas na análise pelo método dos elementos finitos. **Conclusão:** Os protocolos de colagem repercutiram de modo diferente para os tipos de bráquetes testados. O método dos elementos finitos foi coerente na descrição das áreas da superfície do esmalte submetidas aos esforços de descolagem.

INTRODUÇÃO

Diferentes sistemas adesivos têm sido testados por meio de ensaios mecânicos que se utilizam das forças de cisalhamento¹⁻⁴, tração^{5,6} ou mais raramente torção⁷⁻⁹. Tais tipos de estudos permitem que a resistência da união bráquete/adesivo/esmalte, seja avaliada apenas do ponto de vista quantitativo, mediante determinação das forças máximas necessárias para romper a colagem entre as três superfícies envolvidas¹⁰. Nesses casos, a unidade de medida usada para a força tem sido o Mega Pascal – MPa^{10,11}. Esses estudos partem do pré-suposto de que a força aplicada para descolar os bráquetes durante os testes mecânicos, é igualmente distribuída por toda a superfície de colagem^{8,11}, o que não é verdadeiro^{8,11}.

As avaliações laboratoriais e clínicas da interface bráquete/adesivo/esmalte conduzidas até então, estão, na maioria das vezes, focadas na determinação de

resistências de colagem que possibilitem menor ocorrência de quebras de bráquetes durante o tratamento e no tempo gasto para execução do procedimento^{3,4,12-14}. Alguns desses estudos reportam e avaliam quantitativamente a ocorrência de fraturas de esmalte nos grupos de teste^{3,10,14}, mas menos frequentemente, direcionam-se ao entendimento dos riscos potenciais que o procedimento de descolagem das diferentes combinações de bráquetes/adesivo, podem trazer ao esmalte.

Por outro lado, o Método dos Elementos Finitos possibilita que sejam avaliados de modo qualitativo, os efeitos gerados na superfície dentária pela aplicação de esforços para descolagem dos bráquete levando-se em conta as propriedades inerentes a cada componente da interface bráquete/adesivo/esmalte^{8,11,12,15-17}. Assim, estudos envolvendo inúmeras combinações de tipos de bráquetes e de sistemas adesivos, podem ser analisados comparativamente do ponto de vista qualitativo, a partir de modelos virtuais que simulam o modo de aplicação e a intensidade da força, considerando as propriedades físico-químicas de cada uma das superfícies^{8,11,13,15,18}. Os achados provenientes desse tipo de estudo possibilitam a identificação de protocolos de colagem mais adequados para cada tipo de bráquete^{12,13}, de modo que sejam adequados ao uso clínico, mas que ao mesmo tempo preservem o esmalte dentário de esforços excessivos quando da sua remoção¹¹.

No presente estudo, a análise tridimensional (3D) pelo método dos elementos finitos foi utilizada para avaliar comparativamente os esforços gerados na superfície do esmalte, pela descolagem de bráquetes cerâmicos e metálicos por cisalhamento, mediante colagem sob diferentes protocolos de condicionamento de esmalte e de fotopolimerização do *primer*.

MATERIAL E MÉTODO

Esse estudo envolveu a utilização de duas metodologias: 1) Teste de resistência da colagem do cisalhamento e 2) Análise tridimensional pelo método dos elementos finitos. Para isso, os aspectos inerentes a cada metodologia estão separadamente descritos a seguir:

1) Teste de Resistência ao cisalhamento

Dentes:

80 pré-molares humanos, com faces vestibulares híginas e extraídos por razões ortodônticas, foram lavados em solução fisiológica, imersos e armazenados em solução de timol a 0,1% sobre resfriamento, por no máximo 06 meses. Os 80 dentes foram

padronizadamente posicionados em anéis de Poli Vinil Cloreto Rígido – PVC e tiveram suas raízes incluídas com resina epóxi (Epofix Resin/Struers™). Depois de montados, os corpos de prova foram imersos e armazenados em recipiente plástico com água destilada, à temperatura ambiente, até o momento da colagem dos bráquetes.

Bráquetes:

Foram utilizados no estudo 40 bráquetes metálicos modelo Gemini (3M/Unitek™) e 40 bráquetes cerâmicos policristalinos com *slots* metálicos modelo Clarity (3M Unitek™).

Sistemas Adesivos:

Os sistemas adesivos avaliados foram: 1) Ácido fosfórico a 37% + Transbond XT – TXT (3M/Unitek™) e 2) Transbond Plus *Self-etching Primer*-SEP – TPSEP (3M/Unitek™) + Transbond XT – TXT (3M/Unitek™).

Divisão dos grupos de estudo:

Os corpos de prova foram aleatoriamente divididos em 08 grupos (n=10 por grupo). Nos Grupos 1, 2, 3 e 4 foram colados bráquetes Clarity (3M/Unitek™) e nos Grupos 5, 6, 7 e 8, bráquetes Gemini (3M/Unitek™). O Quadro 1 descreve esquematicamente, os grupos de estudo.

Quadro 1 – Descrição dos grupos de estudo

Grupos	Condicionamento do Esmalte	Foto-ativação do <i>Primer</i>	Tipo de Bráquete
1	Ac Fosfórico 37% (30 segundos)	10 segundos	Clarity
2		Sem foto-ativação	
3	SEP	10 segundos	
4		Sem foto-ativação	
5	Ac Fosfórico 37% (30 segundos)	10 segundos	Gemini
6		Sem foto-ativação	
7	SEP	10 segundos	
8		Sem foto-ativação	

Fotopolimerização:

O mesmo aparelho Fotopolimerizador LED de alta intensidade modelo *Bluephase Ivoclar/Vivadent G2*, com fibra ótica de 10,0mm foi usado para fotopolimerização. Segundo recomendação do fabricante, o TXT foi foto-ativado por 20 segundos. O tempo de total de ativação variou entre 20 e 30 segundos, de acordo com o grupo (Quadro 1).

Determinação das Áreas de colagem:

As alturas e as larguras das bases de 5 bráquetes de cada tipo, aleatoriamente selecionados, foram medidas com o paquímetro de precisão Mitutoyo Modelo *Coolant Proof Micrometer* IP65 e as médias de cada parâmetro foram usadas para determinar as áreas de colagem. Esse procedimento foi repetido com espaçamento de 1 semana entre a 1ª e a 2ª medições.

Em vista da alta coincidência entre as medidas realizadas nos 2 momentos, as médias desses valores foram usadas no ensaio mecânico (Tabela1).

Ensaio mecânico:

A descolagem dos bráquetes foi realizada na máquina de testes universais modelo EMIC DL 2000, com célula de carga de 2500N à velocidade de 5mm/minuto^{14,19,20}. Os valores das forças máximas empregadas na descolagem dos bráquetes por cisalhamento foram automaticamente registrados pelo *software* TESC, integrado ao sistema da máquina, em Newton (N) e Mega-Pascal (MPa).

Após teste na EMIC, os valores médios de cada grupo foram transferidos para planilhas do Excel™ em MPa. Essa unidade de medida leva em conta a intensidade da força aplicada em Newton (N) por milímetro quadrado (N/mm²) de modo que 1MPa=1N/mm²¹¹.

Avaliação quanto à ocorrência das fraturas de esmalte:

A ocorrência de fraturas de esmalte, foi avaliada pela aplicação do código descrito no Quadro 2. A verificação de diferenças estatisticamente significativas quanto a esse aspecto nos grupos foi conduzida pela aplicação do teste do χ^2 .

Quadro 2 – Códigos de referência para presença ou ausência de fraturas de esmalte após descolagem.

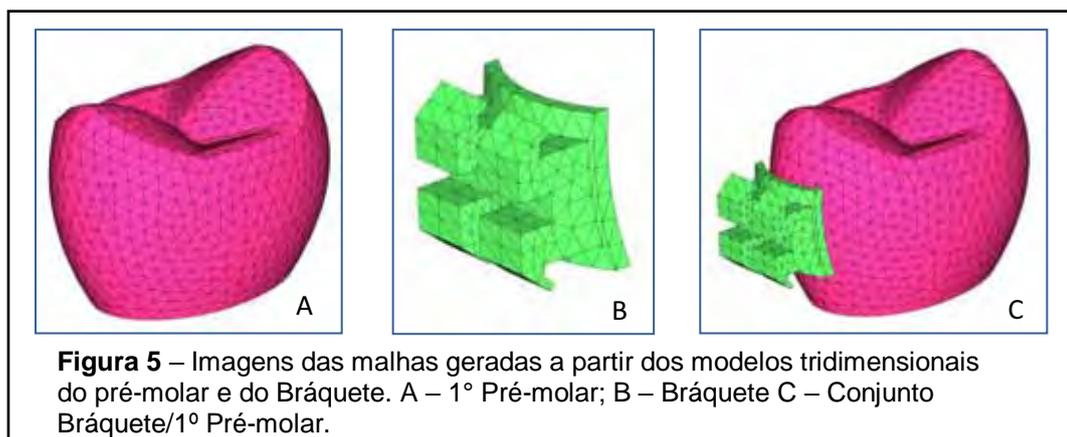
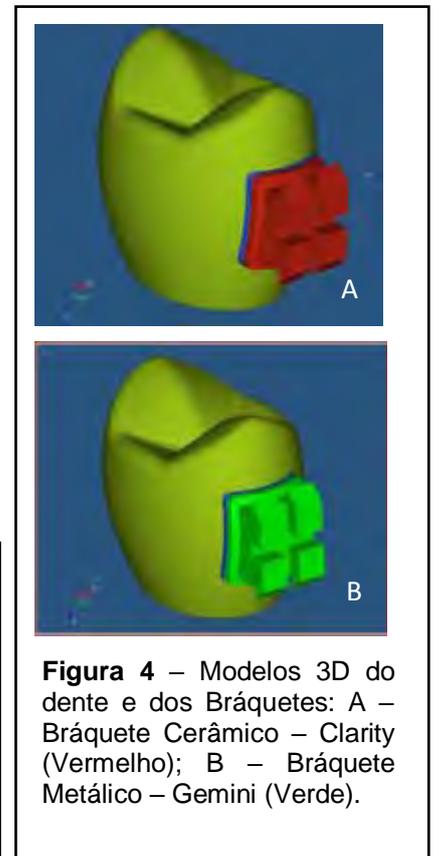
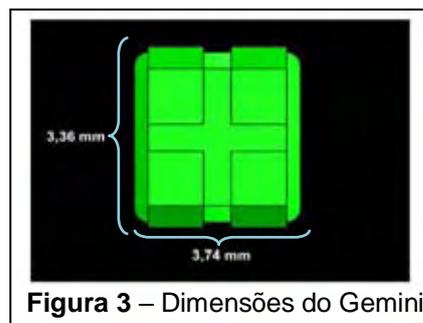
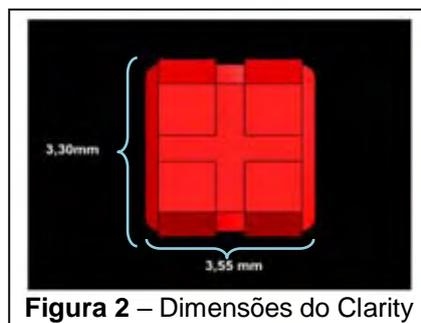
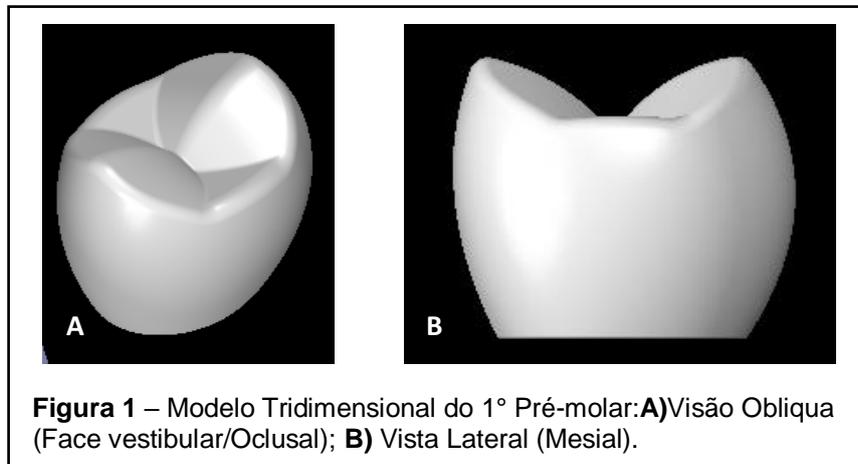
Código	Característica Superficial
S	Presença de fratura do esmalte
N	Ausência de fratura de esmalte

2)Análise pelo Método dos Elementos Finitos

Construção dos modelos virtuais tridimensionais:

A construção dos modelos virtuais tridimensionais (3D) do dente (1º Pré-molar Superior) e dos bráquetes envolveu o uso do *software Solidworks Premium 2010™* (Fabricante: *Dassault Systemes*). As dimensões do modelo virtual do dente basearam-se num pré-molar superior de tamanho médio aleatoriamente selecionado entre os dentes integrantes da amostra (Fig. 1).

