UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

HUGO MITSUO SILVA OSHIMA
Cirurgião – Dentista

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS UTILIZADOS EM ENSAIO MECÂNICO DE TRAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DA UNIÃO

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do **TÍTULO DE DOUTOR EM MATERIAIS DENTÁRIOS.**

Piracicaba – SP
2001

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

HUGO MITSUO SILVA OSHIMA
Cirurgião – Dentista

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS UTILIZADOS EM ENSAIO MECÂNICO DE TRAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DA UNIÃO

Orientador: Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do **TÍTULO DE DOUTOR EM MATERIAIS DENTÁRIOS.**

Este exemplar foi devidamente corrigido, de acordo com a Resolução CCPG-036/83
CPG, 16/05/01
Assinatura do Orientador

Piracicaba - SP
2001

UNICAMP

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 02 de Abril de 2001, considerou o candidato HUGO MITSUO SILVA OSHIMA aprovado.

1. Prof. Dr. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI _____

2. Profa. Dra. ROSANA ONO _____

3. Prof. Dr. VANDERLEI LUIZ GOMES _____

4. Prof. Dr. LOURENCO CORRER SOBRINHO _____

5. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES _____

Dedico este trabalho

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, Kusuo e Maria Eunice, que fizeram da educação dos filhos, o objetivo maior de suas existências

Ao meu irmão Humberto, pela amizade e apoio em todas as etapas da minha vida.

Agradecimentos Especiais

Ao Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, Assistente-Doutor da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, mais que um Orientador, um amigo, cuja competência cientifica, seriedade e objetividade, tornaram menos árdua a tarefa de concluir este trabalho

Ao Prof. Dr. Mario Fernando de Goes, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, por ter acreditado na minha capacidade e colaborando com meu ingresso na Docência.

Agradecimentos

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, nas pessoas do seu Diretor Prof. Dr. ***Antônio Wilson Sallum*** *e do Diretor Associado Prof. Dr.* ***Frab Norberto Bóscolo***.

À Direção da Faculdade de Odontologia, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, nas pessoas do seu Diretor Prof. ***Raphael Onorino Carlos Loro*** *e do Vice-Diretor Prof.* ***João Miguel Messina da Cruz****, pelo apoio para a realização do Curso de Pós-Graduação em nível de Doutorado.*

À Coordenadoria Geral de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, nas pessoas da sua Coordenadora, Profª Drª ***Altair Antoninha Del Bel Cury*** *e do Vice-Coordenador Prof. Dr.* ***Lourenço Correr Sobrinho***.

Aos Profs. da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, Dr. ***Simonides Consani*** *(Titular) e Dr.* ***Lourenço Correr Sobrinho*** *(Coordenador do Curso de Pós-Graduação), pela amizade e ensinamentos durante o Curso.*

À Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Odontologia da PUC-RS, Profª Drª ***Nilza Pereira da Costa****, pelo apoio para realização do Curso de Pós-Graduação em nível de Doutorado.*

Ao Técnico especializado da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, Engenheiro ***Marcos Blanco Cangiani****, pela amizade e auxílio prestado durante a realização do ensaio mecânico.*

Aos técnicos do Centro de Microscopia e Microanálise da PUC-RS, ***Augusto*** *e* ***Giovanna****, pelo auxílio na obtenção das fotomicrografias eletrônicas de varredura.*

A Sra. ***Selma A. Barbosa Segalla****, técnica da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela amizade e atenção prestadas durante o Curso de Pós-Graduação.*

A Profª Drª. ***Rosana Ono****, da Unidade de Odontologia Social e Preventiva da Universidade Federal de Uberlândia, por ter incentivado o meu ingresso no Curso de Pós-Graduação.*

Ao Prof. Dr. ***Vanderlei Luiz Gomes****, Titular da Disciplina de Prótese Total da Universidade Federal de Uberlândia, pelas oportunidades oferecidas durante o curso de Graduação e incentivo na carreira docente.*

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pela troca de experiências importantes para o nosso crescimento.

Aos colegas da Faculdade de Odontologia da PUC-RS, pela amizade e apoio.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

RESUMO ____ 1

ABSTRACT ____ 3

1. INTRODUÇÃO ____ 5

2. REVISÃO DA LITERATURA ____ 8

3. PROPOSIÇÃO ____ 28

4. MATERIAIS E MÉTODO ____ 29

4.1. MATERIAIS ____ 29

4.2. MÉTODO ____ 30

4.2.1. Preparação das amostras ____ 30

4.2.2. Preparação dos corpos-de-prova para o ensaio de tração. ____ 34

4.2.3. Análise da região fraturada em Microscopia Eletrônica de Varredura. ____ 43

5. RESULTADOS ____ 44

5.1. Ensaios de resistência à tração ____ 44

5.2. Análise morfológica da superfície fraturada após o ensaio de resistência à tração ____ 47

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ____ 50

7. CONCLUSÃO ____ 55

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ____ 56

ANEXO ____ 60

RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar *in vitro*, a influência de quatro métodos de tração sobre a resistência da união esmalte-resina composta. O método do Grupo A, empregou a matriz preconizada pela ISO TR 11405 e serviu como padrão para comparação com os demais aparatos utilizados. O método do Grupo B, empregou uma matriz com uma travessa metálica em uma das extremidades. Os métodos dos Grupos C e D empregaram matrizes com uma ou duas juntas universais articuladas. Foram utilizados 60 terceiros molares humanos hígidos e recém-extraídos, divididos em 4 grupos, os quais tiveram as raízes seccionadas e as coroas remanescentes separadas ao meio obtendo-se duas metades (face vestibular e face lingual). Em seguida, as porções assim obtidas foram incluídas com resina acrílica ativada quimicamente em tubos plásticos, e lixadas até se obter uma superfície plana em esmalte de pelo menos 4 mm de diâmetro. Em seguida, as superfícies de esmalte foram tratadas com o sistema adesivo Single Bond (3M), de acordo com as instruções do fabricante. Após este procedimento, a resina composta Z250 (3M) foi inserido no interior de um molde acrílico com formato de tubo, contendo 3 mm de diâmetro interno, firmemente adaptado à superfície tratada e fotoativado com um aparelho XL3000 (3M). Todos os procedimentos de união foram realizados utilizando a matriz preconizada pela ISO. Os corpos-de-prova assim obtidos foram armazenados a 37°C e 100% de umidade relativa, durante 1 hora, e posteriormente armazenados em água destilada a 37°C, por 23 horas. Após este período as amostras foram tracionadas

por um dos métodos propostos em uma máquina de ensaio universal Instron, a uma velocidade de 0,5 mm/min., até a ruptura. Os resultados obtidos foram transformados em MPa, e submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($p<0,05$). Todas as amostras foram observadas em M.E.V para verificação dos tipos de falha ocorridos em cada um dos grupos. Os resultados mostraram que a metodologia de tração empregada influenciou de maneira significativa nos valores de resistência de união encontrados e no coeficiente de variação de cada grupo. As fotomicrografias demonstraram que para o grupo D, as falhas foram sempre do tipo coesiva na resina composta. Já para os demais grupos (A, B e C), o tipo de falha predominante foi do tipo mista a qual era caracterizada por fratura coesiva na resina composta/coesiva na camada de adesivo ou em algumas situações, coesiva no substrato dental (Grupo A). Ainda para esses grupos (A, B e C), ocorreram falhas somente coesivas na resina composta, porém em número menor.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate *in vitro* the influence of four tensile test methods on the enamel-resin interface bond strength. The method of Group A was proposed as a standard ISO method. The method of Group B employed the metallic rod at on end. The methods of Groups C and D employed one or two universal joints. Sixty human extracted third molars, divided into four groups were used. The roots were sectioned and the dental crowns divided in the middle to obtained two portions (buccal and lingual). The portions were embedded in self-curing acrylic resin and ground to obtain a flat enamel surface. The enamel surface was treated with Single Bond adhesive system (3M), in accordance with manufacturer's instructions. After this procedure, a light-activated resin composite (Z 250, 3M) was placed in an acrylic mold with 3 mm in diameter and firmly adapted on a treated surface and cured with a lamp (XL 3000, 3M). All bond procedures was made with an ISO assembly specially designed for this purpose. The samples were stored in 100% relative humidity and 37 °C for 1 hour, and then, in distilled water at 37°C for 23 hours. After the storage time, the samples were loaded in tension in an Instron Universal Testing Machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min., until failure. The results (MPa) were submitted to ANOVA and Tukey's test ($p<0.05$). All samples were observed in S.E.M to verify the failure pattern into the Groups. The results showed that the tensile methods affect significantly the bond strength data and the coefficient of variation observed. The photomicrographs showed that failures were always cohesive in composite for the Group D. For the Groups A, B and C, the

predominantly failures were mixed, or cohesive in composite and adhesive. Cohesive failures of the enamel were observed into the Group A. This Groups (A, B and C), showed cohesive failures in composite in a few samples.

1. INTRODUÇÃO

Desde que BUONOCORE, em 1955, verificou a possibilidade de se unir um material restaurador ao esmalte dental e posteriormente à dentina (BUONOCORE *et al.*, 1956), os ensaios de resistência de união tornaram-se bastante freqüentes como ferramentas capazes de classificar e comparar, de maneira quantitativa e até mesmo qualitativa, os diversos materiais restauradores que surgiram desde então no mercado odontológico (DELLA BONA & VAN NOORT, 1995; SUDSANGIAM & VAN NOORT, 1999).

Os testes laboratoriais com estes materiais também se tornaram freqüentes por consumirem menor tempo e permitirem avaliar a resistência de união aos tecidos mineralizados do dente, infiltração marginal e dimensão da fenda na interface dente-restauração (RETIEF, 1991).

Diversos métodos de ensaio são empregados para a mensuração da resistência de união, sendo os métodos de cisalhamento e tração os mais utilizados. A grande dificuldade encontrada é a falta de padronização entre os pesquisadores que empregam metodologias diferentes para o mesmo tipo de teste, o que dificulta a comparação posterior entre os resultados dos diversos trabalhos (ØILO, 1993; VAN NOORT et al., 1989). Variáveis como tipo de tratamento superficial (RETIEF, 1986; VISURI et al., 1996), termociclagem (ØILO & AUSTRHEIM, 1993), concentração e tipo do ácido condicionador (HOLTAN et al., 1995), tempo de condicionamento (BARKMEIER et al., 1986), viscosidade e

osmolaridade dos condicionadores ácidos (PASHLEY, 1992), aplicação de carga e diferenças nas propriedades elásticas dos materiais (∅ILO, 1993), também são importantes fatores que influenciam na determinação dos valores de resistência de união, tanto no método de tração como no de cisalhamento. Outro aspecto pouco valorizado pelos autores é a utilização de um mesmo aparato para a realização dos ensaios mecânicos. O que se observa é a existência de diversos dispositivos, cada um com características próprias e que nem sempre produzem o esforço mecânico desejado, ou seja, forças perpendiculares à superfície de união para o ensaio de tração e forças paralelas à superfície de união para o ensaio de cisalhamento (∅ILO, 1993). Assim, em 1991, um grupo de pesquisadores trabalhando para *International Organization for Standardization* (ISO), criaram uma normatização denominada de TR 11405, a qual tem por objetivo padronizar os testes de união à estrutura dental.

Nesta especificação são encontradas diretrizes que vão desde a obtenção e armazenagem dos dentes, até os aparatos mecânicos que deveriam ser empregados para os ensaios de tração e cisalhamento. Apesar do empenho destes pesquisadores, o que se observa na literatura é a pouca utilização desta norma para elaboração dos ensaios mecânicos, além de críticas quanto aos parâmetros ali estabelecidos (SHERIFF, 1993). Desta forma, a comparação dos resultados obtidos pelos autores bem como entre os diversos aparatos metodológicos existentes e aqueles preconizados pela ISO torna-se extremamente difícil.

Por ser o cisalhamento um método empregado em grande parte das publicações que mensuram a resistência de união (AL-SALEHI & BURKE, 1997), a comparação entre os resultados dos diversos autores torna-se uma tarefa menos árdua. O mesmo não acontece com o teste de tração, o qual está presente, segundo AL-SALEHI & BURKE (1997), em apenas 18% das investigações que realizam ensaios mecânicos. Isso se deve principalmente à dificuldade de obtenção de perpendicularidade no momento da realização do ensaio mecânico.

Desta forma, devido à escassez de trabalhos na literatura que comparam aparatos metodológicos entre si, julgamos válido realizar a comparação de três tipos de aparatos utilizados para o ensaio de tração com aquele preconizado pela *International Organization for Standardization*.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Visando avaliar a resistência da união da resina acrílica ao esmalte dental, BUONOCORE, em 1955, realizou o tratamento da superfície do esmalte dental com ácido fosfórico a 85% pelo tempo de 30 segundos. Para a realização dos ensaios mecânicos, o autor utilizou discos de resina acrílica com 5 mm de diâmetro, os quais eram unidos ao esmalte previamente condicionado. O tratamento proposto aumentou os valores de resistência de união, o que segundo o autor era devido ao aumento da área de superfície e o aumento da capacidade de umedecimento do substrato.