Já para os modelos dos bráquetes foram utilizadas as médias das dimensões que determinaram as áreas de colagem (Tabela 1). As camadas de adesivo foram individualmente modeladas para cada tipo de bráquete (Fig. 2, 3 e 4).



Discretização dos Modelos 3D

Para criação das malhas de elementos finitos do dente e do bráquete foi utilizado o *Software Hypermesh Version 10™* (Fabricante: Altair Systems) de modo que: Sobre o modelo 3D do 1º Pré-molar superior foi criada a malha do esmalte com 10.174 nós e 43.152 elementos; sobre o modelo do *Clarity* foi criada a malha com

1.182 nós e 3.863 elementos e do *Gemini* foi criada a malha com 1.260 nós e 4.171 elementos (Fig.5).

Além disso, as malhas das camadas de adesivo foram construídas individualmente para cada bráquete de modo que a camada do Clarity contou com 1.487 nós e 4.444 elementos, enquanto a do Gemini apresentou 1.535 nós e 4.502 elementos.

Em todos os modelos utilizou-se o mesmo padrão de elemento tetraédrico de primeira ordem tipo Abaqus C3D4.

Avaliação 3D da aplicação de esforços para descolagem na superfície do esmalte

Essa avaliação foi conduzida com auxílio do *software* MSC Nastran 2008 (MSC™) e baseou-se nas propriedades físico-químicas das superfícies envolvidas no estudo:

Esmalte Dentário – Razão de Poisson = 0,3 GPa^{21,22}; Módulo de Elasticidade (Módulo de Young) = 100 GPa^{15,23};

Bráquete Metálico (Gemini, 3M/Unitek™) – Razão de Poisson = 0,272 GPa*; Módulo de Elasticidade = 190 GPa*;

Bráquete Cerâmico (Clarity, 3M/Unitek™) – Razão de Poisson = 0,210 GPa*; Módulo de Elasticidade = 353,1 GPa*.

As forças de descolagem utilizadas nessa análise basearam-se nas médias das forças máximas para descolagem dos 80 corpos de prova, colados com os 02 tipos de bráquetes testados (Tabela 2).

* Dados fornecidos pelo fabricante (3M/Unitek™).

RESULTADOS

As dimensões dos 05 bráquetes de cada tipo foram medidas em dois momentos. Os valores encontrados estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios expressos em mm das dimensões das bases dos bráquetes medidos em 2 momentos e médias dos valores auferidos nos dois momentos.

Bráquete	Altura (mm)			Largura (mm)			Área (mm ²)		
	Av 1	Av 2	Média	Av 1	Av 2	Média	Av 1	Av 2	Média
Clarity	3,30	3,30	3,30	3,55	5,55	3,55	11,72	11,70	11,71
Gemini	3,35	3,36	3,36	3,74	3,74	3,74	12,55	12,58	12,57

Tabela 2 – Descrição dos grupos e dos valores relativos à Força Máxima para descolagem dos bráquetes no teste de resistência da colagem ao cisalhamento expressos em Mega-Pascal (MPa). Valores descritos: Média, Desvio padrão, Valores Mínimos e Máximos de cada Grupo.

Grupo	Bráquete	Cond. Esmalte	Primer	Média/MPa	Desvio-padrão	Min	Máx	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
1	Clarity	Ác Fosf	Com Fot Ativ	34,43	7,92	24,20	44,39	$p = 0,796$
2		Ác Fosf	Sem Fot Ativ	36,19	5,60	26,08	45,71	
3		SEP	Com Fot Ativ	24,85	3,87	20,26	31,12	$p = 0,912$
4		SEP	Sem Fot Ativ	25,27	7,09	15,49	34,45	
5	Gemini	Ác Fosf	Com Fot Ativ	22,18	4,56	12,10	27,67	$p = 0,019^*$
6		Ác Fosf	Sem Fot Ativ	18,17	2,36	12,42	20,91	
7		SEP	Com Fot Ativ	11,02	3,53	5,15	17,76	$p = 0,650$
8		SEP	Sem Fot Ativ	10,90	3,27	7,52	19,40	

A não foto-ativação do *primer* reduziu significativamente a resistência ao cisalhamento apresentada pelos bráquetes metálicos colados mediante condicionamento com o ácido fosfórico. Essa diferença não se evidenciou com o uso do TPSEP para esses bráquetes.

Entre os bráquetes cerâmicos, a não foto-ativação do *primer* gerou aumento na resistência da colagem ao cisalhamento, tanto nos grupos condicionados com o ácido fosfórico quanto com o TPSEP, apesar de não terem sido verificadas diferenças estatisticamente significativas para esse aspecto, nesses grupos (Tabela 2).

Para Clarity e Gemini, o uso do TPSEP esteve associado a valores significativamente menores de resistência da colagem ao cisalhamento tanto com foto-ativação (Tabela 3), quanto sem foto-ativação do *primer* (Tabela 4), quando comparado ao ácido fosfórico.

Tabela 3 – Influência do método de condicionamento do esmalte, com foto-ativação do *Primer*, na resistência da colagem ao cisalhamento.

Grupo	Bráquete	n	Cond Esmalte	Força Máxima Média (MPa)	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
1	Clarity	10	Ác Fosf	34,43	$p = 0,004^*$
3		10	SEP	24,85	
5	Gemini	10	Ác Fosf	22,18	$p = 0,001^*$
7		10	SEP	11,02	

Tabela 4 – Influência do método de condicionamento do esmalte, sem foto-ativação do *Primer*, na resistência da colagem ao cisalhamento.

Grupo	Bráquete	n	Cond Esmalte	Força Máxima Média (MPa)	Mann-Whitney ($p < 0,05$)
2	Clarity	10	Ác Fosf	36,19	$p = 0,003^*$
4		10	SEP	25,27	
6	Gemini	10	Ác Fosf	18,17	$p = 0,001^*$
8		10	SEP	10,90	

Tabela 5 – Ocorrência de fraturas de esmalte após descolagem nos Grupos testados.

Grupo	n / Grupo	Fratura de Esmalte			
		Presente	Ausente	% de Fratura Presente	Média Força Máxima (MPa)
1	10	0	10	0%	34,43
2	10	1	9	10%	36,19
3	10	0	10	0%	24,85
4	10	1	9	10%	25,27
5	10	7	3	70%	22,18
6	10	2	8	20%	18,17
7	10	0	10	0%	11,02
8	10	0	10	0%	10,90

A distribuição da ocorrência de fraturas de esmalte nos 08 Grupos com seus respectivos percentuais e as médias de força máxima para promover as descolagens ao cisalhamento de cada Grupo é apresentada na Tabela 5.

As Figuras 9A, 9B, 10 e 11 apresentam os corpos de prova que apresentaram as mais graves fraturas de esmalte: Grupos 2, 4, 6 e 5 respectivamente.



Figura 9 – Fraturas de esmalte. **A)** Grupo 2 e **B)** Grupo 4 após descolagem dos bráquetes cerâmicos.



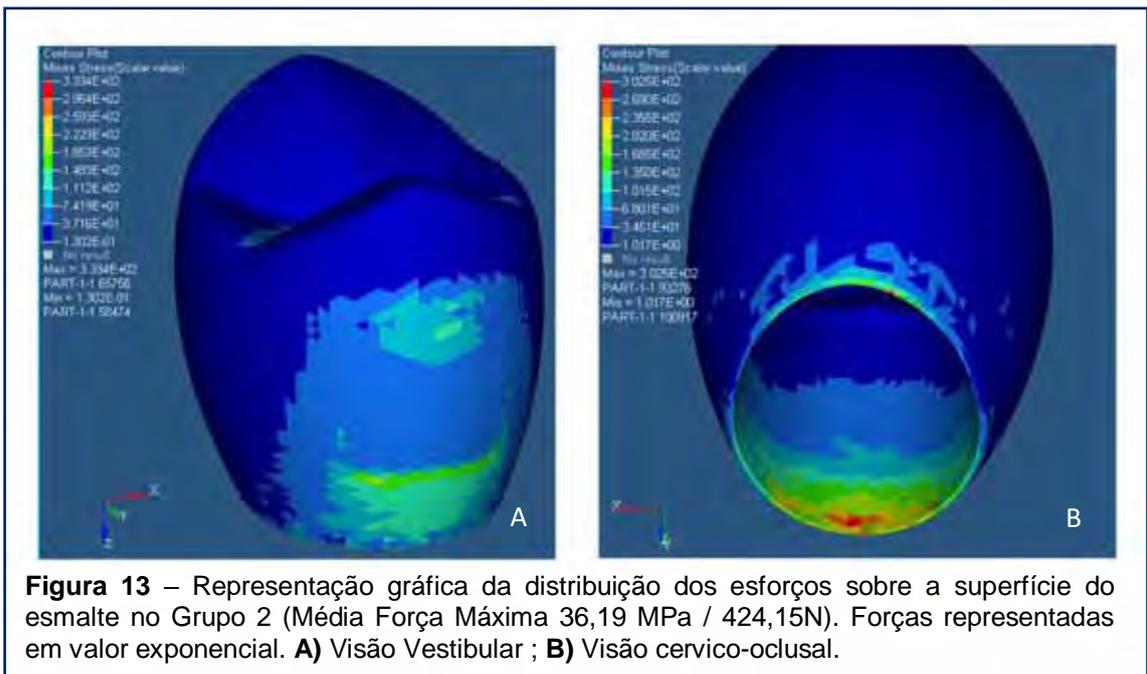
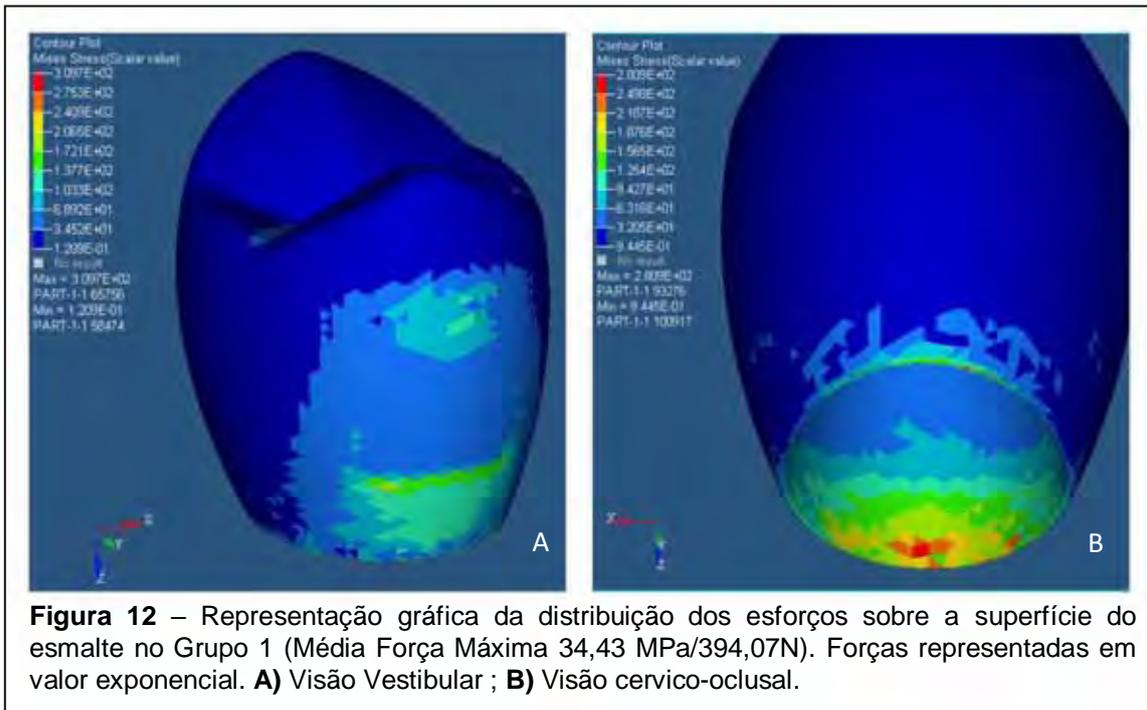
Figura 10 – Fraturas de esmalte verificadas no Grupo 6 após descolagem dos bráquetes metálicos.



Figura 11 – Fraturas de esmalte evidenciadas no Grupo 5 após descolagem dos bráquetes metálicos por cisalhamento.

Os achados da análise pelo método dos elementos finitos são apresentados nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19. As Figuras 12, 13, 14 e 15 exibem os resultados dos grupos do Clarity. A Figura 14 mostra os resultados do Grupo 3 que apresentou o

menor valor de força máxima entre os Grupos do Clarity. Já a Figura 13 refere-se ao Grupo 2 que apresentou o maior valor entre os 12 grupos testados nesse aspecto. O comparativo entre esses dois grupos mostra variações nos valores apresentados no relatório, mas a distribuição dos esforços aconteceu de forma bem semelhante nesses 04 grupos.



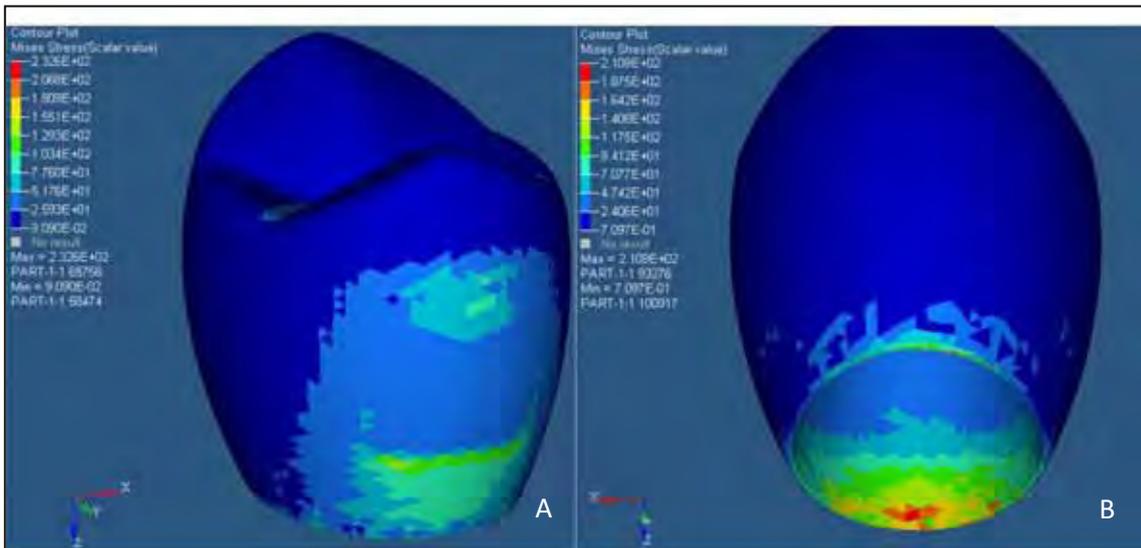


Figura 14 – Representação gráfica da distribuição dos esforços sobre a superfície do esmalte no Grupo 3 (Média Força Máxima 24,85 MPa / 291,24N). Forças representadas em valor exponencial. **A)** Visão Vestibular ; **B)** Visão cervico-oclusal.

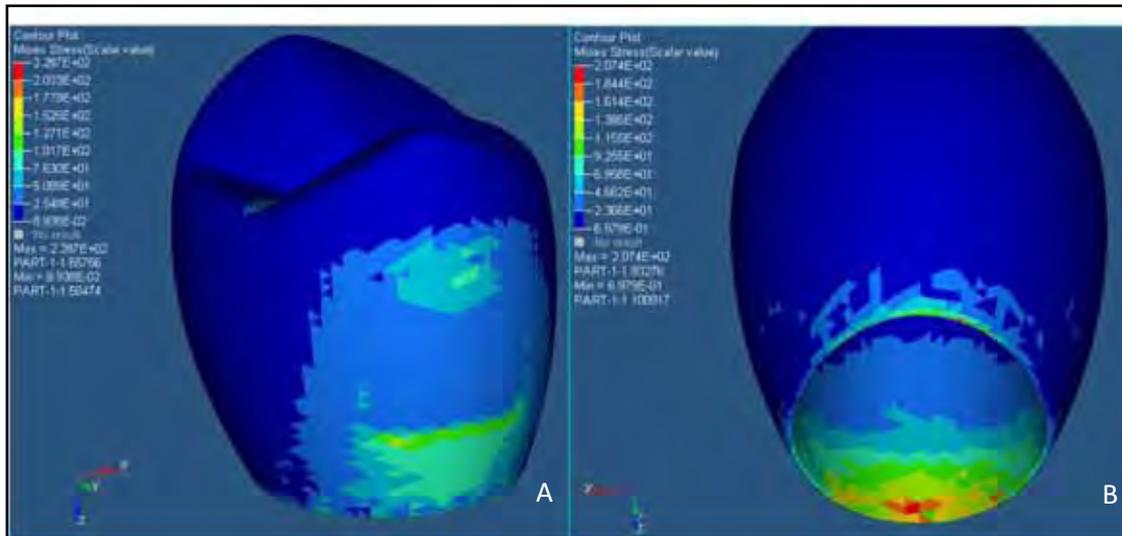


Figura 15 – Representação gráfica da distribuição dos esforços sobre a superfície do esmalte no Grupo 4 (Média Força Máxima 25,27MPa / 296,18N). Forças representadas em valor exponencial. **A)** Visão Vestibular ; **B)** Visão cervico-oclusal.

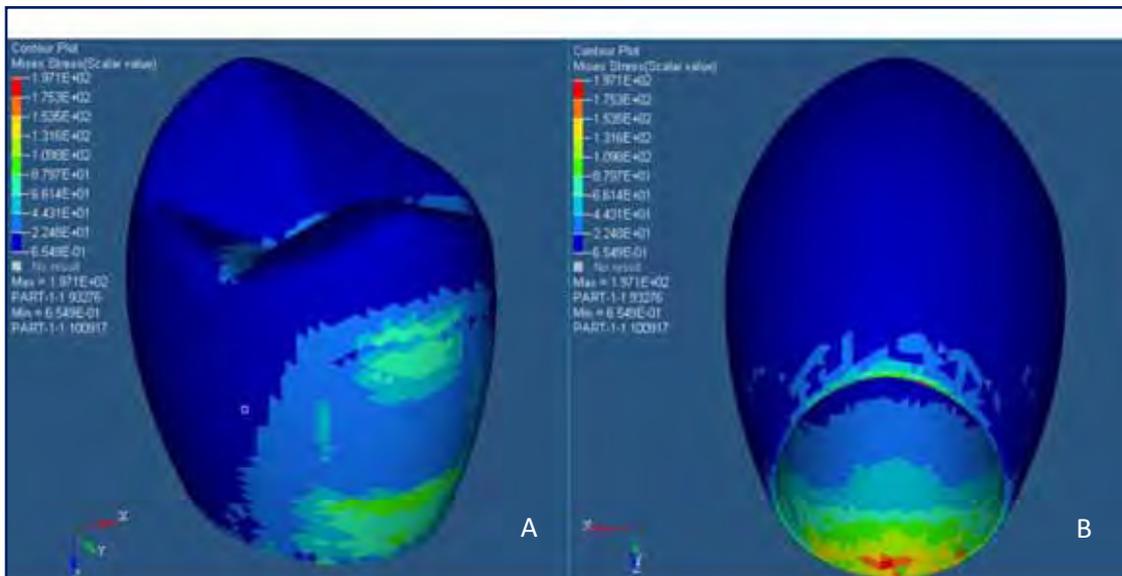


Figura 16 – Representação gráfica da distribuição dos esforços sobre a superfície do esmalte no Grupo 5 (Média Força Máxima 22,18 MPa / 277,85N). Forças representadas em valor exponencial. **A)** Visão Vestibular; **B)** Visão cervico-oclusal.

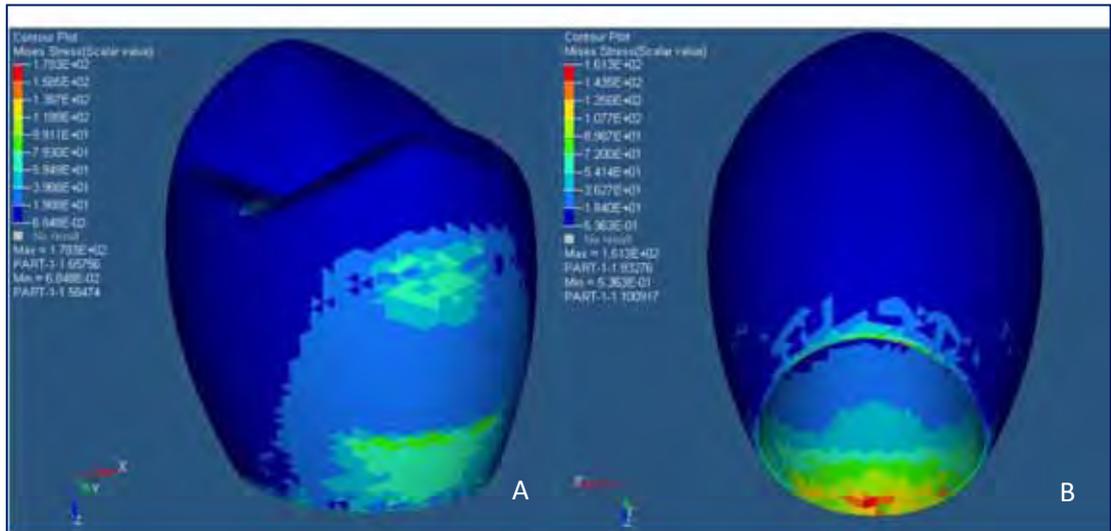


Figura 17 – Representação gráfica da distribuição dos esforços sobre a superfície do esmalte no Grupo 6 (Média Força Máxima 18,17 MPa / 227,64N). Forças representadas em valor exponencial. **A)** Visão Vestibular ; **B)** Visão cervico-oclusal.