Em 1956, BUONOCORE *et al.* relataram as propriedades de uma resina capaz de se unir à superfície da dentina humana. Para a realização do estudo, foram utilizados dentes humanos os quais foram incluídos em resina acrílica e desgastados até obter uma área plana em dentina sobre a qual foi colocada uma folha de alumínio, delimitando a área a ser avaliada. Esta área foi coberta com uma camada de resina com 1,0 a 1,5 mm de espessura e, em seguida, polimerizada. A resistência de união da resina foi obtida pela medida da força aplicada num ângulo reto sobre a superfície da dentina, até a ruptura. Eles observaram que o adesivo de resina acrílica se uniu fortemente à superfície dentinária. A força de união foi praticamente duplicada pelo ataque ácido da dentina, antes da aplicação do adesivo resinoso, e mostrou ter boa resistência após imersão em água. Para a

superfície dentinária sem tratamento, a união foi de 28 kgf/cm^2 , reduzindo para 15 kgf/cm^2 após 3 meses de imersão em água. Já para as superfícies tratadas com condicionador ácido, a resistência de união inicial foi de 53 kgf/cm^2 e reduziu para 28 kgf/cm^2 após 5 meses de imersão em água. Os autores sugeriram que esta união é devida a uma combinação química entre um dos constituintes do adesivo e a matéria orgânica da dentina e que o tempo de imersão afeta adversamente a resistência de união.

Em 1986, RETIEF *et al.* estudaram a resistência de união de quatro agentes de adesão à dentina através de ensaios de tração e avaliaram o efeito dos procedimentos restauradores na interface resina-dentina. Foram usados no experimento 72 dentes incisivos centrais permanentes, cujas faces vestibulares foram desgastadas com lixa de carbeto de silício de granulação n º 600 até expor a dentina. Os seguintes sistemas adesivos foram avaliados: Scotchbond, aplicado sobre superfície da dentina não tratada, e a resina composta P10 (A); Scotchbond, aplicado sobre a dentina condicionada com ácido cítrico, e o P10 (B); J&J. Dentin Bonding Agent aplicado sobre a dentina não tratada, e a resina composta Adaptic (D); Creation Bonding System aplicado sobre a dentina condicionada com Den-Mat Cavity Cleanser, e a resina composta Spectrabond (E); Dentin-Adhesive System aplicado sobre a dentina tratada com Vivadent Dentin Conditioner, e a resina composta Isopast (F). Os resultados em (MN.m^{-2}) na ordem decrescente foram: D=3,0; B=0,9; F=0,1; A=0,1; E=0. De acordo com os resultados os autores concluíram que os sistemas de união à dentina denominados de primeira e segunda

geração apresentavam baixos valores de resistência à união em estudos "in vitro" e que não obteriam sucesso nas situações clínicas.

Em 1986, BARKMEIER *et al.* avaliaram o esmalte condicionado pelo ácido fosfórico a 37%, na forma de gel, durante 15 e 60 segundos, através da observação das características morfológicas da superfície em M.E.V. e pela determinação da resistência ao cisalhamento usando uma resina restauradora fotoativada. Quarenta dentes pré-molares humanos extraídos foram desgastados com lixas de granulação 240 e 600, até a obtenção de uma superfície plana e divididos em dois grupos de 20 dentes cada. Após a profilaxia, as amostras do grupo 1 foram condicionadas com ácido fosfórico a 37%, por 15 segundos, e as do grupo 2, por 60 segundos. Em seguida, foi aplicado o agente de união (Prisma Bond), seguido pela inserção da resina composta (Prisma-fill), através de uma matriz plástica cilíndrica (3 mm de altura x 3,7 mm de diâmetro), polimerizado e o corpo-de-prova armazenado em água destilada por 7 dias a 37 °C. Em seguida, as amostras foram tracionadas em uma máquina de ensaio universal Instron usando velocidade de 5 mm por minuto. As fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura demonstraram que não existiu diferença no padrão de condicionamento ácido do esmalte entre os tempos de 15 e 60 segundos. Os resultados também mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) na resistência ao cisalhamento na superfície do esmalte condicionado durante 15 ou 60 segundos.

VAN NOORT *et al.*, em 1989, realizaram um estudo para mensurar a sensibilidade dos valores de resistência de união às mudanças nas condições de teste utilizando para isso a análise de tensão por elemento finito. Os resultados mostraram que os valores de resistência de união tanto ao teste de tração quanto ao teste de cisalhamento são altamente dependentes tanto da geometria dos aparatos de teste quanto da forma, tamanho e módulo de elasticidade dos materiais envolvidos. Segundo os autores, no teste de cisalhamento a aplicação de carga através de um fio metálico sem o auxílio de aparato para assegurar que o ponto de aplicação da carga seja idêntico em todos os casos poderia gerar diferentes distribuições de tensão e conseqüentemente, diferentes valores de falha. Já para o teste de tração, o uso de um fio embutido na resina composta poderia promover uma aplicação de carga concentrada o que requereria um cilindro de resina extremamente longo para permitir o estabelecimento de uma tensão uniforme. Segundo os autores, esses achados alertam para a necessidade de padronização dos procedimentos de teste, para que uma comparação universalmente válida dos valores obtidos para os diferentes agentes de união possa ser realizada.

ØILO & OLSSON, em 1990, compararam os valores de resistência à tração de quatro sistemas adesivos sob duas condições de armazenagem, dois locais de união e dois tipos de teste de tração. Utilizaram 160 dentes molares humanos recém-extraídos, que foram incluídos em resina epóxica. Em seguida, os dentes foram divididos em dois grupos. No primeiro grupo, os dentes foram desgastados até se obter uma área plana de dentina na face oclusal e, no segundo

grupo, na face vestibular. Após, foram construídos corpos-de-prova de resina composta sobre a área de dentina tratada com um dos sistemas adesivos avaliados, de acordo com a técnica de tração utilizada, ou seja, os corpos-de-prova eram cilíndricos ou em forma de Vê. Metade das amostras de cada grupo foram estocadas em água a 37 °C por 24 horas e a outra metade termociclada 5000 vezes em banhos de 7 °C e 60 °C. A máquina de testes utilizada foi uma Instron, modelo 1121, a uma velocidade constante de 1 mm/min.. Os autores concluíram que o tipo de dentina (vestibular ou oclusal), assim como o método de tração utilizado alterou os valores de resistência de união de maneira significativa. Com o segundo método, se obteve resultados três vezes maiores para um material (Gluma) quando se utilizou o mesmo tipo de dentina. Os valores de resistência de união na face vestibular dos dentes foram cerca de 20% a 50% maiores do que aquele encontrados na face oclusal. Concluíram, ainda, que para três materiais estudados (Tenure e Scotchbond 2 e Dual), a termociclagem reduziu significativamente os valores de resistência de união.

Em 1991, RETIEF descreveu em seu estudo alguns aspectos sobre a necessidade de se padronizar os testes de adesão em laboratório. Ele verificou que para avaliar os valores de resistência de união, muitos fatores exercem influência marcante nos resultados, como tipo e face do dente, tempo de armazenagem, meio de imersão, preparação da superfície e tipo de teste utilizado. No entanto, as forças exercidas clinicamente sobre as restaurações ou sobre o dente são de natureza complexa e nem tração ou cisalhamento simulam as forças intraorais. Quando uma resina composta unida a uma superfície plana é carregada em tração ou

cisalhamento, a distribuição através da interface de união é extremamente irregular. O autor verificou ainda que variáveis dentro de um mesmo teste afetam os valores de resistência de união. O autor concluiu afirmando que devido à grande variação nas metodologias dos testes, os resultados obtidos em diferentes laboratórios não podem ser comparados. Ainda, os resultados de adesão encontrados em testes de laboratório não devem ser extrapolados para a clínica, servindo apenas como orientação.

Em 1991, VAN NOORT *et al.* realizaram um estudo para verificar o efeito da geometria da interface dentina-resina sobre os valores de resistência de união e a distribuição de esforços nesta interface utilizando análise de esforços por elemento finito. Para isso, foram utilizados 24 dentes molares humanos embutidos em resina de poliéster os quais tiveram suas faces oclusais desgastadas até se obter uma área plana de dentina. Em seguida foi aplicado o "primer" do sistema adesivo Scotchbond 2 (3M), de acordo com as instruções do fabricante. As amostras foram divididas em 2 grupos de 12 amostras cada. No primeiro grupo foi aplicado o adesivo do sistema Scotchbond 2 somente na área ensaiada e no segundo grupo, o adesivo foi aplicado em excesso nas margens. Em seguida, foram construídos cilindros de resina composta sobre a área tratada com 4 mm de diâmetro por 6 mm de altura utilizando uma matriz de teflon. As amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas a 37°C e tracionadas numa máquina de testes universal Lloyd. Os resultados mostraram que quando houve um excesso de adesivo, o valor médio foi estatisticamente superior em relação ao grupo que não tinha excesso. Os autores concluíram que

uma extensão do adesivo além do cilindro de resina composta produz um valor de resistência de união à dentina artificialmente mais alto. Uma padronização nos testes de resistência de união seria necessária e urgente.

Em 1992, PASHLEY relatou alguns fatos sobre o efeito do ataque ácido sobre o complexo dentina-polpa. Ele afirmou que o ataque ácido sobre a dentina, usado por muitos sistemas adesivos para remover a "smear layer", permite uma união direta com a matriz dentinária. Estudos anteriores relataram que a técnica de ataque ácido promove reações severas ou moderadas na polpa e que há uma alta probabilidade de que a irritação pulpar pode ser devida à infiltração de bactérias e seus produtos. Como estas reações parecem não mais acontecer com os novos sistemas adesivos, ficou estabelecido que se pode condicionar a dentina desde que se use um destes sistemas adesivos modernos. Para isso, é preciso que o adesivo possua grupamentos hidrófilos, já que com o ataque ácido, há um aumento da permeabilidade dentinária. Afirmou ainda, que o condicionador ácido é um importante fator no processo de união com a estrutura dentária. Fatores como o tipo de condicionador, pKa, pH, tempo de aplicação e concentração, influem diretamente nos valores de união com a dentina. Além disso, seria necessário que o condicionador ácido possuísse uma viscosidade e osmolaridade adequada para não atingir diretamente a polpa durante o procedimento de condicionamento ácido. O autor conclui que há uma tendência para se usar concentrações baixas de ácido por um tempo curto e que há um futuro promissor para o uso de sistemas adesivos sobre a dentina condicionada com ácido.

ØILO, em 1993, relatou em seu estudo fatores que podem afetar os valores de resistência de união em testes laboratoriais, como o tipo de ensaio utilizado, tempo de armazenagem das amostras, tipo e qualidade do substrato, e forma de manipulação do material. Quanto aos tipos de ensaios mais empregados, dois são os mais conhecidos e descritos na especificação da I.S.O. O primeiro é o ensaio de tração, no qual a força de trabalho é aplicada num ângulo de 90° (perpendicular) com a superfície do dente. O segundo é o ensaio de cisalhamento, no qual a força de trabalho é aplicada paralelamente à superfície do dente. Segundo o autor, comparando os dois ensaios, o ensaio de resistência ao cisalhamento, em alguns casos, exibe resultados mais altos do que teste de resistência à tração, mas seguindo uma mesma classificação para os mesmos produtos. Já para alguns casos, os valores são confusos devido à variabilidade de fatores que podem afetar a adesão como o tipo e os detalhes de cada ensaio, o tipo e a qualidade do esmalte e dentina, as condições de armazenagem antes do ensaio e também a qualidade do material, bem como sua forma de manipulação. O autor conclui no seu estudo que uma padronização dos ensaios é necessária e urgente, para se obter valores comparáveis capazes de serem usados por cirurgiões-dentistas e futuramente ajudar no desenvolvimento dos sistemas adesivos.

Também em 1993, ØILO & AUSTRHEIM compararam o efeito do cisalhamento e da tração na resistência de união sobre esmalte e dentina. Também verificaram as condições de armazenagem das amostras sobre os valores de resistência de união. Para isto eles utilizaram 4 sistemas adesivos com as respectivas resinas compostas, divididos em 4 grupos: o Gluma / Pekafill (Bayer), o

Scotchbond 2 / Silux Plus (3M), o Scotchbond Multi Purpose / Silux Plus (3M), e o Syntac / Heliomolar (Vivadent). As amostras foram confeccionadas a partir de terceiros molares humanos, que tiveram suas superfícies vestibulares desgastadas com lixas de carbeto de silício de granulação 1000, até expor uma área plana de dentina com 4 mm de diâmetro. Em seguida, foram aplicados os sistemas adesivos em cada grupo, subdividido em três subgrupos. No primeiro, foi feito o ensaio de tração após armazenagem de 24 horas; no segundo, foi feito o ensaio de cisalhamento após armazenagem de 24 horas; e no terceiro subgrupo foi feito o ensaio de cisalhamento após termociclagem. Sobre a superfície das amostras de cada grupo, foram confeccionados cilindros de resina composta a partir de moldes plásticos com formatos específicos para cada ensaio. Após o tempo de armazenagem ou termociclagem, as amostras foram levadas a uma máquina de ensaios universal até a fratura das amostras. Os resultados obtidos mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois tipos de ensaios usados com o tempo de armazenagem de 24 horas. Além disso, foi observado que o valor de resistência de união ao cisalhamento não foi alterado para o produto Gluma, quando houve a termociclagem, o que não ocorreu para os produtos Scotchbond Multi-Purpose e Syntac, que tiveram resultados mais altos, e o Scotchbond 2, que obteve resultados mais baixos quando houve a termociclagem. Foram feitas também observações em M.E.V., e ficou claro que conforme os valores de resistência foram aumentando, as falhas coesivas na dentina também aumentaram em quantidade. Os autores concluíram que tanto o ensaio de resistência à tração como o de cisalhamento, parecem mostrar valores de

comparável magnitude e são ensaios igualmente representativos para um estudo "in vitro" dos sistemas adesivos.