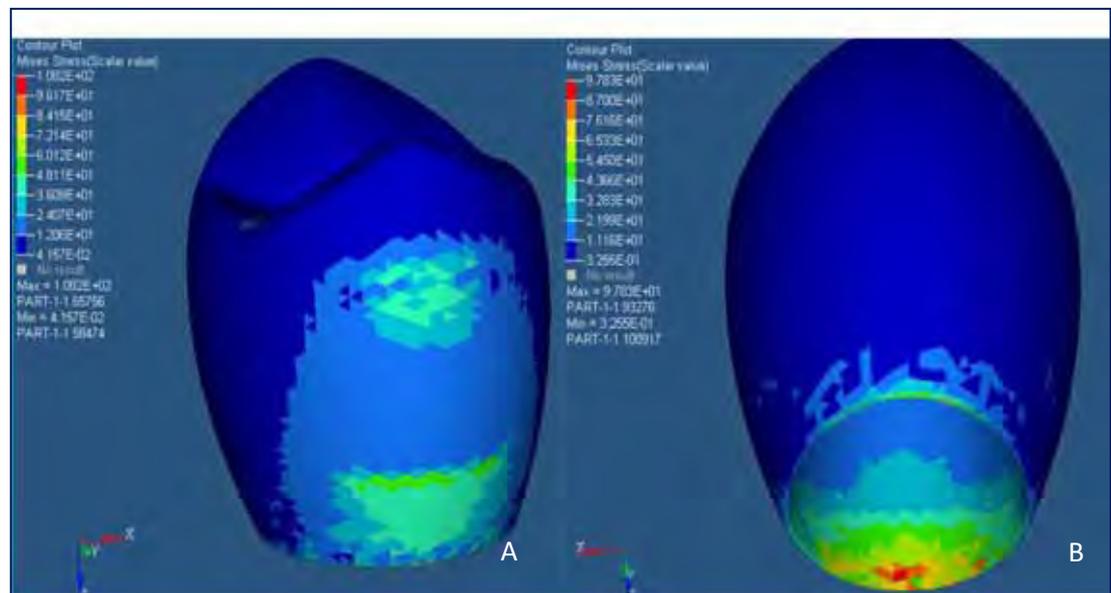


Figura 18 – Representação gráfica da distribuição dos esforços sobre a superfície do esmalte no Grupo 07 (Média Força Máxima 11,02 MPa / 138,14N). Forças representadas em valor exponencial. **A)** Visão Vestibular ; **B)** Visão cervico-oclusal.

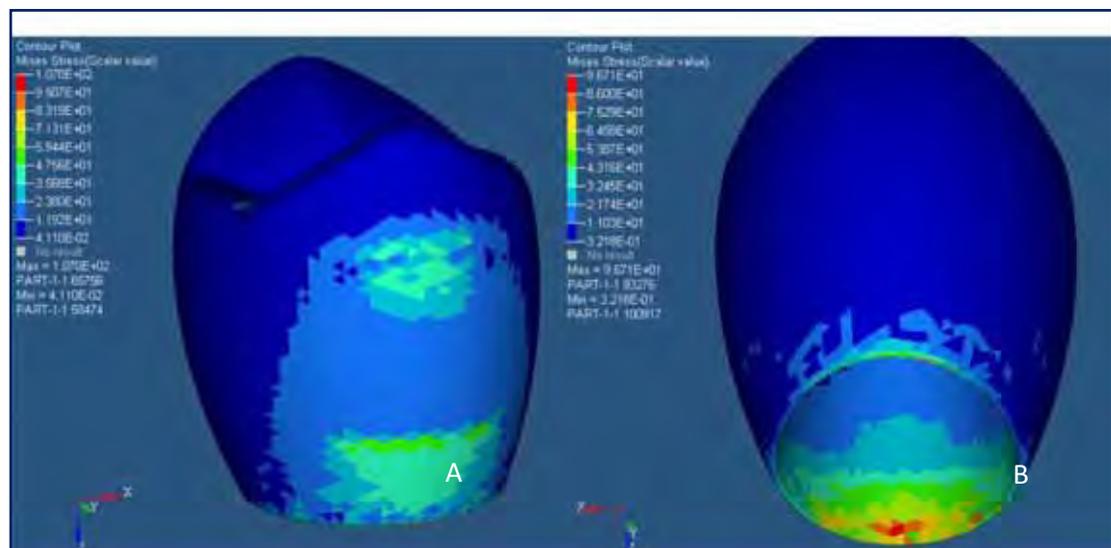


Figura 19 – Representação gráfica da distribuição dos esforços sobre a superfície do esmalte no Grupo 08 (Média Força Máxima 10,90 MPa / 136,57N). Forças representadas em valor exponencial. **A)** Visão Vestibular ; **B)** Visão cervico-oclusal.

Da mesma forma, os grupos colados com o Gemini foram representados nas Figuras 16, 17, 18 e 19. Assim, na Figura 19 está representado o Grupo 8 que apresentou a menor média de resistência da colagem entre os grupos do estudo. Já a Figura 16 traz os achados referentes ao Grupo 5 que apresentou o maior valor para esse aspecto entre os Grupos do Gemini.

O relatório da distribuição dos esforços nas superfícies dos modelos de teste, descreve as forças em MPa e de modo exponencial. Por isso, os valores à esquerda devem ser multiplicados por 10 elevado à potência descrita à direita. Por exemplo, na Figura 14, onde lê-se 2,287 E + 02, entende-se que o valor seja o equivalente a $2,287 \times 10^2 = 22,87$ MPa. Esse foi o valor da força que atuou no ponto de maior concentração de esforços sobre o esmalte no Grupo 3. Já onde lê-se 8,938 E – 02, entende-se que o valor seja $8,938 \times 10^{-2} = 0,08938$ MPa, valor observado na área de menor concentração de esforços sobre o esmalte.

DISCUSSÃO

Hipoteticamente, os estudos *in vivo* seriam mais adequados para os testes de resistência das colagens de bráquetes¹⁰. Contudo, inúmeras variáveis inerentes ao procedimento de colagem podem prejudicar ou inviabilizar a padronização desses estudos^{10,24,25}. Por isso, os testes mecânicos para avaliar as resistências das colagens justificam-se uma vez que viabilizam maior controle das condições do experimento e permitem maior espectro de avaliações do que a longevidade da colagem obtida^{10,24,25}.

Neste estudo, o uso do TPSEP esteve associado a menores valores de resistência da colagem^{4,26-32} tanto para o Gemini quanto para o Clarity. Esse achado pode estar relacionado às menores profundidades de condicionamento geradas pelo SEP^{29,32-34}. Entretanto, os valores da resistência das colagens ao cisalhamento mostram-se adequados ao uso clínico em todos os grupos^{2,35,36}.

Com o Clarity, as fraturas de esmalte ocorreram apenas nos grupos em que a fotopolimerização do primer não foi previamente realizada (Tabela 5). Já para Gemini, o tipo de condicionamento do esmalte parece ter tido papel mais relevante na ocorrência das fraturas pois aconteceram apenas nos grupos 5 e 6 (Tabela 5).

Nos 08 grupos, a avaliação tridimensional pelo método dos elementos finitos revelou que ao longo da superfície vestibular do 1º Pré-molar, diferentes intensidades de esforços foram gerados pela força de cisalhamento^{8,18}. Os valores relativos aos

níveis de força que atuaram nas diferentes áreas do dente podem ser vistos nas legendas associadas a cada gráfico.

Houve coincidência entre o desenho das fraturas de esmalte observadas em alguns corpos de prova (Figuras 9, 10 e 11) e as áreas de esforços delineadas pelo método dos elementos finitos. Essa constatação sugere que o método dos elementos finitos mostra coerência quanto à análise do efeito de esforços sobre a superfície dentária^{13,23,26,30,37}.

A distribuição dos esforços na superfície do esmalte pode ser influenciada pelo ponto de aplicação das forças de cisalhamento^{8,18,38}. Esse achado se revelou também no presente estudo, tendo havido intensa concentração de esforços em um ponto ao nível da região cervical dos modelos 3D, equivalente à junção cimento-esmalte (Fig. 12, 13, 14 e 15). Nos dentes naturais essa região apresenta delgada espessura do esmalte³⁹ e por isso está potencialmente sujeita a fraturas³⁷ ou a complicações como a abfração^{37,40}. Isso pode explicar também o desenho de graves fraturas de esmalte observadas em um corpo de prova do Grupo 2 (Fig.9) e em 02 dos corpos de prova pertencentes ao Grupo 5, conforme se pode visualizar na Figura 11 (Fig. 11B e 11 E). A concentração do estresse nessa área pode ter ocasionado seu rompimento e favorecido o deslocamento de todo o conjunto bráquete/adensivo/esmalte que estava sendo submetido ao cisalhamento imediatamente acima^{8,37,38}.

Outro aspecto sugerido por essa análise é que a ocorrência das fraturas de esmalte parece estar bastante relacionada à intensidade da força aplicada, uma vez que houve grande concentração de esforços em alguns pequenos pontos anatômicos de maior fragilidade do esmalte³⁷⁻³⁹. Essa situação torna essas áreas mais sensíveis a forças de descolagem mais intensas, que se aplicadas podem resultar em fraturas de esmalte.

Vale ressaltar que as propriedades inerentes aos sistemas adesivos devem também ser consideradas para realização da análise pelo método dos elementos finitos^{11,17}. Contudo, diante da não determinação dessas propriedades relativas ao Transbond XTTM (3M/Unitek), utilizado no estudo, esses dados não foram considerados. A inclusão dessas características, certamente poderia ter contribuído para a evidenciação de resultados ainda mais coerentes com a realidade.

CONCLUSÃO

A metodologia empregada nesse estudo, permitiu concluir que:

- 1 – A aplicação das forças de cisalhamento para descolar os bráquetes mostrou na padronização na distribuição dos esforços sobre o esmalte, mesmo mediante variações na intensidade da força aplicada.
- 2 – Os pontos ou áreas de maior fragilidade do esmalte nos pré-molares concentraram mais intensamente os esforços do cisalhamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis RR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:214-221.
2. Damon PL, Bishara SE, Olsen ME, Jakobsen JR. Bond strength following the application of chlorhexidine on etched enamel. *Angle Orthod* 1997;67:169-172.
3. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Hotta M, Yamamoto K. Shear bond strength of a new fluoride-releasing orthodontic adhesive. *Dent Mater J* 2007;26:45-51.
4. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Yamamoto K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:425-430.
5. Bishara SE, Fehr DE. Comparisons of the effectiveness of pliers with narrow and wide blades in debonding ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:253-257.
6. Arici S, Minors C. The force levels required to mechanically debond ceramic brackets: an in vitro comparative study. *Eur J Orthod* 2000;22:327-334.
7. Ostertag AJ, Dhuru VB, Ferguson DJ, Meyer RA, Jr. Shear, torsional, and tensile bond strengths of ceramic brackets using three adhesive filler concentrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:251-258.
8. Katona TR. A comparison of the stresses developed in tension, shear peel, and torsion strength testing of direct bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:244-251.
9. Katona TR, Long RW. Effect of loading mode on bond strength of orthodontic brackets bonded with 2 systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:60-64.
10. Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:615-622 e613.

11. Algera TJ, Feilzer AJ, Prahl-Andersen B, Kleverlaan CJ. A comparison of finite element analysis with in vitro bond strength tests of the bracket-cement-enamel system. *Eur J Orthod* 2011;33:608-612.
12. Knox J, Kralj B, Hubsch P, Middleton J, Jones ML. An evaluation of the quality of orthodontic attachment offered by single- and double-mesh bracket bases using the finite element method of stress analysis. *Angle Orthod* 2001;71:149-155.
13. Knox J, Kralj B, Hubsch PF, Middleton J, Jones ML. An evaluation of the influence of orthodontic adhesive on the stresses generated in a bonded bracket finite element model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:43-53.
14. Bishara SE, Oonsombat C, Ajlouni R, Laffoon JF. Comparison of the shear bond strength of 2 self-etch primer/adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:348-350.
15. He LH, Fujisawa N, Swain MV. Elastic modulus and stress-strain response of human enamel by nano-indentation. *Biomaterials* 2006;27:4388-4398.
16. He LH, Swain MV. Influence of environment on the mechanical behaviour of mature human enamel. *Biomaterials* 2007;28:4512-4520.
17. Higg WA, Lucksanasombool P, Higgs RJ, Swain MV. Evaluating acrylic and glass-ionomer cement strength using the biaxial flexure test. *Biomaterials* 2001;22:1583-1590.
18. Katona TR. Stresses developed during clinical debonding of stainless steel orthodontic brackets. *Angle Orthod* 1997;67:39-46.
19. Eminkahyagil N, Korkmaz Y, Gokalp S, Baseren M. Shear bond strength of orthodontic brackets with newly developed antibacterial self-etch adhesive. *Angle Orthod* 2005;75:843-848.
20. Bishara SE, Ajlouni R, Laffoon JF, Warren JJ. Comparison of shear bond strength of two self-etch primer/adhesive systems. *Angle Orthod* 2006;76:123-126.
21. Haines DJ. Physical properties of human tooth enamel and enamel sheath material under load. *J Biomech* 1968;1:117-125.
22. Machado C, Lacefield W, Catledge A. Human enamel nanohardness, elastic modulus and surface integrity after beverage contact. *Braz Dent J* 2008;19:68-72.
23. Thomas RL, de Rijk WG, Evans CA. Tensile and shear stresses in the orthodontic attachment adhesive layer with 3D finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:530-532.
24. Leloup G, D'Hoore W, Bouter D, Degrange M, Vreven J. Metaanalytical review of factors involved in dentin adherence. *J Dent Res* 2000;80:10.
25. Mandall NA, Millett DT, Mattick CR, Hickman J, Worthington HV, Macfarlane TV. Orthodontic adhesives: a systematic review. *J Orthod* 2002;29:205-210; discussion 195.

26. Bishara SE, Fehr DE, Jakobsen JR. A comparative study of the debonding strengths of different ceramic brackets, enamel conditioners, and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:170-179.
27. Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. Comparison of shear bond strength and surface structure between conventional acid etching and air-abrasion of human enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:502-506.
28. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 1997;10:141-146.
29. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Jakobsen JR. Effect of changing enamel conditioner concentration on the shear bond strength of a resin-modified glass ionomer adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:311-316.
30. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:621-624.
31. Scougall-Vilchis RJ, Saku S, Kotake H, Yamamoto K. Influence of different self-etching primers on the bond strength of orthodontic lingual buttons. *Eur J Orthod* 2010;32:561-566.
32. Ramesh Kumar KR, Shanta Sundari KK, Venkatesan A, Chandrasekar S. Depth of resin penetration into enamel with 3 types of enamel conditioning methods: a confocal microscopic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:479-485.
33. Bishara SE, VonWald L, Olsen ME, Laffoon JF, Jakobsen JR. Effect of light-cure time on the initial shear bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:164-168.
34. Vicente A, Bravo LA, Romero M, Ortiz AJ, Canteras M. Effects of 3 adhesion promoters on the shear bond strength of orthodontic brackets: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:390-395.
35. Reynolds IR. Letter: 'Composite filling materials as adhesives in orthodontics'. *Br Dent J* 1975;138:83.
36. Mojtahedzadeh F. The problem with normal orthodontic shear bond strength values. *World J Orthod* 2010;11:210.
37. Dejak B, Mlotkowski A, Romanowicz M. Finite element analysis of mechanism of cervical lesion formation in simulated molars during mastication and parafunction. *J Prosthet Dent* 2005;94:520-529.
38. Knox J, Jones ML, Hubsch P, Middleton J, Kralj B. An evaluation of the stresses generated in a bonded orthodontic attachment by three different load cases using the Finite Element Method of stress analysis. *J Orthod* 2000;27:39-46.
39. Permar D. *A Manual of oral embryology and microscopic anatomy*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1959.

40. Grippo JO. Abfractions: a new classification of hard tissue lesions of teeth. *J Esthet Dent* 1991;3:14-19.

5 Capítulo 3

Avaliação in vitro de cinco métodos para remoção do adesivo remanescente*

*Artigo a ser submetido à apreciação do corpo editorial do *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.

5 Capítulo 3

RESUMO

Introdução: O objetivo deste estudo foi o de avaliar 5 métodos para remoção do adesivo remanescente quanto às mudanças geradas na superfície do esmalte dentário e quanto ao tempo gasto na execução dos procedimentos. **Material e Método:** As superfícies vestibulares de 25 molares divididos em 5 grupos, receberam colagem de camadas padronizadas de adesivo (Transbond XT), as quais foram removidas por cinco métodos de remoção do adesivo remanescente. O tempo de execução dos procedimentos foi monitorado. As réplicas das superfícies de esmalte foram comparativamente avaliadas ao microscópio eletrônico de varredura – MEV em dois momentos: T1- Inicial e T2-Após remoção do adesivo. **Resultados:** Grupo 1- Broca Esférica Carbide nº5 em baixa-rotação. Foi o segundo melhor método para o esmalte e o terceiro mais rápido; Grupo 2 – Broca Multilaminada em baixa-rotação mostrou-se o método mais conservador para o esmalte, mas foi o mais lento; Grupo 3 – Broca Carbide Esférica nº 5 em alta-rotação, foi o método mais rápido e mostrou-se o terceiro mais conservador para o esmalte; Grupo 4 – Broca Multilaminada em alta-rotação foi o quarto colocado quanto ao aspecto superficial e quanto ao tempo de execução. Grupo 5 – Broca Diamantada em alta-rotação, mostrou-se o método menos conservador, apesar de ter sido o segundo mais rápido. **Conclusão:** A Broca Multilaminada em baixa-rotação, apesar de ter demandado maior tempo de execução, foi o método mais conservador para a superfície do esmalte. As diferenças entre os tempos de remoção não mostraram relevância clínica.

INTRODUÇÃO

Após irrupção, o esmalte dentário perde sua capacidade de reagir a traumatismos ou grandes perdas de substância¹. Por isso, o sistema adesivo ideal para a colagem de *brackets* deveria ser capaz de: resistir ao período do tratamento, sem quebras ou infiltrações marginais²⁻⁴; deixar o mínimo de adesivo remanescente no momento da remoção do aparelho⁵; mas ao mesmo tempo, permitir descolagens, sem danos ao esmalte⁶. Contudo, os diversos sistemas disponíveis fixam-se melhor ao

esmalte dentário do que às bases dos *brackets*⁷⁻⁹. Com isso, quantidades variáveis de adesivo remanescente permanecem sobre o esmalte, após remoção dos *brackets*^{8,10,11}.

Em geral, os métodos preconizados para remoção dos resíduos de adesivo envolvem a utilização de instrumentos rotatórios como brocas, pedras montadas e discos abrasivos, usados em alta ou baixa rotação¹¹⁻¹⁵. Inevitavelmente, cada um traz consigo certo potencial de modificação da superfície do esmalte^{11,12,14,16-18}. Isso se faz ainda mais crítico, quando é necessário remover maiores quantidades de adesivo remanescente^{7,12} e resíduos cerâmicos, os quais muitas vezes envolvem o uso de brocas diamantadas, em alta rotação¹⁸ ou requerem maior tempo de trabalho sobre o esmalte, o que potencializa o risco de gerar ranhuras graves à sua superfície^{11,12,19}.

Por isso, clínicos e pacientes questionam-se constantemente se após remoção do aparelho o esmalte terá de volta seu brilho original ou ficará arranhado e opaco?²⁰. Contudo, apesar da relevância do tema, os estudos que avaliaram as mudanças superficiais geradas pelos diferentes métodos de remoção do adesivo remanescente, geralmente não utilizaram dentes com quantidades padronizadas de adesivo. Ao contrário, a maioria utilizou dentes provenientes de testes de resistência adesiva, ou dentes previamente submetidos a descolagens de *brackets*^{11,15,18}, que apresentavam quantidades variáveis de adesivo remanescente^{11,12,14,15,18}.

No presente estudo, 5 métodos para remoção de adesivo remanescente foram avaliados quanto às mudanças geradas na superfície do esmalte, com metodologia especialmente delineada para isso, na qual camadas padronizadas de adesivo foram removidas. Além disso, o tempo gasto para execução dos procedimentos foi também avaliado.

MATERIAL E MÉTODO

Neste estudo, foram utilizados 25 molares permanentes, já irrompidos, extraídos por razões diversas, com faces vestibulares hígidas, que não tiveram acessórios colados previamente e não apresentavam fraturas de esmalte nem restaurações.

Os dentes coletados foram inicialmente lavados com sabão neutro e água corrente para remoção de restos de sangue e outros tecidos bucais, sendo depois acondicionados em solução de Timol a 0,1% até a realização do estudo, prazo máximo de 30 dias. Todos os dentes foram submetidos à profilaxia com pasta profilática e escova de Robinson por 15 segundos, sendo depois lavados por 10 segundos com

spray de água e ar provenientes da seringa tríplice e submetidos ao jato de ar por 10 segundos para remover o excesso de umidade.

As faces vestibulares de todos os espécimes foram então analisadas em lupa com 10x de aumento para que fossem avaliadas quanto à presença de ranhuras e trincas de esmalte preexistentes. Caso uma dessas condições fosse encontrada, o dente era substituído.

Os 25 molares selecionados tiveram removidas as raízes com disco diamantado em baixa rotação. As coroas foram inseridas em bases de acrílico auto-polimerizável incolor, deixando à mostra as faces vestibulares¹⁵.

Cada corpo de prova recebeu um código de identificação de 4 dígitos para permitir que o estudo fosse conduzido de modo cego por parte do avaliador da superfície (Pesquisador 2).

Duas ranhuras verticais paralelas entre si e equidistantes 4,0 mm uma da outra, foram feitas na face vestibular de cada dente, delimitando a região mais plana das coroas (Fig.1A). Após, todos os dentes foram submetidos a nova profilaxia, conforme descrito anteriormente. Depois de secas, todas as faces vestibulares foram moldadas com silicone por adição²¹ (Aquasil/Dentsply™) e moldes fiéis das faces vestibulares foram obtidos. Nesses moldes foi vazada a resina epóxi (EpoFix/Struers™) para obtenção das réplicas das 25 superfícies vestibulares^{15,21}. Após moldagem das faces vestibulares, os dentes foram acondicionados em água destilada a 37°C por 24h, para que o esmalte restabelecesse padrões normais de hidratação.

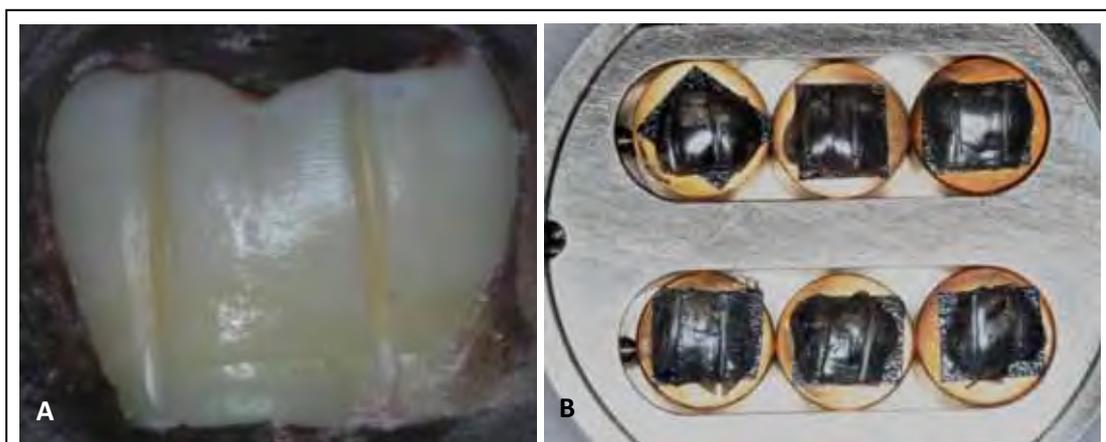


Figura1 : **A**- Dente inserido em resina com face vestibular exposta. **B** – Réplicas em resina epóxi fixadas aos stubs após deposição da camada de Carbono e montadas no suporte do MEV.

Passado o tempo de cura da resina epóxi, cada réplica foi identificada com o mesmo código de 4 dígitos do seu respectivo corpo de prova. As cópias em resina

foram fixadas aos *stubs* e estes ao suporte do microscópio eletrônico de varredura – MEV. As réplicas foram então submetidas à deposição de micro-camada de carbono em ambiente hermeticamente fechado (Fig.1B).

Depois de devidamente preparadas, foram introduzidas no MEV onde foram visualizadas em 50x de aumento. As imagens obtidas foram padronizadamente armazenadas como imagens digitais.