Ainda em 1993, TAKEMORI *et al.* realizaram um estudo visando analisar fatores que poderiam afetar a resistência à tração de resinas compostas sobre a dentina. Para isso, foram utilizadas superfícies dentinárias planas de dentes humanos extraídos e previamente limpos com 0,5 mol/l de EDTA e pré-tratados com uma solução de gliceril metacrilato a 35%. Para os procedimentos de união foram utilizados um adesivo fotoativado (Clearfil New Bond, Kuraray) e uma resina composta (Silux Plus, 3M), ambos disponíveis comercialmente. Os fatores analisados foram: 1) embutimento ou não das amostras em resina epóxica, 2) espessura das amostras; 3) velocidade do teste, 4) tempo de armazenagem das amostras, e 5) profundidade do substrato dentinário. Somente a espessura mostrou exercer influência sobre a resistência de união, sendo que os menores valores foram encontrados quando se empregaram amostras extremamente finas (cerca de 1mm). Segundo os autores, ainda que seja extremamente difícil padronizar o metódo de mensuração da resistência de união, incluindo o preparo do substrato é necessário um esforço no sentido de padronizar alguns ou todos os passos do procedimento de teste, no sentido de minimizar diferenças metodológicas entre os pesquisadores.

SHERIFF, em 1993, relata em um artigo de revisão que o único método realista para avaliação de sistemas adesivos é através de teste "in vivo". Entretanto, problemas éticos e experimentais deste tipo de pesquisa fazem com que testes "in vitro" sejam realizados, ainda que estes não possam ser

correlacionados com os experimentos "in vivo". O artigo ainda critica a normatização proposta pela ISO, a qual atesta que a resistência de união somente pode ser mensurada através de tração ou cisalhamento puro. Segundo o autor, a norma não aborda fatores importantes como a espessura da película de adesivo e a análise do tipo de falha, além de recomendar que apenas o valor médio de resistência de união deveria ser registrado.

Em 1994, a ISO lançou uma versão atualizada da especificação TR 11405. Esta foi desenvolvida em 1991, por um grupo de pesquisadores, e se constitui numa norma específica para os testes de adesão à estrutura dental com o objetivo de padronizá-los. Este documento descreve vários tipos de testes como o de formação de fenda na interface dente restauração, microinfiltração, qualidade dos materiais, uso clínico e resistência de união. Entre os testes de resistência de união estão o teste de tração e o de cisalhamento. Com relação ao teste de cisalhamento, a norma descreve um aparelho constituído parte por uma luva metálica que aloja a amostra e parte por uma chapa metálica com 5 mm de espessura, fixada paralelamente à luva metálica que possui três orifícios com diâmetro de 3, 5 e 10 mm, utilizados de acordo com o tamanho da amostra. Cada orifício possui uma angulação de 45 $^{\circ}$ e a parte que faz a punção na amostra é plana e com 1 mm de largura, formando um ângulo reto. Para o teste de tração, a matriz é composta de duas partes, uma para o alinhamento do corpo-de-prova durante o procedimento de união e outra para o ensaio mecânico propriamente dito. A matriz para o procedimento de união é constituída por duas hastes que são

apoiadas em um bloco com um entalhe central em formato prismático, sendo que as hastes possuem locais apropriados em suas extremidades para alojar a amostra e o material restaurador. Já a matriz de tração é constituída por um bloco metálico com um orifício central apropriado ao posicionamento do corpo-de-prova, o qual por sua vez é fixado a duas hastes que trespassam o bloco no sentido do seu longo eixo. Esse conjunto é fixado à máquina de ensaio universal no momento do teste. Além disso, a preparação das amostras, armazenagem dos dentes, tratamento estatístico dos resultados, estão sendo também padronizados para facilitar a comparação direta dos valores alcançados por diferentes pesquisadores.

Em 1994, BURROW *et al.* realizaram um estudo para avaliar a resistência à tração de vários sistemas adesivos sobre esmalte e dentina dentro dos períodos de 1 minuto, 10 minutos e 24 horas (em água destilada a 37 °C), após a confecção dos corpos-de-prova. Os períodos de 1 e 10 minutos foram considerados iniciais e segundo os autores, teriam importância quanto à formação de fendas entre o dente e o material restaurador. Para a realização do estudo, foram utilizados incisivos inferiores bovinos os quais tiveram suas superfícies vestibulares planificadas com lixas de carbeto de silício de granulação 600, sendo deixadas somente em esmalte ou em dentina de acordo com os grupos testados. Em seguida, a superfície de união previamente delimitada com uma fita adesiva com um orifício de 4 mm de diâmetro, recebeu os sistemas adesivos a serem testados (Photobond/Kuraray, PAAMA2/SDI, New Bond/Kuraray, Superbond/Sun Medical, Liner Bond/Kuraray e dois adesivos experimentais/Universidade de Nihon), os quais foram unidos a cilindros de resina composta que possuíam alças para fixação à

máquina de ensaio universal. Após os períodos de armazenagem, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em uma máquina Shimadzu (modelo AG-500B), a uma velocidade de 2mm/min. A resistência de união para os estágios iniciais (1 e 10 min.) foi sempre menor que para o período de 24 horas. Já comparando os substratos testados, a resistência de união em dentina foi sempre menor que em esmalte, com exceção dos adesivos Superbond e Liner Bond. A resistência de união em esmalte para os grupos estudados atingiu um valor médio de 14 MPa. As fotomicrografias obtidas em M.E.V. mostraram falhas coesivas na resina composta em metade das amostras que empregaram o esmalte como substrato o que, segundo os autores, indicaria uma resistência de união superior à própria resistência coesiva do material.

WATANABE & NAKABAYASHI, em 1994, descreveram alguns fatos sobre os métodos utilizados no Japão para se mensurar a união da resina composta sobre a dentina. Os métodos mais utilizados são o teste de tração e o de cisalhamento, apesar de existir um terceiro teste chamado "push-out test". Segundo os autores, o teste de tração é o mais usado, apesar de ser mais difícil produzir tensão perpendicular à superfície de união em estudo. Com isso, pode haver uma distorção nos valores devido ao movimento de deslocamento lateral das amostras. Para o teste de cisalhamento, a obtenção dos corpos-de-prova é mais fácil, além dos mesmos sofrerem menor influência durante o carregamento. No entanto, a fratura parece sempre começar no ponto em que o bisel atinge a amostra. Portanto fica difícil padronizar um método mais adequado já que ambos tem vantagens e desvantagens. O procedimento de termociclagem parece influenciar mais os testes

de tração do que o de cisalhamento, já que o teste de cisalhamento não pode ser mensurado como um efeito adverso ao aquecimento da dentina. Após a termociclagem , o número de fraturas coesivas na dentina parece aumentar em virtude de uma deterioração da dentina com o aquecimento. Concluíram que todos os métodos e metodologia existentes tentam alcançar completamente "in vitro" as mesmas condições que os materiais teriam "in vivo" e, que isso pode ser o alvo de futuras investigações.

DELLA BONA & VAN NOORT, em 1995, verificaram o efeito da distribuição de esforços durante a realização dos testes de resistência ao cisalhamento sobre porcelana, utilizando a análise de esforços de elemento finito, bem como o tipo de falha ocorrida, quando uma variedade de arranjos nos testes foi utilizada. Para isso, foram confeccionadas amostras de porcelana e resina composta que foram incluídas em resina acrílica. Sobre estas superfícies foram construídos cilindros de resina composta ou porcelana de acordo com o tratamento realizado, ou seja, no grupo A, foram construídos cilindros de resina composta sobre a base de porcelana; no grupo B, a base era de resina composta e o cilindro de porcelana; e no grupo C, tanto a base quanto o cilindro foram construídos com resina composta. Para o ensaio de cisalhamento foi utilizada uma máquina de ensaio universal Lloyd M5K e o carregamento nos cilindros foi realizado com um cinzel posicionado o mais próximo possível da interface base-cilindro. Paralelamente, neste estudo, os autores também verificaram a resistência de união à tração para os mesmos materiais. Pelos resultados eles observaram que os valores de resistência ao cisalhamento para as amostras do grupo A foi inferior

estatisticamente aos valores dos grupos B e C. Quanto ao tipo de falha ocorrida, metade das amostras do grupo A tiveram falha coesiva na base de porcelana e a outra metade falha adesiva. No grupo B, 80% das falhas foram coesivas na base de resina composta e os 20% restantes foram falhas adesivas. No grupo C, 100% das amostras tiveram falha coesiva na base de resina composta. Já no teste de tração, as falhas sempre foram adesivas e isso levou os autores a concluir que o teste de tração seria o mais indicado, já que o teste de cisalhamento pareceu ser inadequado para mensurar a resistência de união da interface porcelana-resina composta. Pequenas variações neste tipo de teste como geometria da amostra, ponto de carregamento e tipo de carregamento, fornecem valores de resistência de união diferentes, fato este atribuído à não uniformidade dos esforços induzidos na interface durante o carregamento. Além disso, a distribuição da tensão ao longo da interface tem uma grande influência no modo de falha. Ainda, segundo os autores, o teste de tração teria um arranjo menos complexo e mais apropriado para se avaliar a resistência de união da interface porcelana-resina composta.

Ainda em 1995, HOLTAN *et al.* compararam a resistência de união ao cisalhamento sobre esmalte utilizando o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose após o condicionamento com ácido maleico a 10%, oxálico a 1,6% e fosfórico a 10% e 35%. Foram utilizados os tempos de condicionamento de 15, 30 e 60 segundos. Após o preparo e condicionamento da superfície, o produto Scotchbond Multi-Purpose foi aplicado seguindo as instruções do fabricante. Foram confeccionados cilindros da resina composta Silux Plus sobre a superfície tratada e

após, as amostras foram termocicladas 1000 vezes, com banhos entre 5°C e 55°C e levadas a uma máquina de ensaio universal (Instron) para o ensaio de cisalhamento. Os autores verificaram que os mais altos valores de resistência de união foram alcançados com o ácido fosfórico a 10% e 35%. Em seguida, ficou o ácido maleico a 10% e o ácido oxálico a 1,6% obteve os menores valores de resistência de união. Os autores observaram que os tempos de 15, 30 e 60 não diferiram estatisticamente entre si mas, numericamente, o valor máximo foi alcançado pelo ácido fosfórico a 10% por 30 segundos de condicionamento.

Em 1996, VISURI *et al.* verificaram o efeito do tratamento superficial da dentina com o laser Er:YAG e compararam com o tratamento convencional através da utilização da turbina de alta rotação e condicionador ácido. Para isto, foram utilizados 60 dentes molares humanos que foram preparados com o laser Er:YAG ou com brocas de carboneto de tungstênio, seguidos ou não de condicionamento ácido. Um perfilômetro (Alpha-step 200, Tencor Instruments) foi utilizado para certificar que a mesma rugosidade superficial fosse alcançada com a broca ou com o laser. Após isto, cada grupo foi subdividido em dois, ou seja, um foi condicionado com ácido fosfórico a 10% e outro não. Em seguida, um cilindro de resina composta (TPH, Caulk-Dentsply) foi unido à superfície dentinária utilizando o adesivo Pro-Bond (Caulk-Dentsply). As amostras foram levadas à máquina de ensaio universal (Instron) numa velocidade de 2,5 mm/min., até a falha ocorrer. Os dados indicaram que as amostras irradiadas com o laser Er:YAG tiveram resultados estatisticamente superiores aos demais grupos que foram condicionados com ácido fosfórico ou apenas com a superfície tratada com broca e alta-rotação. Os autores

concluíram afirmando que a preparação da dentina com o laser Er:YAG deixa uma superfície mais fortalecida para a união com os materiais resinosos.

Em 1997, AL-SALEHI & BURKE realizaram uma revisão de literatura composta de 50 artigos, onde os principais métodos utilizados para análise da resistência de união à dentina foram analisados. Segundo os autores, os testes de cisalhamento predominam sendo utilizados em 80% dos estudos analisados e o teste de tração em apenas 18%. Quanto ao substrato, a dentina de molares humanos foi utilizada em 88% das investigações e o período de teste mais freqüente foi o de 24 horas após a confecção das amostras. Ainda, segundo os autores, outras variáveis importantes como a espessura de película do adesivo, o tipo de dentina testada e as condições do substrato (seco ou úmido), não foram analisadas. O modo de falha foi relatado em apenas 42% dos artigos. Os autores concluem dizendo que existe pouca padronização nos métodos de teste analisados e que uma maior padronização poderia aumentar o significado clínico dos estudos de resistência de união dentina-resina.