Figura 2: A- Instrumentos rotatórios usados no estudo. A1) Broca esférica carbide nº5 (baixa-rotação); A2) Broca multilaminada (baixa-rotação); A3) Broca esférica carbide (alta-rotação); A4) Broca multilaminada (alta-rotação); A5) Broca diamantada 3118 FF. B – Modelo de gesso e C - Molde de acetato (0,3mm).

Para uniformizar a camada de adesivo a ser removida das superfícies vestibulares, foram confeccionados moldes com lâminas de acetato de 0,3mm. As lâminas de acetato foram plastificadas e modeladas a vácuo sobre um único modelo de gesso que continha uma saliência quadrangular em positivo com as seguintes dimensões: 2,0mm de base; 2,0mm de altura e 0,5mm de profundidade (Fig. 2B e C).

Antes de proceder a colagem da camada de adesivo (Transbond XT /3M Unitek™), fez-se nova profilaxia com os mesmos parâmetros já descritos. Após condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, seguido de lavagem com spray água/ar por 10 segundos e secagem com jato de ar até que se observasse aspecto branco opaco da superfície de colagem, aplicou-se a resina líquida e procedeu-se a foto-ativação por 10 segundos.

O molde de acetato preenchido pela pasta do adesivo foi então posicionado no centro do espaço delimitado pelas duas ranhuras verticais das faces vestibulares e pressionado com 300g/F. Nesse momento, procedeu-se a foto-ativação do sistema adesivo por 20 segundos. Após foto-ativação, os moldes foram cuidadosamente removidos e os corpos de prova foram armazenados em água destilada a 37° por 48

horas. Os corpos de prova foram então aleatoriamente divididos em 5 grupos (Quadro 1) de acordo com o método de remoção do adesivo remanescente testado (Fig.2A).

Quadro 1 – Divisão dos Grupos de estudo

Grupos	Método de Remoção do adesivo	Número de dentes
Grupo 1	Broca Carbide esférica Jet nº5 em baixa rotação sem irrigação	5
Grupo 2	Broca Multilaminada TP Orthodontics em baixa rotação sem irrigação	5
Grupo 3	Broca Carbide esférica Jet nº5 em alta rotação com irrigação	5
Grupo 4	Broca Multilaminada TP Orthodontics em alta rotação com irrigação	5
Grupo 5	Ponta diamantada KG Sorensen 3118FF em alta rotação sem irrigação	5

Todas as remoções foram realizadas pelo pesquisador 2 enquanto o pesquisador 1 controlou com o cronômetro, o tempo gasto em cada procedimento.

Para isso, depois de montar o instrumento rotatório a ser testado no contra-ângulo do micro-motor ou na turbina, o corpo de prova era devidamente fixado à bancada e o micro-motor ou a turbina era acionado em máxima rotação. No momento em que o pesquisador 2 tocava pela primeira vez com o instrumento rotatório já acionado, a superfície do adesivo pela primeira vez, o cronômetro era imediatamente disparado pelo pesquisador 1. As remoções foram conduzidas de forma contínua e ininterrupta até que toda a quantidade de material adesivo tivesse sido eliminada. Nesse momento o pesquisador 2 levantava o micro-motor ou a turbina e o pesquisador 1 travava imediatamente o cronômetro.

Esses dados foram transcritos para uma planilha do ExcelTM. Todo o processo foi conduzido de modo cego para o pesquisador 2.

Ao final, foram estabelecidos valores médios de tempo gasto para remoção da camada de adesivo com cada um dos 5 métodos testados. Os valores médios dos tempos de remoção de cada grupo foram avaliados comparativamente.

Após remoção do adesivo, todas as 25 faces vestibulares passaram por novo processo de profilaxia e secagem, sendo depois moldadas com silicone por adição (Aquasil/DentsplyTM) para obtenção das réplicas finais das faces vestibulares em resina epóxi¹⁵. Cada réplica em resina epóxi recebeu um novo código de 4 dígitos correspondente aos códigos dos seus respectivos corpos de prova. A anotação desses códigos foi feita pelo pesquisador 1.

As réplicas finais das faces vestibulares foram devidamente preparadas para visualização ao MEV e as imagens obtidas foram padronizadamente armazenadas como arquivos digitais. A avaliação dessas imagens foi feita de forma comparativa entre as respectivas imagens inicial e final de cada face vestibular conforme exemplificado na Figura 3. Para isso, foram atribuídos escores com base no Enamel Surface Index System- ESIS (Zachrisson e Artun, 1979)²², conforme pode-se observar no Quadro2. Tomando por base o aspecto superficial inicial, foi possível ao examinador quantificar os efeitos gerados por cada método testado, no aspecto superficial final após remoção da camada de adesivo.

Para avaliar a reprodutibilidade do método de avaliação e classificação das imagens usado, 10 imagens aleatoriamente selecionadas foram avaliadas e classificadas quanto ao ESIS, pelo pesquisador 2. Após 01 semana, essas mesmas 10 imagens foram reavaliadas e reclassificadas quanto ao ESIS²² de modo cego pelo mesmo pesquisador. O teste Kappa foi aplicado para avaliar a concordância entre os dois momentos de avaliação, tendo havido alta concordância entre eles ($p=0,863$) o que atestou a reprodutibilidade do método.

Quadro2 – *Enamel Surface Index System* modificado – Índice ESIS modificado.

Escore	Características Superficiais
0	Superfície perfeita. Ausência de ranhuras e periquemácias intactas.
1	Superfície satisfatória. Ranhuras finas e algumas periquemácias intactas.
2	Superfície aceitável. Várias marcas e algumas ranhuras profundas. Periquemácias ausentes.
3	Superfície imperfeita. Várias ranhuras profundas e grosseiras visíveis. Periquemácias ausentes.
4	Superfície inaceitável. Ranhuras grosseiras e profundas.

RESULTADOS

A avaliação comparativa dos aspectos superficiais iniciais e após remoção do adesivo remanescente pelos cinco métodos testados demonstrou que: No Grupo1, em que foi usada a Broca Esférica Carbide número 5 em baixa-rotação e sem irrigação, das cinco unidades avaliadas, quatro foram classificadas como ESIS 1 (Superfície satisfatória. Ranhuras finas e algumas periquemácias intactas) e apenas uma apresentou ESIS 3 (Superfície imperfeita. Várias ranhuras profundas e grosseiras visíveis. Periquemácias ausentes). No Grupo 2, foi usada a Broca Multilaminada em baixa-rotação, sem irrigação. Das cinco unidades integrantes desse grupo, uma apresentou o índice ESIS 0 (Superfície perfeita. Ausência de ranhuras e periquemácias intactas), três mostraram

ESIS 1 (Superfície Satisfatória. Ranhuras finas e algumas periquemácias intactas) e uma apresentou ESIS 3 (Superfície imperfeita. Várias ranhuras profundas e grosseiras visíveis. Periquemácias ausentes). Entre as cinco unidades integrantes do Grupo 3, no qual a Broca Esférica Carbide número 5 em alta rotação com irrigação foi o método avaliado, quatro apresentaram ESIS 2 (Superfície aceitável. Várias marcas e algumas ranhuras profundas. Periquemácias ausentes) e uma apresentou ESIS 3 Superfície imperfeita. Várias ranhuras profundas e grosseiras visíveis. Periquemácias ausentes). No Grupo 4 que testou a Broca Multilaminada em alta rotação e com irrigação, das 5 unidades integrantes desse grupo, duas apresentaram ESIS 2 (Superfície aceitável. Várias marcas e algumas ranhuras profundas. Periquemácias ausentes); uma apresentou ESIS 3 (Superfície imperfeita. Várias ranhuras profundas e grosseiras visíveis. Periquemácias ausentes) e outras duas apresentaram ESIS 4 (Superfície inaceitável. Ranhuras grosseiras e profundas).

Tabela 1 – Distribuição dos índices de mudanças superficiais nos Grupos.

Enamel Surface Index System Modificado (ESIS)						
	N	ESIS 0	ESIS 1	ESIS 2	ESIS 3	ESIS 4
Grupo 1	05	0	4	0	1	0
Grupo 2	05	1	3	0	1	0
Grupo 3	05	0	0	4	1	0
Grupo 4	05	0	0	2	1	2
Grupo 5	05	0	0	0	0	5

No Grupo 5, foi usada a Broca Diamantada KG- Sorensen 3118FF. As cinco unidades submetidas a esse método de remoção do adesivo remanescente apresentaram ESIS 4 (Superfície inaceitável. Ranhuras grosseiras e profundas).

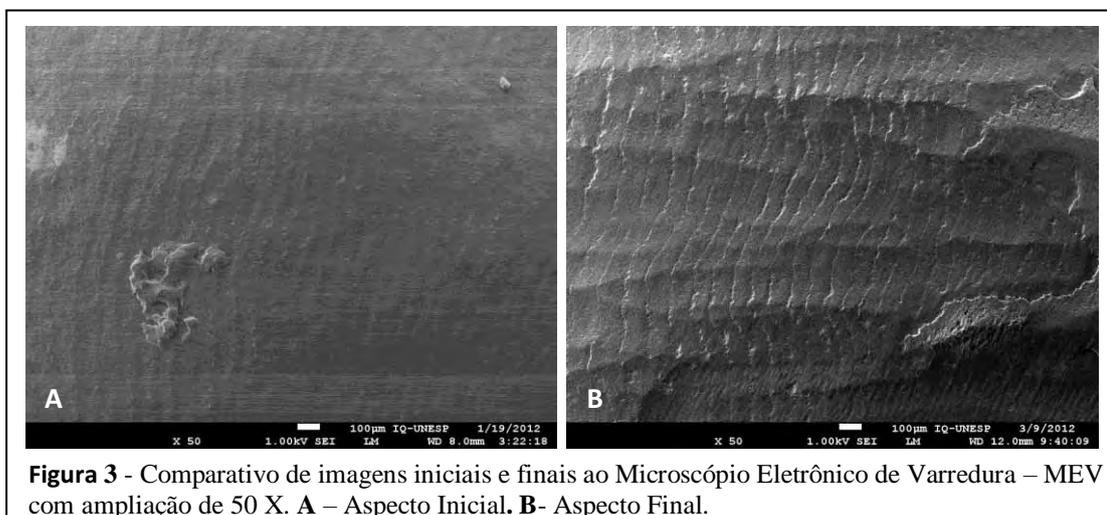


Figura 3 - Comparativo de imagens iniciais e finais ao Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV com ampliação de 50 X. **A** – Aspecto Inicial. **B**- Aspecto Final.

O tempo necessário para remover toda a camada de adesivo de cada uma das faces vestibulares variou de acordo com o método utilizado, conforme é possível avaliar na Tabela 2.

Tabela 2 – Tempo gasto para remoção da camada de adesivo nos Grupos.

	n	Método Usado	Tempo Médio (Segundos)	Mínimo (Segundos)	Máximo (Segundos)
Grupo 1	05	Broca Carbide Esférica nº5 (Baixa rot s/irrig)	30,00	27	33
Grupo 2	05	Broca Multilaminada (Baixa rot s/ irrig)	38,80	32	46
Grupo 3	05	Broca Carbide Esférica nº5 (Alta rot c/irrig)	26,50	19	39
Grupo 4	05	Broca Multilaminada (Alta rot c/ irrig)	34,80	29	47
Grupo 5	05	Broca Diamantada FF (Alta rot s/ irrig)	28,60	21	46

DISCUSSÃO

Diversos estudos que avaliaram métodos para remoção do adesivo remanescente quanto às modificações provocadas na superfície do esmalte derivaram de testes de resistência da colagem ou promoveram a descolagem dos *brackets* previamente à remoção do adesivo remanescente^{11,15,18,21} e por isso, basearam-se em quantidades não padronizadas de adesivo para executar a remoção^{11,12,14,15,18,21}.