Em 1998, CARDOSO *et al.* avaliaram a resistência de união de três sistemas adesivos à dentina, utilizando os testes de tração, microtração e cisalhamento. Para isso, foram utilizados molares humanos extraídos os quais foram incluídos em resina acrílica e tiveram a dentina exposta em três das faces lisas. Cada uma das faces foi preparada de acordo com o tipo de teste a que seriam submetidas. Para os testes de tração e cisalhamento, os sistemas adesivos (Single Bond/3M, Scotchbond Multi-Purpose Plus/3M e Etch&Prime

3.0/Degussa) foram aplicados às superfícies dentinárias e cones de resina composta (Z100/3M) foram construídos. O teste de cisalhamento foi realizado com um cinzel e o de tração através de um grampo, o qual foi preso ao cone de resina composta no momento do ensaio. Para a confecção das amostras de microtração, a resina composta foi aplicada em toda a extensão de uma das faces expostas em dentina, previamente tratada com um dos sistemas adesivos, até a altura de 5 mm. Em seguida, um disco diamantado posicionado perpendicularmente à área de união foi utilizado para obtenção de bastões com 0,25 mm^2 de secção transversal, os quais foram submetidos ao esforço de tração. O adesivo Single Bond apresentou os maiores valores de resistência de união em todos os grupos estudados, apesar de não haver diferença estatística significativa entre os adesivos ($p>0,05$) quando foi utilizado o teste de microtração. Os testes de tração e cisalhamento apresentaram os maiores coeficientes de variação (57,81% e 52,48%, respectivamente). Já o teste de microtração apresentou um coeficiente de variação de 33,67%, o que foi explicado pela pequena interface adesiva utilizada, a qual contém poucos defeitos quando comparada com interfaces maiores como àquelas utilizadas nos testes de tração e cisalhamento.

SUDSANGIAM & VAN NOORT, em 1999, afirmam que os testes de resistência de união, embora não perfeitos, têm auxiliado no desenvolvimento e melhoramento dos sistemas adesivos e técnicas restauradoras. Entretanto, esses testes estariam na dependência do método usado e os valores obtidos deveriam ser cuidadosamente interpretados, pois os fatores que levam uma interface adesiva a resistir à fratura são complexos e não podem simplesmente ser

correlacionados com valores numéricos. Ainda segundo os autores, novos métodos de teste deveriam ser desenvolvidos para auxiliar os pesquisadores no avanço dos sistemas adesivos.

SINHORETI, em 2001, realizou um estudo visando comparar a influência dos sistemas de carregamento fio ortodôntico, fita de aço inoxidável e cinzel, usados em testes de união ao cisalhamento, para verificar a resistência na interface dentina-resina. Foram utilizados 48 dentes humanos divididos em 3 grupos, cujas raízes foram seccionadas e as coroas dentais incluídas em tubo plástico com resina acrílica autopolimerizável. Os dentes foram desgastados até obter uma superfície lisa e plana, posteriormente delimitada com fita adesiva contendo um orifício de 4 mm de diâmetro. Em seguida, a superfície da dentina foi tratada com o produto Scotchbond Multi Purpose Plus (3M) e a resina composta restaurador Z-100 (3M) foi aplicado em camadas, através de uma matriz de aço inox (4 mm de diâmetro por 5 mm de altura), e polimerizadas durante 40 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados a 37°C e 100% de Umidade Relativa, por 24 horas e metade das amostras de cada grupo submetida a 500 ciclos térmicos com banhos a 5°C e 60°C, intercalados com banhos de 37°C. Após a termociclagem, os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de resistência ao cisalhamento em uma máquina de ensaio universal Otto Wolpert, com velocidade de 6 mm/min.. Em seguida, os corpos-de-prova representativos de cada grupo foram examinados em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey em nível de 5% de significância. Pode-se concluir que as variações nas metodologias dos

testes resultaram em diferentes valores de resistência ao cisalhamento, independente da termociclagem. Os valores dependem de uma complexa combinação de esforços e resultantes produzidas durante o carregamento das amostras. As fotomicrografias mostraram que para o sistema de carregamento com fita metálica, as falhas foram sempre coesivas no adesivo. Para o fio ortodôntico as falhas mais comuns foram do tipo coesiva na resina composta. Já para o cinzel, as falhas foram mistas, ou seja, coesivas no adesivo e na resina composta.

3. PROPOSIÇÃO

A literatura consultada mostrou que o método de tração é pouco utilizado pelos autores que avaliam resistência de união, principalmente pela dificuldade de realização. Além disso, existem diversos aparatos metodológicos visando o mesmo objetivo, o que dificulta a comparação de resultados entre os diversos pesquisadores, levantando a dúvida de qual seria o método mais adequado para produzir esforço perpendicular à superfície de união, buscando alcançar a tração pura.

Desta forma, seria oportuno realizar a comparação de três sistemas utilizados para tração com àquela preconizada pela *International Organization for Standardization*. Além disso, observar a região fraturada através de microscopia eletrônica de varredura, para caracterizar o tipo de falha ocorrido em cada um dos grupos estudados.

4. MATERIAIS E MÉTODO

4.1. MATERIAIS

Foi utilizado neste estudo um sistema de união de frasco único, recomendado para uso em esmalte e dentina, juntamente com o condicionador ácido específico. Em combinação com o sistema de união, foi utilizado uma resina composta desenvolvida e comercializada pelo próprio fabricante do sistema adesivo. A descrição do sistema adesivo e da resina composta, bem como a composição e respectivo lote destes materiais, podem ser visualizadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Descrição da resina composta restauradora utilizado no estudo.

Resina composta	Composição *	Fabricante	Lote
Z-250 (cor A3,5)	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, Zircônia / Sílica	3M Dental Products St. Paul, MN	OCE 9BG

*Informações do fabricante (bula)

Tabela 2 - Descrição do sistema adesivo utilizado no estudo.

Sistema Adesivo	Condicionador (tempo)	Composição**	Lote
Single Bond	ácido. fosfórico a 35% (15 segundos)	Bis-GMA, HEMA, ácido polialcenóico, etanol, água,ácido poliitacônico, DMA, fotoiniciador	03100

**Perfil técnico do produto (3M)

4.2. MÉTODO

4.2.1. Preparação das amostras

Foram utilizados neste estudo, 60 terceiros molares humanos hígidos e recém-extraídos. Os dentes tiveram as raízes limpas com o auxílio de uma cureta periodontal (Hu-Friedy) e em seguida foram submetidos à profilaxia utilizando pasta constituída de pedra-pomes e água, a qual foi aplicada através de uma escova tipo pincel (KG Sorensen), em baixa velocidade de rotação (Dabi-Atlante Indústria e Comércio, Ribeirão Preto, Brasil). Após o procedimento de profilaxia, os dentes foram armazenados em soro fisiológico, substituído semanalmente, pelo período máximo de seis meses, à temperatura de 4 °C, até o início do experimento. Todos os procedimentos referentes ao preparo das amostras seguiram o protocolo estabelecido pela *International Organization for Standardization* (ISO), na especificação TR 11405.

As raízes dos dentes foram secionadas e as coroas dentais remanescentes separadas ao meio obtendo-se duas metades contendo as faces vestibular ou lingual. Em seguida, os remanescentes coronários foram incluídos com resina acrílica ativada quimicamente (Clássico, Artigos Odontológicos Ltda.) em cilindros de plástico (Tigre, Ind. e Comércio Ltda.), com 20 mm de diâmetro externo por 20 mm de altura, com a face vestibular ou lingual voltada para cima e projetada 1 mm além da borda do cilindro de embutimento.

Os cilindros de resina acrílica contendo as porções dentárias incluídas foram posicionados individualmente na região central de uma base metálica quadrada (76 mm X 76 mm) em aço inox, a qual possuía um orifício circular medindo 20,5 mm de diâmetro interno por 21 mm de altura. Ainda na parte inferior da base metálica existiam dois ressaltos com 4 mm de altura por 4 mm de largura (Fig. 1 A, a), os quais estavam situados em extremidades opostas. A finalidade deste aparato era impedir que a superfície da amostra fosse contaminada com resíduos da resina acrílica de inclusão no momento do procedimento de desgaste (Fig. 1 A). Em seguida, com o auxílio de uma politriz horizontal (APL-4, Arotec S.A. Indústria e Comércio Ltda.) e lixas d'água de granulação número 220, 400, 600, 800 e 1000 (Carborundum Abrasivos Ltda.), a superfície foi desgastada sob refrigeração à água com a intenção de promover a formação de uma superfície plana em esmalte onde pelo menos coubesse um círculo de 4 mm de diâmetro (Figuras 1 B e 1 C). Após este procedimento, as superfícies das amostras foram examinadas em uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss, Alemanha), em aumento de 50 vezes, para assegurar que não havia áreas em dentina expostas na região de teste. Posteriormente, todas as amostras foram levadas a um aparelho de banho ultrassônico (Thornton, Unique Indústria e Comércio), para remoção de possíveis resíduos provenientes das lixas nas superfícies desgastadas onde iriam ser realizados os procedimentos de união. Após este passo, as amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos de quinze unidades cada, de acordo com a metodologia de tração empregada (Tabela 3).

Tabela 3 - Grupos experimentais e respectivos método de tração

Grupo	Tipo de metodologia
A (ISO)	Sistema preconizado pela ISO (TR 11405)
B (TRAV)	Sistema de travessas
C (ART)	Sistema de mordente monoarticulado
D (BIART)	Sistema de mordente biarticulado

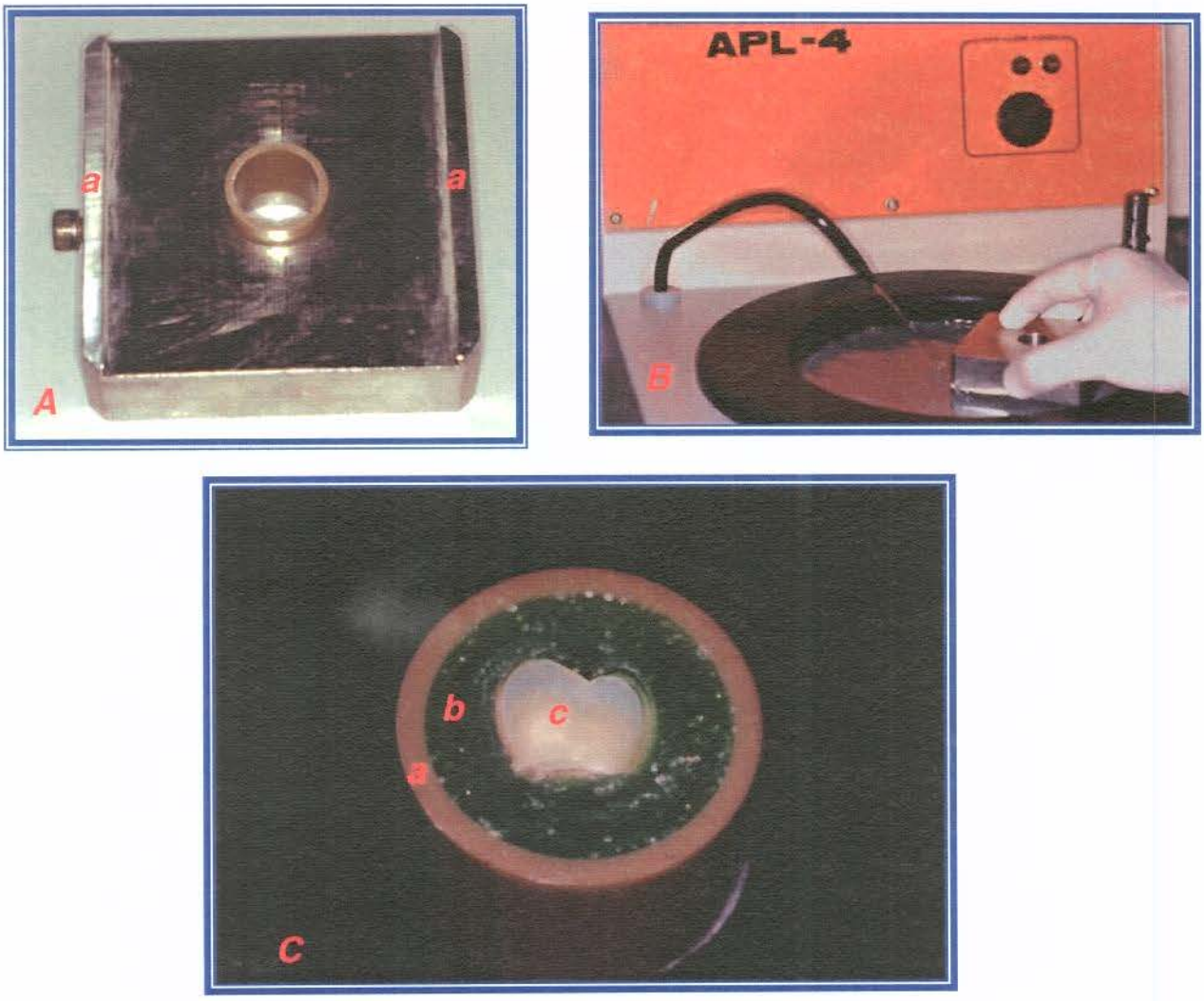


Figura 1 – A – Base metálica utilizada para o procedimento de desgaste da amostra; B – Politriz horizontal com a base metálica em posição; C – Amostra desgastada e planificada (a - cilindro plástico; b – resina acrílica; c – estrutura dental).

4.2.2. Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de tração.

Para a obtenção dos corpos-de-prova, foi utilizado o aparato preconizado pela ISO (TR 11405), o qual visa a obtenção de um perfeito alinhamento durante o procedimento de união (Fig 2) . Independente do tipo de método de tração empregado, o procedimento de união foi sempre o mesmo, visando a padronização dos corpos-de-prova.

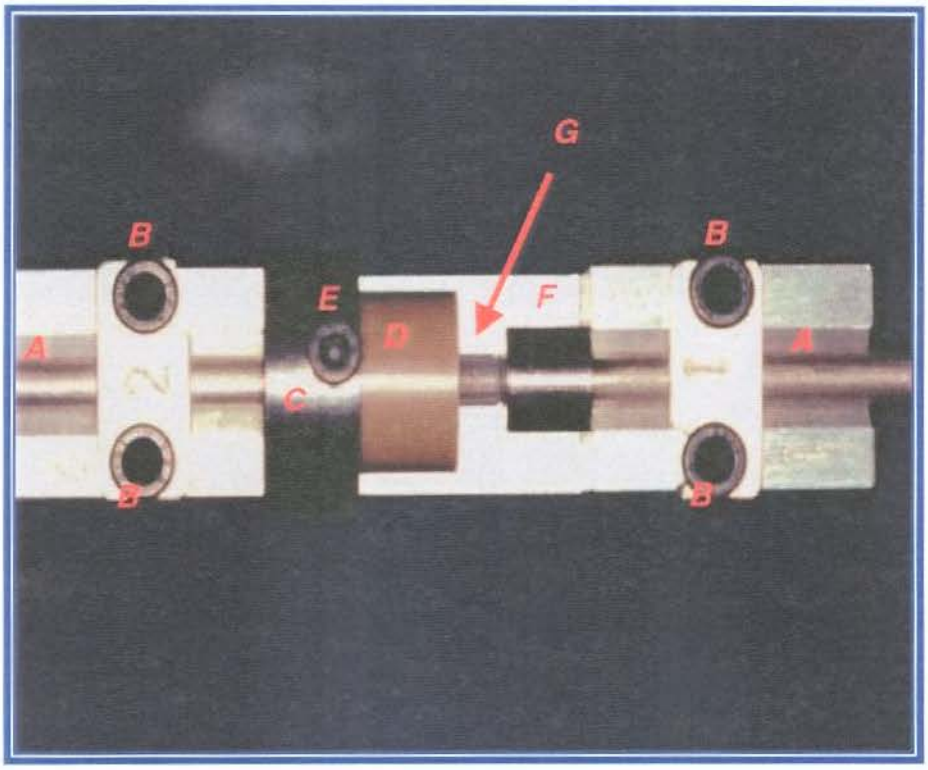


Figura 2 – Matriz metálica para o procedimento de união. A – haste metálica; B – parafuso de fixação da haste metálica; C – base metálica para inserção da amostra; D - amostra; E – Parafuso para fixação da amostra; F – base metálica para adaptação do cilindro de resina acrílica; G – cilindro de resina acrílica.

As 60 amostras foram divididas em quatro grupos de 15 amostras cada (um grupo para cada método de tração) e tiveram as superfícies dentais condicionadas com ácido fosfórico a 35%, por 15 segundos, de acordo com as instruções do fabricante. A aplicação do agente condicionador foi feita por meio de uma seringa plástica e, em seguida, as superfícies foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma seringa tríplice ar / água, por 15 segundos, e secas com jatos de ar livre de óleo.

Após o procedimento de condicionamento ácido, a superfície de esmalte condicionado recebeu a aplicação de duas camadas do sistema de união Single Bond com o auxílio de um pincel (Microbrush, Microbrush Corporation), seguindo as recomendações do fabricante (Fig. 3A). Após a aplicação de um leve jato de ar, a camada do agente de união foi fotoativada por 20 segundos (Fig 3B), utilizando para isso um aparelho fotoativador XL3000 (3M Dental Products Division), com intensidade de luz de 600 mW/cm^2, a qual foi freqüentemente aferida com um radiômetro (Demetron Research Corp., Danbury). Em seguida, as amostras foram posicionadas individualmente no dispositivo de alinhamento para o procedimento de união. Tal dispositivo apresentava duas hastes (Fig. 2A), as quais ficavam apoiadas em uma base metálica contendo um entalhe central em formato prismático. As hastes possuíam roscas em suas extremidades nas quais eram fixadas as respectivas matrizes metálicas que alojavam a amostra e o cilindro de resina acrílica no qual foi inserida a resina composta (Fig. 2C, 2F). Em seguida, uma matriz de resina acrílica incolor, previamente confeccionada em torno mecânico a partir de um bloco obtido industrialmente, foi posicionada em uma das hastes da matriz de alinhamento (2G). Tal matriz era circular com 12 mm

de comprimento e possuía um orifício trespassante, também circular com 3 mm de diâmetro. Nesse orifício foi inserido a resina composta com auxílio de uma espátula metálica (Thompson # 6), em incrementos que não excediam 2 mm de espessura. Cada incremento foi fotoativado por 20 segundos, em 3 posicionamentos diferentes o que totalizava 60 segundos. O último incremento foi colocado com pequeno excesso além da borda do cilindro (Fig 3C), e em seguida este foi colocado em contato com a superfície do adesivo (Fig. 3D) e pressionado firmemente. A matriz foi estabilizada através de parafusos e os excessos da resina composta removidas com uma espátula. A seguir, o último incremento recebia a fotoativação de maneira semelhante aos demais incrementos, também totalizando o tempo de 60 segundos (Fig 3E).

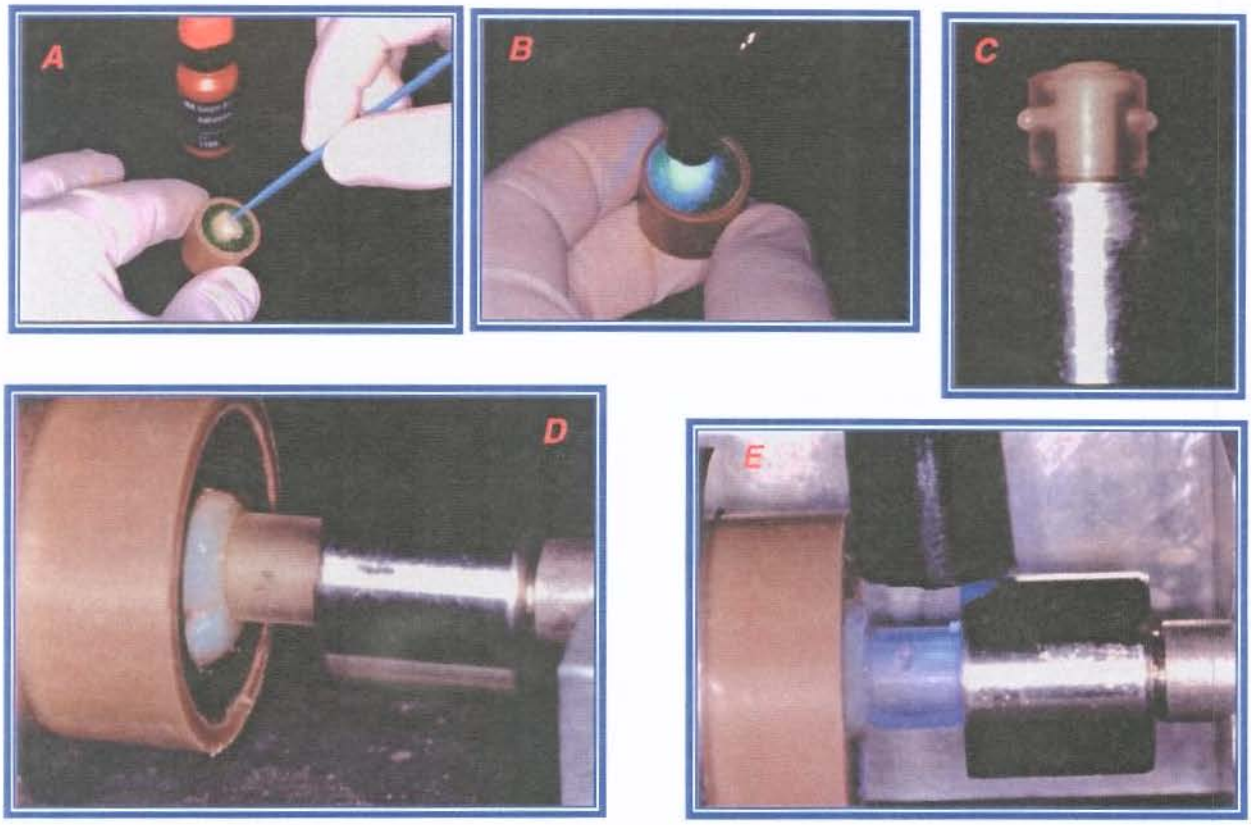


Figura 3 - A – aplicação do sistema adesivo sobre a superfície de esmalte condicionado; B – fotoativação do sistema de união; C – cilindro de resina acrílica apresentando pequeno excesso de resina composta sem polimerização; D – adaptação do cilindro contendo a resina composta contra a superfície de esmalte previamente tratada; E – Polimerização do último incremento de resina composta.

Após este procedimento, os corpos-de-prova (Fig. 4) foram cuidadosamente removidos da matriz de alinhamento e armazenados a 37 °C e 100% de umidade relativa num umidificador dentro de uma estufa (Heraeus, Alemanha), durante 01 hora e em seguida, armazenados por 23 horas em água destilada a 37°C, até o início do teste.

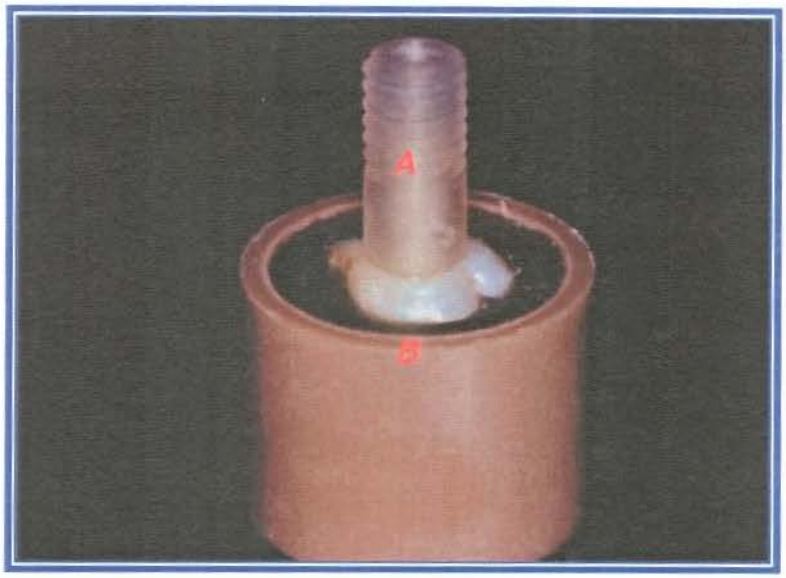


Figura 4 – Corpo-de-prova finalizado. A- cilindro de resina acrílica (parte superior do corpo-de-prova; B – cilindro de resina acrílica contendo a estrutura dental (parte inferior do corpo-de-prova).

Para a realização dos ensaios de resistência à tração, foram utilizados quatro tipos de aparato os quais funcionavam de maneira distinta. O tipo empregado no Grupo A foi o preconizado pela ISO na especificação TR 11405 (Fig 5), e serviu como padrão para comparação com os demais aparatos utilizados. O tipo empregado no Grupo B possuía uma travessa metálica cilíndrica em uma das extremidades, a qual estava posicionada paralelamente à superfície de união (Fig. 6). O tipo do Grupo C empregava uma articulação por meio de junta universal (Fig. 7) e o tipo do Grupo D, possuía duas articulações (Fig. 8). No momento do teste, os aparatos foram posicionados em uma máquina de ensaio universal Instron modelo 4411 (Instron Corporation, Canton, MA), a qual estava previamente programada para uma velocidade de 0,5 mm por minuto.