A variabilidade na quantidade de adesivo remanescente está relacionada também ao método de remoção empregado e ao modo de aplicação da força de remoção²³. Assim, tendo em vista que o sistema adesivo foi previamente submetido aos esforços necessários à descolagem^{11,12,14,15,18,21}, é difícil determinar se toda a quantidade de adesivo remanescente visível após descolagem, permaneceu realmente aderida ao esmalte ou simplesmente justaposta a ele. Tais situações podem, de algum modo, ter influenciado nos resultados obtidos por esses estudos, na medida em que existe a dúvida se toda a quantidade de adesivo remanescente foi verdadeiramente removida pelo instrumento testado ou simplesmente deslocada por ele. Isso também poderá influenciar decisivamente no controle do tempo de execução dos procedimentos. No presente estudo, houve padronização da camada de adesivo a ser removida, a qual não foi submetida a esforços prévios. Esse cuidado, assegurou que todo o adesivo foi verdadeiramente removido pelo instrumento rotatório testado e permitiu uniformização das condições de teste.

O uso de dentes bovinos¹⁵, apesar de serem mais facilmente obtidos²⁴⁻²⁷, também é questionável, uma vez que apresentam textura e aspecto superficial diferentes do encontrado nos dentes humanos^{24,27}. Assim, apesar de ser possível

comparar os aspectos superficiais inicial e final das superfícies do esmalte bovino, não é possível afirmar que o esmalte humano reagirá da mesma maneira aos métodos testados.

Diante disso, o presente estudo justificou-se na medida em que seguiu metodologia específica, direcionada aos seus objetivos primordiais e contou com padronização de condições de teste como: seleção dos dentes, protocolo de colagem, dimensões da camada de adesivo removida, bem como do procedimento de remoção propriamente dito. Além disso, a descrição detalhada da sua metodologia, viabilizará sua replicação e comparação com estudos a serem conduzidos⁶ no futuro.

A avaliação dos resultados sugere que os menores danos superficiais foram observados mediante aplicação dos instrumentos rotatórios em baixa rotação e sem irrigação^{15,17,22,28,29}. Nesses grupos, as mudanças superficiais provocadas tanto pela broca esférica carbide nº5 (Grupo 1) quanto pela broca multilaminada (Grupo2) mostraram-se bastante equivalentes²⁹. Pode-se sugerir inclusive alguma superioridade da broca multilaminada (Grupo 2) que apresentou uma unidade com o ESIS 0. Esse resultado está de acordo com o estudo de Maciensi, *et al.*¹⁵.

Entre os grupos que usaram a alta rotação com irrigação (Grupo 3 e Grupo 4), a broca esférica carbide nº5 (Grupo 3) evidenciou melhores resultados, uma vez que quatro unidades foram enquadradas no ESIS 2 e apenas uma, no ESIS 3. Já a broca multilaminada usada em alta- rotação com irrigação (Grupo 4) teve duas unidades com ESIS 2, uma com ESIS 3 e outras duas com ESIS 4. Entretanto, apesar de Campbell (1995)¹⁶ ter observado que as brocas carbide em alta rotação alteraram menos as superfícies de esmalte, no presente estudo os achados dos Grupos 3 e 4 foram inferiores aos dos Grupos 1 e 2. Isso está de acordo com relatos da literatura que sugere inclusive a necessidade polimento da superfície de esmalte após remoção do adesivo com brocas carbide em alta-rotação^{14,30}.

As fortes alterações superficiais provocadas pela broca diamantada (Grupo 5) eram previstas e já haviam sido relatadas em estudos anteriores^{18,22,30}. Neste estudo, esse método, mostrou também o pior desempenho entre os cinco testados, nesse aspecto.

A comparação entre os métodos que usaram brocas carbide em baixa-rotação (Grupos 1 e 2) e os que usaram brocas carbide em alta-rotação (Grupos 3, 4 e 5), mostrou que menores danos foram causados pelos métodos que usaram baixa rotação sem irrigação^{12,15,22,28}.

Com relação ao tempo de execução, o Grupo 3 (Broca esférica carbide nº5 em alta rotação com irrigação), mostrou-se o método mais rápido¹⁴, tanto no tempo médio de 26,5", quanto nos valores mínimo de 19" e máximo de 39". O Grupo 5 (Broca Diamantada em alta rotação sem irrigação) apresentou tempo médio de 28,6", sendo o segundo método mais rápido. Em terceiro lugar, apareceu o Grupo 1 (Broca Carbide Esférica nº5 em baixa rotação sem irrigação) o qual mostrou média de 30" e também a menor variação entre os valores mínimo (27") e máximo (33") entre os 5 grupos do estudo. O Grupo 4 figurou em quarto lugar, com relação ao tempo de execução (Média=34,8") e o Grupo 2 (Broca multilaminada em baixa rotação sem irrigação) , mostrou-se o mais lento¹⁸ (Tempo médio=38,8") entre os 5 métodos avaliados neste estudo.

A diferença no tempo de execução dos procedimentos, pode não ser relevante também do ponto de vista clínico^{11,18}. Tomando por base os tempos médios para remover o adesivo no Grupo 3 (mais rápido entre os 5 testados) e no Grupo 2 (mais lento entre os cinco testados), verifica-se que o procedimento consumiu 12,3 segundos a mais no Grupo 2. Essa diferença representa acréscimo de 02 minutos e 05 segundos para remover o adesivo remanescente dos 10 dentes de uma arcada dentária completa e de 04 minutos e 10 segundos para remover o adesivo remanescente das duas arcadas dentárias, em uma única consulta. Esse achado indica que a escolha pelo método a ser utilizado deverá basear-se prioritariamente na preservação do aspecto original das superfícies do esmalte e menos na diferença de tempo para execução do procedimento^{11,18}.

CONCLUSÃO

Com base na metodologia utilizada, pode-se concluir que:

- 1 – A broca multilaminada em baixa rotação sem irrigação (Grupo 2) provocou as menores alterações na superfície do esmalte, tendo sido o método melhor avaliado nesse aspecto. Contudo, foi o método mais lento;
- 2 – A broca esférica carbide nº 5 em alta rotação com irrigação (Grupo 3) mostrou os melhores resultados quanto o aspecto final da superfície do esmalte entre os métodos que usaram alta-rotação com irrigação e foi o mais rápido, entre os 5 métodos testados;
- 3 – A broca diamantada provocou danos relevantes na superfície do esmalte e não foi o método mais rápido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Permar D. A Manual of oral embryology and microscopic anatomy. Philadelphia: Lea & Febiger; 1959.
2. Fox NA, McCabe JF, Gordon PH. Bond strengths of orthodontic bonding materials: an in-vitro study. *Br J Orthod* 1991;18:125-130.
3. Powers JM, Kim HB, Turner DS. Orthodontic adhesives and bond strength testing. *Semin Orthod* 1997;3:147-156.
4. Kohda N, Iijima M, Brantley W, Mugeruma T, Yuasa T, Nakagaki S et al. Effects of bonding materials on the mechanical properties of enamel around orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2012;82:187-195.
5. Osorio R, Toledano M, Garcia-Godoy F. Bracket bonding with 15- or 60-second etching and adhesive remaining on enamel after debonding. *Angle Orthod* 1999;69:45-48.
6. Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:615-622 e613.
7. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:621-624.
8. Habibi M, Nik TH, Hooshmand T. Comparison of debonding characteristics of metal and ceramic orthodontic brackets to enamel: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:675-679.
9. Odegaard J, Segner D. Shear bond strength of metal brackets compared with a new ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:201-206.
10. Bishara SE, Olsen ME, Von Wald L. Evaluation of debonding characteristics of a new collapsible ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:552-559.
11. Karan S, Kircelli BH, Tasdelen B. Enamel surface roughness after debonding. *Angle Orthod* 2010;80:1081-1088.
12. Ozer T, Basaran G, Kama JD. Surface roughness of the restored enamel after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:368-374.
13. Oztoprak MO, Nalbantgil D, Erdem AS, Tozlu M, Arun T. Debonding of ceramic brackets by a new scanning laser method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:195-200.
14. Ulusoy C. Comparison of finishing and polishing systems for residual resin removal after debonding. *J Appl Oral Sci* 2009;17:209-215.

15. Maciensi K, Rocha R, Locks A, Ribeiro G. Avaliação dos efeitos de três métodos de remoção da resina remanescente do braquete na superfície do esmalte. *Dental Press J Orthod* 2011;16:146-154.
16. Campbell PM. Enamel surfaces after orthodontic bracket debonding. *Angle Orthod* 1995;65:103-110.
17. Gwinnett AJ, Gorelick L. Microscopic evaluation of enamel after debonding: clinical application. *Am J Orthod* 1977;71:651-665.
18. Eliades T, Gioka C, Eliades G, Makou M. Enamel surface roughness following debonding using two resin grinding methods. *Eur J Orthod* 2004;26:333-338.
19. Bishara SE. Ceramic brackets and the need to develop national standards. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:595-597.
20. Turpin DL. The return of tooth surface luster following bracket removal. *Angle Orthod* 1995;65:83.
21. Bonetti G, Zanarini M, Parenti S, Lattuca M, Marchionni S, Gatto M. Evaluation of enamel surfaces after bracket debonding: An in-vivo study with scanning electron microscopy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:696-702.
22. Zachrisson BU, Arthun J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. *Am J Orthod* 1979;75:121-127.
23. Oliver RG. The effect of different methods of bracket removal on the amount of residual adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:196-200.
24. Rios D, Honorio HM, Magalhaes AC, Delbem AC, Machado MA, Silva SM et al. Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion: an in situ/ex vivo study. *Caries Res* 2006;40:218-223.
25. Machado C, Lacefield W, Catledge A. Human enamel nanohardness, elastic modulus and surface integrity after beverage contact. *Braz Dent J* 2008;19:68-72.
26. Rios D, Honorio HM, Magalhaes AC, Silva SM, Delbem AC, Machado MA et al. Scanning electron microscopic study of the in situ effect of salivary stimulation on erosion and abrasion in human and bovine enamel. *Braz Oral Res* 2008;22:132-138.
27. Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci* 2011;53:273-282.
28. Ireland AJ, Hosein I, Sherriff M. Enamel loss at bond-up, debond and clean-up following the use of a conventional light-cured composite and a resin-modified glass polyalkenoate cement. *Eur J Orthod* 2005;27:413-419.
29. Arcuri MR, Schneider RL, Strug RA, Clancy JM. Scanning electron microscope analysis of tooth enamel treated with rotary instruments and abrasives. *J Prosthet Dent* 1993;69:483-490.

30. Zarrinnia K, Eid NM, Kehoe MJ. The effect of different debonding techniques on the enamel surface: an in vitro qualitative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:284-293.

6 Considerações Finais

Ao longo dos anos, tem-se observado alguns questionamentos quanto à validade de avaliar a resistência da colagem de bráquetes por meio de ensaios mecânicos^{16,17,33,34}.

Hipoteticamente, seria mais valioso lançar mão de ensaios clínicos controlados e randomizados para avaliar sistemas e métodos para colagem de bráquetes. Contudo as dificuldades na padronização da condução desses ensaios clínicos e limitações nos resultados por eles evidenciados, explicam a pequena quantidade de estudos com esse tipo de metodologia^{17,30,33}.

Outro aspecto levantado constantemente são os relatos deficientes das condições de teste e da metodologia empregada nos diferentes estudos *in vitro*¹⁷. Essa deficiência, tem dificultado a comparação entre os estudos existentes e impedido sua replicação em estudos futuros^{17,30,33}.

Nesta série de estudos, buscou-se atentar para a descrição detalhada dos aspectos da metodologia e das condições de teste relatados como deficientemente descritos em estudos anteriores¹⁷. Esse cuidado, certamente permitirá que sejam replicados no futuro e que sejam alvo de comparações com estudos que nortearam suas metodologias^{1,5,10,27}.