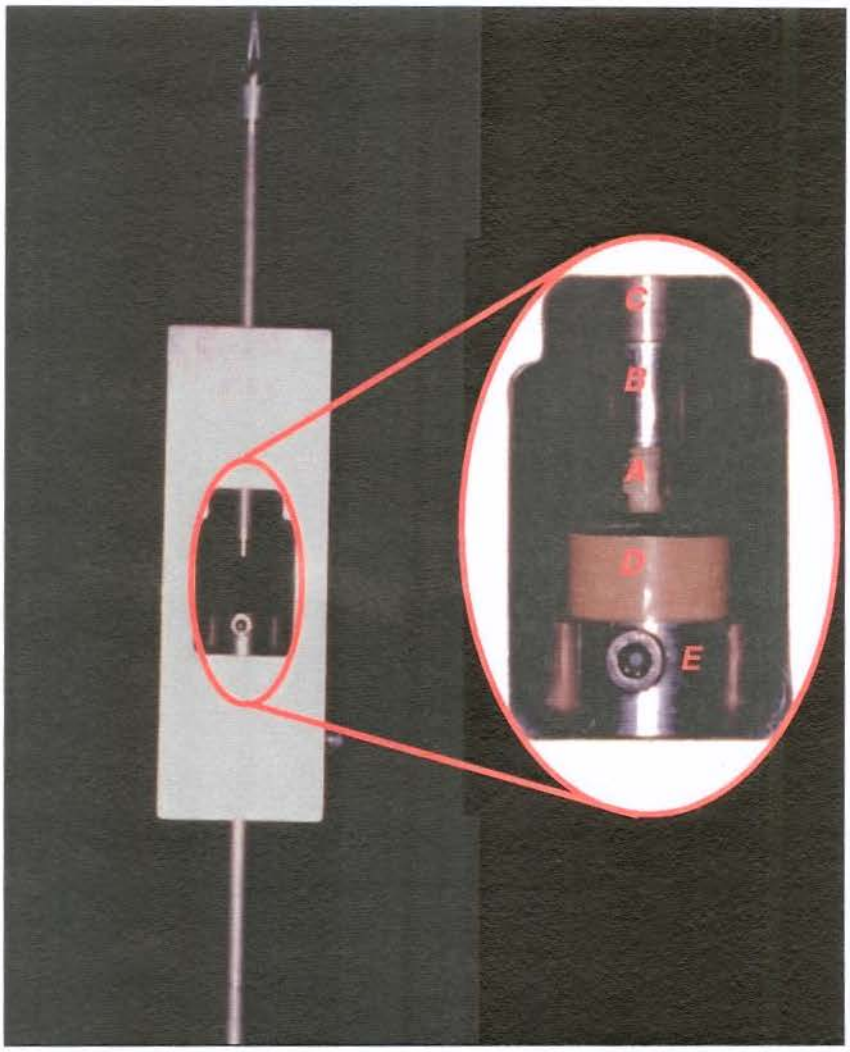


Figura 5 – Matriz de tração preconizada pela ISO. A – Cilindro de resina acrílica; B – Base metálica para fixação da parte superior do corpo-de-prova; C – Haste metálica; D - Amostra; E – Base metálica para fixação da parte inferior do corpo-de-prova.

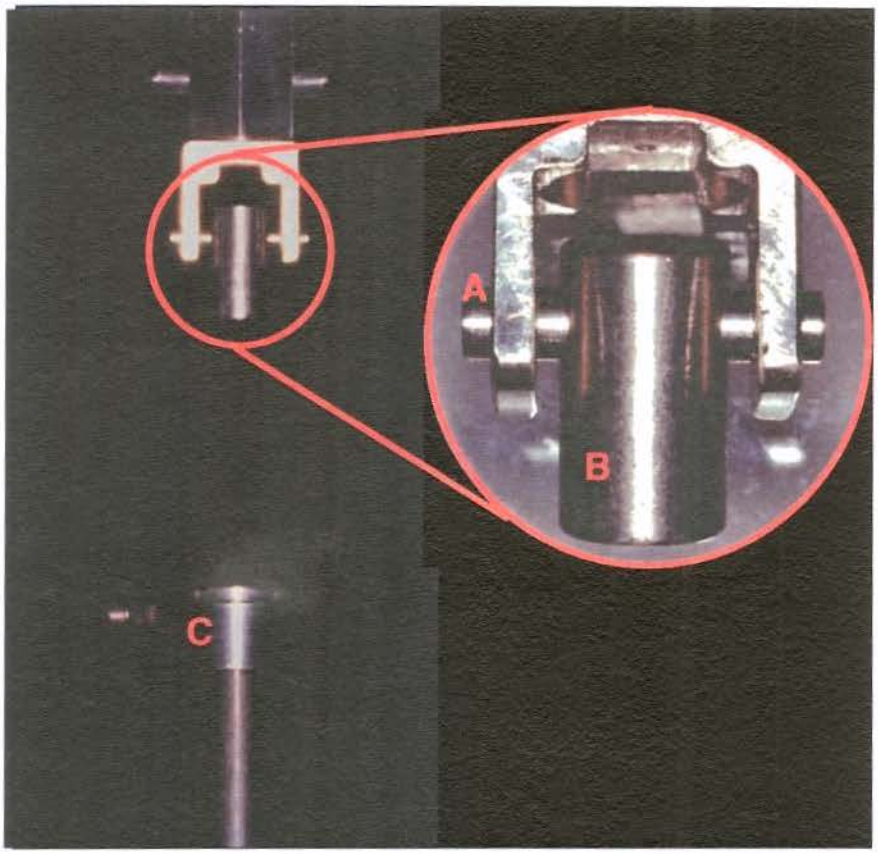


Figura 6 – Matriz de tração com travessa metálica. A – Travessa metálica; B – Base metálica para fixação da parte superior do corpo-de-prova; C – Base metálica para fixação da parte inferior do corpo-de-prova.

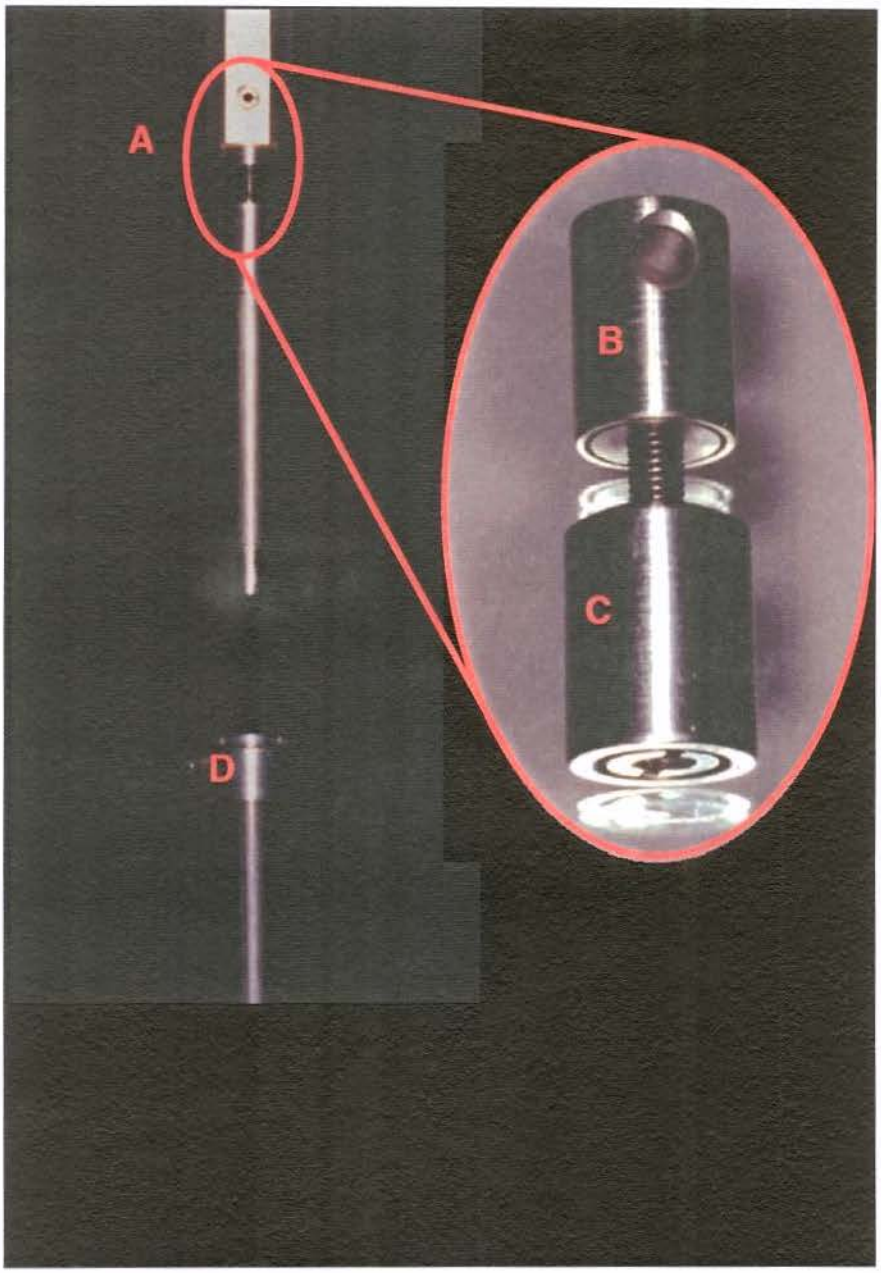


Figura 7 – Matriz de tração monoarticulada. A – Junta universal articulada; B – Parte superior para fixação na máquina de ensaio; C – Parte inferior contendo a esfera e rosca para fixação da parte superior do corpo-de-prova; D – Base metálica para fixação da parte inferior do corpo-de-prova.

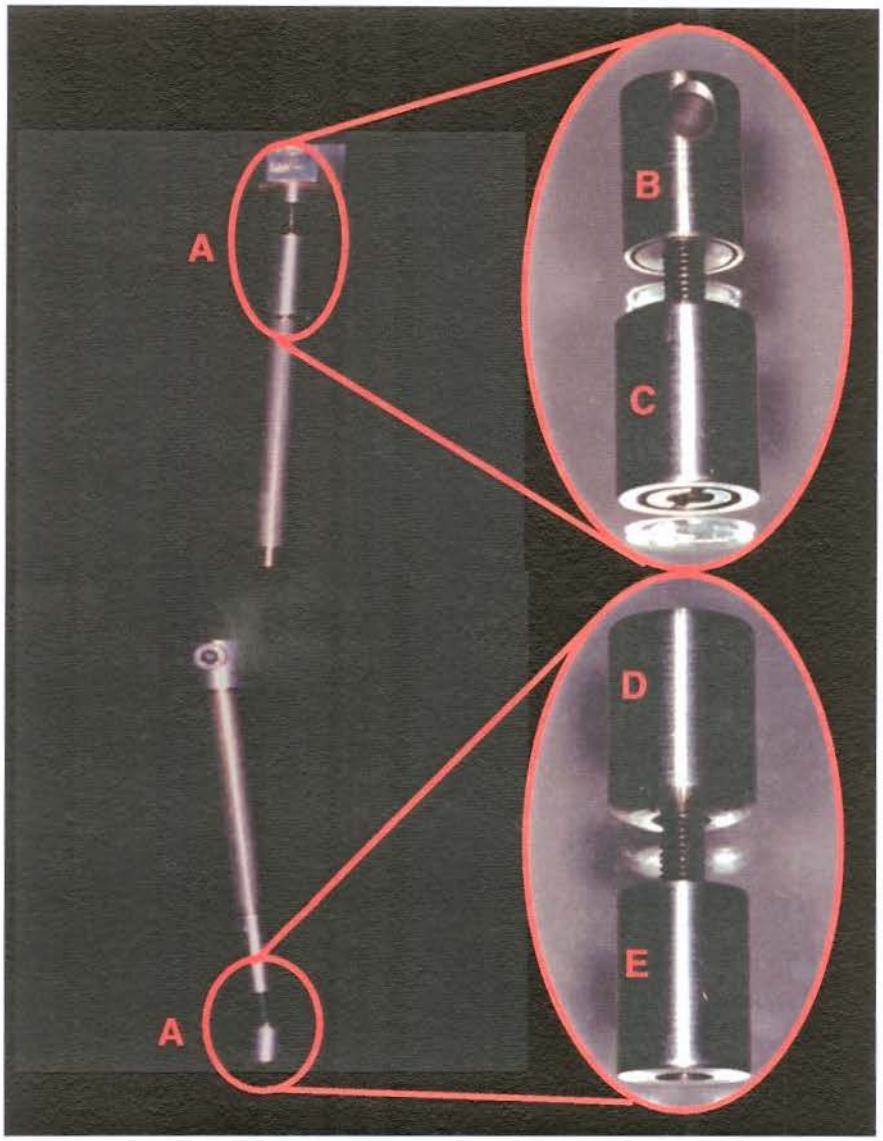


Figura 8 – Matriz de tração biarticulada. A – Junta universal articulada; B – Parte superior para fixação na máquina de ensaio; C – Parte inferior contendo a esfera e rosca para fixação da parte superior do corpo-de-prova; D – Parte superior contendo a esfera e rosca para fixação da parte inferior do corpo-de-prova; E - Parte inferior contendo rosca para fixação na parte inferior da máquina de ensaio.

Os resultados de resistência à tração foram obtidos pela seguinte fórmula:

$$Rt = \frac{F}{A}$$

onde, **Rt** é a resistência à tração; **F**, a força aplicada (em kgf); e **A**, a área de união.

Os resultados assim obtidos em kgf/cm^2 foram convertidos para MPa.

4.2.3. Análise da região fraturada em Microscopia Eletrônica de Varredura.

Nesta parte do estudo, foram utilizadas as 60 amostras fraturadas, representativas dos 4 grupos estudados. Logo após a realização dos ensaios de resistência de união à tração, as superfícies fraturadas foram revestidas com uma fina camada de liga de ouro-paládio, sob alto vácuo (Balzers - sputter coater, Germany), para observação em Microscópio Eletrônico de Varredura (Phillips XL 30), com o objetivo de verificar o tipo de falha ocorrido e a morfologia da região fraturada.

5. RESULTADOS

5.1. Ensaios de resistência à tração

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração entre a superfície dental e a resina composta, dentro dos vários tratamentos, estão registrados nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 (Anexo). As médias originais foram transformadas segundo raiz quadrada de X + 0, e, em seguida, submetidas à análise de variância unifatorial, em que o fator tratamento foi analisado para os diversos grupos. De acordo com a Tabela 4, o fator tratamento apresentou diferença estatística significativa em nível de 5% de significância, pelo teste F. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, em nível de 5% de significância e estão apresentados na Tabela 5 e ilustrados na Figura 9.

Tabela 4 – Análise de variância para os valores de resistência da união após a realização dos diversos métodos de tração.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TRATAMENTO	3	5,1203228	1,7067743	3,1397	0,03169
RESÍDUO	56	30,4418049	0,5436037		
TOTAL	59	35,5621278			

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 21,865%

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

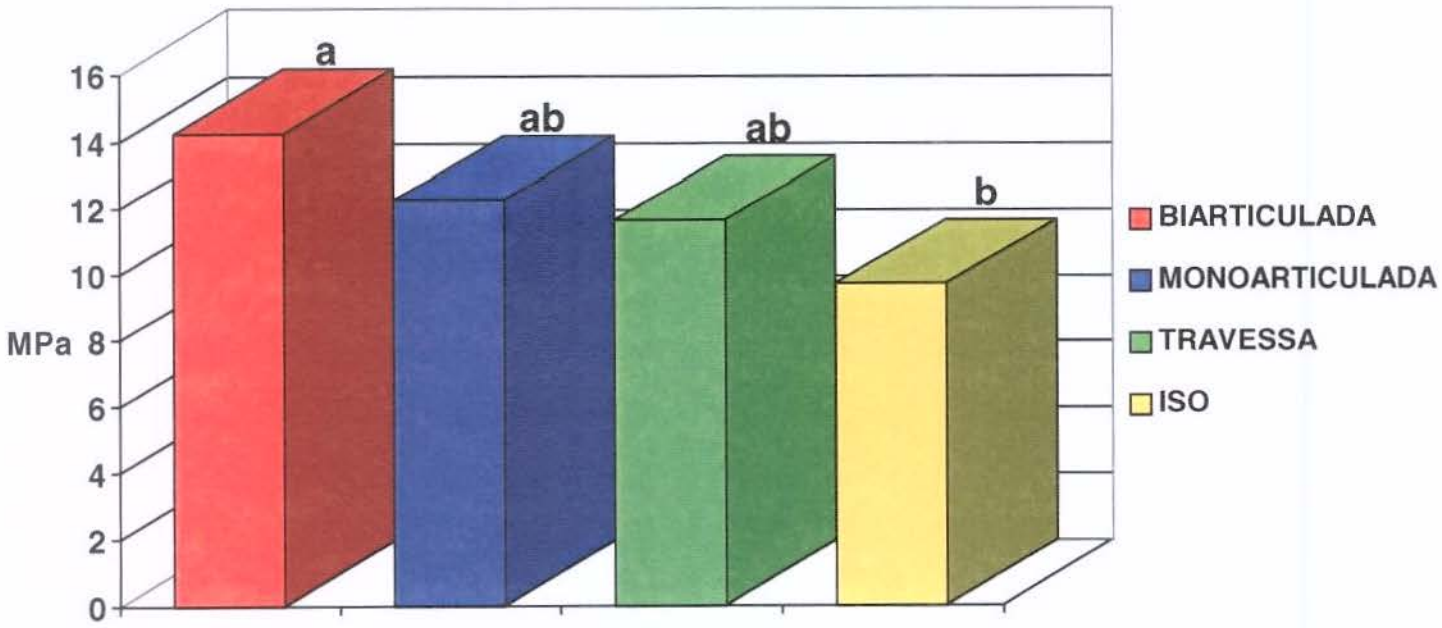
Tabela 5 – Médias originais de resistência de união após a realização dos quatro métodos de tração (MPa).

MÉTODO	MÉDIAS	5%	Coeficiente de variação (%)	Amplitude
BIARTICULADA (D)	14,26 (3,29)	a	23,11	10,29
MONOARTICULADA (C)	12,25 (5,67)	ab	46,29	24,78
TRAVESSA (B)	11,63 (3,65)	ab	31,45	10,68
ISO (A)	9,69 (6,46)	b	66,64	22,13

Média seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância indicado.

D.M.S. 5%= 4,79768

( ) Desvio Padrão



Barras seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Figura 9 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração após a realização dos quatro métodos de tração (MPa).

O teste de Tukey mostrou que a maior média de resistência à tração foi obtida quando se utilizou o método de tração através da matriz biarticulada (Grupo D). Apesar da superioridade numérica, este valor não diferiu estatisticamente ($p>0,05$) daquele obtido quando se utilizou o método de tração através da matriz monoarticulada (Grupo C) ou matriz com sistema de travessa (Grupo B). Já o método de tração preconizado pela ISO (Grupo A), apresentou a menor média de resistência de união, a qual diferiu estatisticamente ($p<0,05$) do grupo com matriz biarticulada (D) e não apresentou diferença estatística ($p>0,05$) em relação aos demais grupos (B e C) .

5.2. Análise morfológica da superfície fraturada após o ensaio de resistência à tração

Nesta parte do estudo foram obtidas fotomicrografias dos 60 corpos-de-prova, para análise morfológica da região de fratura.

A observação fotomicrográfica na região fraturada evidenciou que houve falha do tipo coesiva na resina composta em todas os corpos-de-prova do Grupo D (Fig. 13). Já para os demais grupos (A, B e C), o tipo de falha predominante foi do tipo mista a qual era caracterizada por fratura coesiva na resina composta/coesiva na camada de adesivo (Figuras 10, 11 e 12), com a ocorrência de fratura coesiva também no substrato dental para os corpos-de-prova do Grupo A (Fig. 10). Ainda para esses grupos (A, B e C), ocorreram falhas somente coesivas na resina composta, porém em número menor.

Tabela 6 – Tipo de falha ocorrido nos 15 corpos-de-prova em cada grupo experimental.

Grupo Experimental	Adesiva	Coesiva em resina composta	Mista Adesiva/Coesiva em Resina Composta	Mista Adesiva/Coesiva em Resina Composta e Esmalte dental
ISO (A)	0	3	7	5
TRAVESSA (B)	0	4	11	0
MONOARTICULADA (C)	0	6	9	0
BIARTICULADA (D)	0	15	0	0

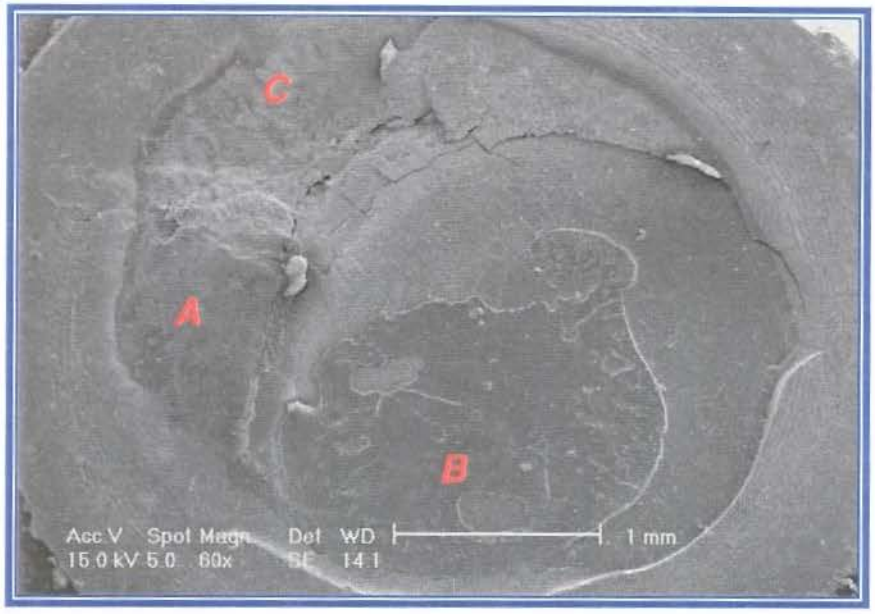


Figura 10 – Aspecto morfológico na região de fratura para a Matriz ISO (Grupo A). Observar a fratura coesiva na resina composta (A), associada à fratura coesiva do adesivo (B) e substrato dental (C). Aumento de 60 vezes.

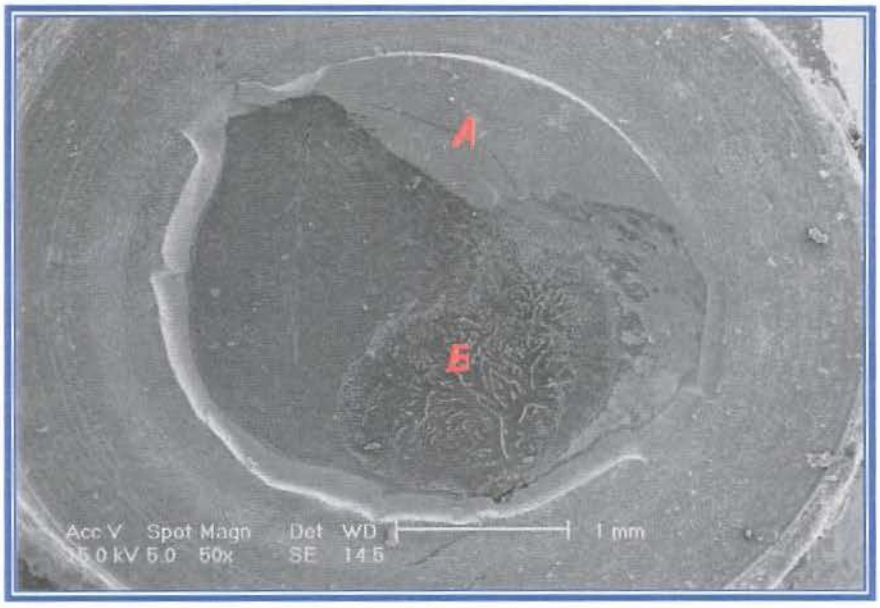


Figura 11 – Aspecto morfológico na região de fratura para a Matriz com travessa (Grupo B). Observar a fratura coesiva na resina composta (A), associada à fratura coesiva do adesivo (B). Aumento de 60 vezes.

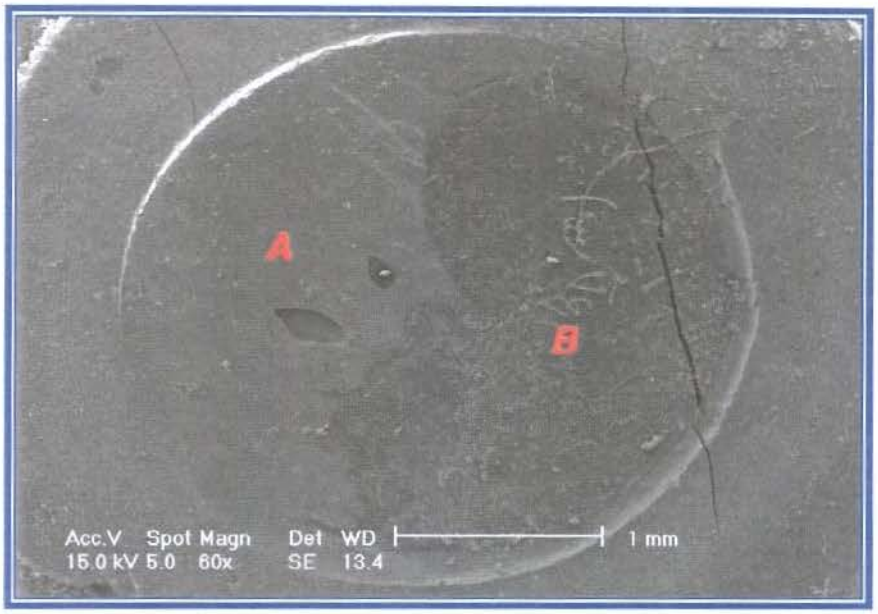


Figura 12 – Aspecto morfológico na região de fratura para a Matriz monoarticulada (Grupo C). Observar a fratura coesiva na resina composta (A), associada à fratura coesiva do adesivo (B). Aumento de 60 vezes.

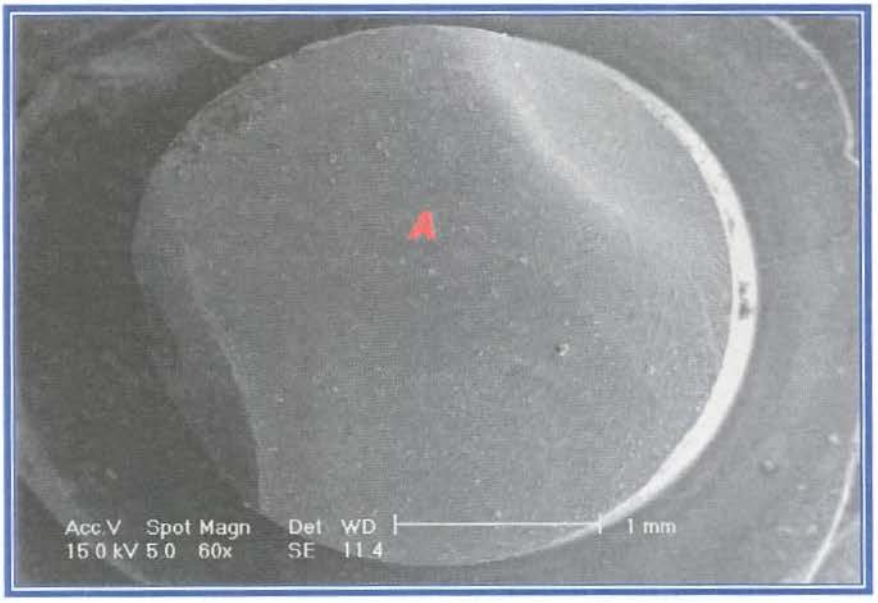


Figura 13 – Aspecto morfológico na região de fratura para a Matriz biarticulada (Grupo D). Observar a ocorrência de fratura somente coesiva na resina composta (A). Aumento de 60 vezes.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A utilização de testes *in vitro* para avaliação dos diversos materiais dentários disponíveis comercialmente se constitui num procedimento usual e necessário para a classificação quantitativa e qualitativa dos mesmos, além de servir como protocolo de estudos *in vivo*.