Com base nos resultados dos estudos conduzidos, pode-se responder às hipóteses inicialmente levantadas de modo que:

- 1 – Os resultados do Capítulo 1 demonstraram que as colagens de bráquetes cerâmicos sem foto-ativação do *primer* apresentaram maiores resistências ao cisalhamento em 2 dos quatro grupos testados. A hipótese foi confirmada. Para os grupos do Clarity a não foto-ativação do *primer* gerou maiores resistências da colagem ao cisalhamento.
- 2 – As menores resistências evidenciadas nos grupos de bráquetes cerâmicos colados com o SEP no Capítulo 1 rejeitam a hipótese proposta. Comparado ao condicionamento do esmalte com ácido fosfórico, os valores auferidos na descolagem dos bráquetes cerâmicos que utilizaram o SEP, foram menores e por isso mostraram-se mais conservadores para o esmalte.

3 – A análise pelo método dos elementos finitos (Capítulo 2) mostrou coerência entre as áreas de concentração de esforços relativos à descolagem por cisalhamento e as fraturas de esmalte encontradas. A hipótese foi rejeitada. Além disso, os grupos colados com o SEP evidenciaram menores níveis de estresse nos pontos de maior concentração de esforços sobre o esmalte dentário.

4 – As diferenças entre o aspecto inicial do esmalte observadas no Capítulo 3, com destaque para os métodos que utilizaram baixa-rotação, rejeitam essa hipótese. A broca multi-laminada em baixa rotação mostrou-se o método mais conservador para a superfície do esmalte.

5 – O tempo para remoção das quantidades padronizadas de adesivo mostrou discreta variação entre os grupos do Capítulo 3. Ao extrapolar para a aplicação clínica, as diferenças apresentadas entre os grupos mostram-se ainda menores, o que confirma a hipótese inicial.

Para melhor utilização da análise pelo método dos elementos finitos, justifica-se a realização de estudo para identificar as propriedades físico-químicas do sistema adesivo Transbond XT, em especial o Módulo de Elasticidade e a Razão de Poisson, para que se possa processar avaliações 3D ainda mais coerentes com a realidade^{1,23,29}. Uma vez determinadas essas características do sistema adesivo, seria conveniente repetir a análise realizada no Capítulo 2.

Referências*

1. Algera TJ, Feilzer AJ, Prah-Andersen B, Kleverlaan CJ. A comparison of finite element analysis with in vitro bond strength tests of the bracket-cement-enamel system. *Eur J Orthod.* 2011; 33(6): 608-12.
2. Arici S, Minors C. The force levels required to mechanically debond ceramic brackets: an in vitro comparative study. *Eur J Orthod.* 2000; 22(3): 327-34.
3. Bishara SE. Ceramic brackets and the need to develop national standards. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 117(5): 595-7.
4. Bishara SE. Ceramic brackets: a clinical perspective. *World J Orthod.* 2003; 4 (1): 61-6.
5. Bishara SE, Ajlouni R, Laffoon JF, Warren JJ. Comparison of shear bond strength of two self-etch primer/adhesive systems. *Angle Orthod.* 2006; 76 (1): 123-6.
6. Bishara SE, Fehr DE. Comparisons of the effectiveness of pliers with narrow and wide blades in debonding ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993; 103(3): 253-7.
7. Bishara SE, Fehr DE. Ceramic brackets: something old, something new, a review. *Semin Orthod.* 1997; 3(3): 178-88.
8. Bishara SE, Fonseca JM, Boyer DB. The use of debonding pliers in the removal of ceramic brackets: force levels and enamel cracks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 108(3): 242-8.
9. Bishara SE, Olsen ME, Von Wald L. Evaluation of debonding characteristics of a new collapsible ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 112 (5): 552-9.
10. Bishara SE, Oonsombat C, Ajlouni R, Laffoon JF. Comparison of the shear bond strength of 2 self-etch primer/adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125(3): 348-50.
11. Boyer DB, Engelhardt G, Bishara SE. Debonding orthodontic ceramic brackets by ultrasonic instrumentation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 108 (3): 262-6.
12. Crooks M, Hood J, Harkness M. Thermal debonding of ceramic brackets: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 111(2): 163-72.

* De acordo com o estilo Vancouver. Disponível em:
http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

13. Cummings M, Biagioni P, Lamey PJ, Burden DJ. Thermal image analysis of electrothermal debonding of ceramic brackets: an in vitro study. *Eur J Orthod.* 1999; 21(2): 111-8.
14. Damon PL, Bishara SE, Olsen ME, Jakobsen JR. Bond strength following the application of chlorhexidine on etched enamel. *Angle Orthod.* 1997; 67(3): 169-72.
15. Dovgan JS, Walton RE, Bishara SE. Electrothermal debracketing: patient acceptance and effects on the dental pulp. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 108(3): 249-55.
16. Eliades T. Orthodontic materials research and applications: part 1. Current status and projected future developments in bonding and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 130(4): 445-51.
17. Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137(5): 615-22, e613.
18. Fox NA, McCabe JF, Gordon PH. Bond strengths of orthodontic bonding materials: an in-vitro study. *Br J Orthod.* 1991; 18(2): 125-30.
19. Hayakawa K. Nd: YAG laser for debonding ceramic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128(5): 638-47.
20. Haydar B, Sarikaya S, Cehreli ZC. Comparison of shear bond strength of three bonding agents with metal and ceramic brackets. *Angle Orthod.* 1999; 69 (5): 457-62.
21. He LH, Fujisawa N, Swain MV. Elastic modulus and stress-strain response of human enamel by nano-indentation. *Biomaterials.* 2006; 27(24): 4388-98.
22. He LH, Swain MV. Influence of environment on the mechanical behaviour of mature human enamel. *Biomaterials.* 2007; 28(30): 4512-20.
23. Higg WA, Lucksanasombool P, Higgs RJ, Swain MV. Evaluating acrylic and glass-ionomer cement strength using the biaxial flexure test. *Biomaterials.* 2001; 22(12): 1583-90.
24. Jost-Brinkmann PG, Radlanski RJ, Artun J, Loidl H. Risk of pulp damage due to temperature increase during thermodebonding of ceramic brackets. *Eur J Orthod.* 1997; 19(6): 623-8.
25. Jost-Brinkmann PG, Stein H, Miethke RR, Nakata M. Histologic investigation of the human pulp after thermodebonding of metal and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992; 102(5): 410-7.
26. Karan S, Kircelli BH, Tasdelen B. Enamel surface roughness after debonding. *Angle Orthod.* 2010; 80(6): 1081-8.

27. Katona TR, Long RW. Effect of loading mode on bond strength of orthodontic brackets bonded with 2 systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129 (1): 60-4.
28. Kearns HP, Sandham JA, Bryan Jones W, Lagerstrom L. Electrothermal debonding of ceramic brackets: an ex vivo study. *Br J Orthod.* 1997; 24(3): 237-42.
29. Knox J, Kralj B, Hubsch PF, Middleton J, Jones ML. An evaluation of the influence of orthodontic adhesive on the stresses generated in a bonded bracket finite element model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119(2): 43-53.
30. Leloup G, D'Hoore W, Bouter D, Degrange M, Vreven J. Metaanalytical review of factors involved in dentin adherence. *J Dent Res.* 2000; 80(7): 10.
31. Ma T, Marangoni RD, Flint W. In vitro comparison of debonding force and intrapulpal temperature changes during ceramic orthodontic bracket removal using a carbon dioxide laser. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 111(2): 203-10.
32. Machado C, Lacefield W, Catledge A. Human enamel nanohardness, elastic modulus and surface integrity after beverage contact. *Braz Dent J.* 2008; 19(1): 68-72.
33. Mandall NA, Millett DT, Mattick CR, Hickman J, Worthington HV, Macfarlane TV. Orthodontic adhesives: a systematic review [discussion 195]. *J Orthod.* 2002; 29(3): 205-10.
34. Mojtahedzadeh F. The problem with normal orthodontic shear bond strength values. *World J Orthod.* 2010; 11(3): 210.
35. Mundstock KS, Sadowsky PL, Lacefield W, Bae S. An in vitro evaluation of a metal reinforced orthodontic ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116(6): 635-41.
36. Osorio R, Toledano M, Garcia-Godoy F. Bracket bonding with 15- or 60-second etching and adhesive remaining on enamel after debonding. *Angle Orthod.* 1999; 69(1): 45-8.
37. Ostertag AJ, Dhuru VB, Ferguson DJ, Meyer RA, Jr. Shear, torsional, and tensile bond strengths of ceramic brackets using three adhesive filler concentrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991; 100(3): 251-8.
38. Ozer T, Basaran G, Kama JD. Surface roughness of the restored enamel after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137(3): 368-74.
39. Oztoprak MO, Nalbantgil D, Erdem AS, Tozlu M, Arun T. Debonding of ceramic brackets by a new scanning laser method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138(2): 195-200.
40. Permar D. *A Manual of oral embryology and microscopic anatomy.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1959.

41. Retief DH. Failure at the dental adhesive-etched enamel interface. *J Oral Rehabil.* 1974; 1(3): 265-84.
42. Reynolds IR. Letter: 'Composite filling materials as adhesives in orthodontics'. *Br Dent J.* 1975; 138(3): 83.
43. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Hotta M, Yamamoto K. Shear bond strength of a new fluoride-releasing orthodontic adhesive. *Dent Mater J.* 2007; 26(1): 45-51.
44. Scougall Vilchis RJ, Yamamoto S, Kitai N, Yamamoto K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136(3): 425-30.
45. Takla PM, Shivapuja PK. Pulpal response in electrothermal debonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 108(6): 623-9.
46. Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis RR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 98(3): 214-21.
47. Weinberger SJ, Foley TF, McConnell RJ, Wright GZ. Bond strengths of two ceramic brackets using argon laser, light, and chemically cured resin systems. *Angle Orthod.* 1997; 67(3): 173-8.

Anexo



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA



Comitê de Ética em Pesquisa

Certificado

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS PARA COLAGEM DE BRACKETS CERÂMICOS E REMOÇÃO DO ADESIVO REMANESCENTE COM VISTAS A PRESERVAÇÃO DA INTEGRIDADE DO ESMALTE DENTÁRIO" sob o protocolo nº 34/11, de responsabilidade do Pesquisador (a) **EDSON ALVES DE CAMPOS** está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa-FOAr, com validade de 01 (um) ano, quando será avaliado o relatório final da pesquisa.

Certify that the research project titled "**ASSESSMENT OF CERAMIC BRACKETS BONDING AND REMNANT ADHESIVE REMOVAL MODIFIED PROTOCOLS FOCUSED ON PRESERVATING ENAMEL INTEGRITY**", protocol number 34/11, under **Dr EDSON ALVES DE CAMPOS** responsibility, is under the terms of Conselho Nacional de Saúde/MS resolution # 196/96, published on May 10, 1996. This research has been approved by Research Ethic Committee, FOAr-UNESP. Approval is granted for 01 (one) year when the final review of this study will occur.

Araraquara, 20 de maio de 2011.

MMS Nagle
Prof. Dr. Maurício Meirelles Nagle
Coordenador



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE ARARAQUARA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Rua Humaitá, 1680 - 14801-903 Araraquara-SP - FONE: 0xx16 33016432 - FAX: 0xx16 33016433

Araraquara, 12 de novembro de 2012.

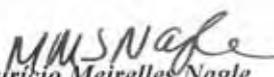
Ofício CEP-FO/CAr. nº 226/2012

Prezado Senhor:

O CEP, reunido em 7 de novembro de 2012, procedeu a análise do Relatório Parcial do projeto de pesquisa nº 34/11 intitulado "*AVALIAÇÃO DE PROTOCOLOS PARA COLAGEM DE BRACKETS CERÂMICOS COM VISTAS À PRESERVAÇÃO DA INTEGRIDADE DO ESMALTE DENTÁRIO*", de sua responsabilidade e, considerou-o APROVADO, bem como sua solicitação de prorrogação no prazo da pesquisa.

Lembramos que o relatório final deste projeto deverá ser apresentado em **MARÇO/2013**.

Atenciosamente


Prof. Dr. Mauricio Meirelles Nagle
Coordenador do CEP-FO/CAr.

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. EDSON ALVES DE CAMPOS
DD. Pesquisador Responsável

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservados ao autor)

Araraquara, 08 de Março de 2013.

Alexandre Protásio Vianna