Dentre os procedimentos laboratoriais, se destacam os ensaios de resistência de união através de tração, cisalhamento e mais recentemente a microtração. Entretanto, existem inúmeros arranjos para um mesmo tipo de teste, levando a resultados até certo ponto divergentes, o que dificulta a comparação de dados entre os diversos autores (RETIEF, 1991; TAKEMORI *et al.*, 1993) e uma possível extrapolação para a situação clínica (WATANABE & NAKABAYASHI, 1994).

Neste estudo, a resistência da união esmalte-resina composta foi selecionada para avaliação através de quatro metodologias de tração. A escolha do esmalte dental como substrato para união, se deve ao fato do mesmo requerer um protocolo de união bastante simples em função do seu alto conteúdo mineral, fato este que não ocorre com o tecido dentinário. Dessa forma, a influência do substrato sobre a variação dos resultados foi reduzida, o que facilitou a avaliação e comparação dos aparatos metodológicos entre si.

O teste de tração foi selecionado para comparação por se constituir num método pouco empregado na literatura (AL-SALEHI & BURKE, 1997), e por apresentar grande controvérsia quanto ao melhor arranjo para a obtenção de

esforços somente perpendiculares à superfície de união, como é preconizado para este tipo de ensaio (ØILO, 1993; WATANABE & NAKABAYASHI, 1994). Os resultados deste estudo mostraram que os maiores valores numéricos de resistência de união, bem como o menor coeficiente de variação (Tabela 5 e Figura 9), foram obtidos quando se empregou um sistema de tracionamento denominado de sistema biarticulado (Grupo D), dotado de junta universal articulada tanto na parte superior quanto inferior do dispositivo (Fig. 8). Isso leva a crer que um sistema dotado de mecanismos de compensação capazes de superar eventuais variações na confecção dos corpos-de-prova, bem como forças de torço-flexão que sejam induzidas no sistema, se constitua no mecanismo ideal para o ensaio de tração.

Por outro lado, o sistema de tracionamento proposto pela *International Organization for Standardization* (ISO), apresentou a menor média de resistência de união bem como o maior coeficiente de variação (Tabela 5 e Figura 9). Uma provável explicação para este fato é o tipo de construção deste sistema. O mesmo é totalmente rígido, onde duas hastes metálicas são guiadas no interior de um bloco metálico no momento do teste (Fig. 5, A). Dessa forma, este tipo de aparato se torna desfavorável se uma eventual compensação no momento do ensaio se tornar necessária. Uma evidência da grande tensão gerada por esse sistema foi a ocorrência de fraturas coesivas do esmalte somente para este grupo (Tabela 6), o que pode ser evidenciado pelas fotomicrografias realizadas (Fig. 10, C). Apesar dos corpos-de-prova do estudo terem sido confeccionados utilizando a matriz preconizada pela ISO para o procedimento de união (Fig. 2), a qual visa um

perfeito alinhamento do conjunto a ser tracionado, variáveis como resiliência do material de inclusão e pequenas discrepâncias entre as peças obtidas em torno mecânico, podem promover diferenças milimétricas ou até micrométricas, porém suficientes para gerar esforços que não aqueles perpendiculares à superfície de união. Este fato pode levar à concentração de tensões em regiões distintas e, conseqüentemente, distorções nos valores devido ao movimento de deslocamento lateral das amostras (WATANABE & NAKABAYASHI, 1994). Os demais sistemas adotados para o tracionamento (sistema de travessa e sistema monoarticulado) foram adaptados de outros existentes na literatura. Estes sistemas não foram estatisticamente diferentes ($p>0,05$) dos demais, porém tenderam a valores numéricos menores àqueles obtidos pelo sistema biarticulado, e maiores que aqueles obtidos pela matriz da ISO. Além disso, os coeficientes de variação encontrados nos grupos desses dois sistemas (travessa e monoarticulado) foram mais altos quando comparados ao valor obtido pelo sistema biarticulado (Tabela 5).

Apesar do alto coeficiente de variação obtido para os Grupos A, B e C, quando comparado ao valor obtido pelo Grupo D , o mesmo está de acordo com o valor encontrado por CARDOSO *et al.* (1998), em um estudo onde realizaram o teste de tração, além de cisalhamento e microtração.

Outro fator que leva a crer que uma matriz dotada de sistema compensatório seja a ideal para o teste de tração, foi a ocorrência de falhas somente coesivas na resina composta, para todas as amostras do grupo D (Tabela 6, Figura 13). A ocorrência de um mesmo tipo de falha para todas as amostras, aliada ao baixo coeficiente de variação do grupo, se constitui em

evidências que podem atestar a eficácia do método em reproduzir o mesmo tipo de tensão em todos os corpos-de-prova testados.

Estes achados podem ser comparados parcialmente ao obtido por BURROW *et al.* (1994), em um estudo onde a tração foi empregada para avaliar a resistência da união de uma resina composta ao esmalte dental. No referido estudo, foram encontradas falhas coesivas na resina composta em metade das amostras empregadas, sendo que o restante falhou de modo adesivo. Talvez a ocorrência de falhas adesivas neste estudo tenha sido ocasionada pela metodologia empregada para o ensaio de tração, a qual empregou um fio de aço embutido na resina composta, o que talvez não tenha promovido somente tensão de tração em todos os corpos-de-prova testados. Segundo VAN NOORT *et al.* (1989), o uso de tal metodologia promoveria aplicação de carga concentrada, o que poderia requerer um cilindro de resina extremamente longo para permitir o estabelecimento de uma tensão uniforme. A ocorrência de diferentes modos de falha dentro de um mesmo grupo (A, B e C), se constitui em evidência para que sistemas de tração rígidos ou com mecanismos de compensação deficientes, não sejam utilizados. Desta forma, outros mecanismos compensatórios deveriam ser idealizados e testados no intuito de superar eventuais discrepâncias geradas durante o ensaio de tração, resultantes de variações na confecção do corpo-de-prova.

Com base nos resultados obtidos, pode-se conjeturar que o método de tração empregado influenciou de maneira significativa nos resultados de resistência de união, o que está de acordo com os achados de ØILO & OLSSON,

em 1990. Desta forma, a utilização de aparatos metodológicos diferentes visando o mesmo objetivo, se constitui na introdução de variáveis dentro de um mesmo teste, o que diverge os valores de resistência de união (RETIEF, 1991; SINHORETI, 2001).

Além disso, os resultados encontrados neste estudo, bem como aqueles evidenciados por outros autores (ØILO, 1993; SINHORETI, 2001; TAKEMORI *et al.*, 1993; VAN NOORT *et al.*, 1989; VAN NOORT *et al.*, 1991), alertam para uma padronização urgente dos procedimentos que envolvem os testes de resistência de união. O comportamento de outros substratos frente a estas metodologias, bem como a inclusão de outras variáveis, se constitui em sugestão para investigações futuras.

7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo pode-se concluir que:

1. O método de tração através do sistema biarticulado (Grupo D) apresentou a maior média numérica de resistência de união, mas não diferiu estatisticamente das médias obtidas pelos sistemas de travessa (Grupo B) e monoarticulado (Grupo C).

2. O método de tração através da matriz preconizada pela ISO (Grupo A), apresentou a menor média de resistência de união ao esmalte, a qual diferiu estatisticamente do sistema biarticulado (Grupo D). No entanto, não apresentou diferença estatisticamente significante em relação ao sistema de travessa (Grupo B) e ao sistema monoarticulado (Grupo C).

3. As fotomicrografias mostraram que o sistema de tração através da matriz biarticulada (Grupo D) promoveu somente falha de natureza coesiva na resina composta.

4. As fotomicrografias mostraram que o tipo de falha predominante para os grupos que empregaram os sistemas da ISO (Grupo A), travessa (Grupo B) e monoarticulado (Grupo C), foi do tipo mista (coesiva na resina e adesivo), sendo que ocorreram algumas fraturas coesivas em esmalte para o Grupo A e coesivas em resina composta para os Grupos A, B e C.

*REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AL-SALEHI, S.K., BURKE, F.J.T. Methods used in dentin bonding tests: An analysis of 50 investigations on bond strength. **Quintessence int.**, Berlin, v.28, n. 11, p.717-723, 1997.

2. BARKMEIER, W.W., SHAFFER, S.E., GWINNETT, A.J. Effects of 15 vs. 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. **Operative Dent.**, Seattle, v.11, n.3, p. 111-116, Summer, 1986.

3. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J. dent. Res.**, Washington, v.34, p.849-853, Dec. 1955.

4. _____, WILEMAN, W., BRUDEVOLD, F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. **J. dent. Res.**, Washington, v.35, n.6, p.846-851, Dec. 1956.

5. BURROW, M.F. et al. Early tensile bond strengths of several enamel and dentin bonding systems. **J. dent. Res.**, Washington, v.73, n.2, p.522-528, Feb. 1994.

* De acordo com a NBR-6023, de agosto de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviatura dos periódicos em conformidade com o "World List of Scientific Periodicals".

6. CARDOSO, P.E.C., BRAGA, R.R, CARRILHO, M.R.O. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. **Dent. Mater.**, Washington, v.14, p.394-398, Nov. 1998.

7. DELLA BONA, A., VAN NOORT, R. Shear *vs.* tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. **J. dent. Res.**, Washington, v.74, n.9, p.1591-1596, Sep. 1995.

8. HOLTAN, J.R. et al. Influence of different etchants and etching times on shear bond strength. **Operative Dent.**, Seattle, v.20, n.2, p.94-99, Apr. 1995.

9. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - Guidance on testing of adhesion to tooth structure. ISO/TC106/SC 1 N236, Resolution 6 1. - CD TR 11405, Trieste, October, 1994.

10. ØILO, G. Bond strength testing - what does it mean? **Int. dent. J.**, Guildford, v.43, n.5, p. 492-498, Oct. 1993.

11. _____, AUSTRHEIM, E.K. In vitro quality testing of dentin adhesives. **Acta odont. scand.**, Oslo, v. 51, n.4, p. 263-269, Aug. 1993.

12. _____, OLSSON, S. Tensile bond strength of dentin adhesives: a comparison of materials and methods. **Dent. Mater.**, Washington, v.6, n.2, p.138-144, Apr. 1990.

13. PASHLEY, D.H. The effects of acid etching on the pulpodentin complex. **Operative Dent.**, Seattle, v.17, p.229-242, 1992.

14. RETIEF, H.D. Standardizing laboratory adhesion tests. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.4, n.5, p.231-236, Oct. 1991.

15. _____, et al. Tensile bond strengths of dentin bonding agents to dentin. **Dent. Mater**, Washington, v.2, p.72-77, 1986.

16. SHERIFF, M. Dental materials 1991 literature review: Adhesion and mechanisms. **J. Dent.**, Surrey, v.21, p. 10-11, 1993.

17. SINHORETI, M.A.C. et al. Influence of loading types on shear strength of the dentin-resin interface bonding. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine,** London, v.12, n.1, p.39-44, 2001.

18. SUDSANGIAM, S., VAN NOORT, R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? **J. Adhesive Dent.**, v.1, n.1, p.57-67, Jan. 1999.

19. TAKEMORI, T. et al. Factors affecting tensile bond strength of composite to dentin. **Dent. Mater.**, Washington, v.8, n.3, p.136-138, Mar. 1993.

20. VAN NOORT, R. et al. A critique of bond strength measurements. **J. Dent.**, Surrey, v.17, n.2, p. 61-67, Apr. 1989.

21. _____, et al. The effect of local interfacial geometry on the mensurement

of the tensile bond strength to dentin. **J. dent. Res.,** Washington v.70, n.5, p.889-893, May. 1991.

22. VISURI, S.R. et al. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. **J. dent. Res.,** Washington v.75, n.1, p.599-605, Jan. 1996.

23. WATANABE, I., NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. **J. Dent.**, Oxford, v.22, n.2, p.67-72, Apr. 1994.

ANEXO

Tabela 7 – Valores numéricos dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o sistema preconizado pela ISO.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	5,05	72,14	7,08
2	10,41	148,71	14,58
3	11,00	157,14	15,41
4	10,11	144,43	14,16
5	8,25	117,86	11,56
6	17,27	246,71	24,20
7	3,18	45,43	4,46
8	1,58	22,57	2,21
9	10,40	148,57	14,57
10	2,17	31,00	3,04
11	3,90	55,69	5,46
12	1,48	21,11	2,07
13	2,14	30,63	3,00
14	7,21	102,93	10,09
15	9,69	138,43	13,58

Tabela 8 - Valores numéricos dos ensaios de tração em kgf, kg/cm^2 e MPa para o sistema de TRAVESSA.

Amostra	kgf	kg/cm^2	MPa
1	10,36	148,00	14,51
2	10,28	146,86	14,40
3	11,20	160,00	15,69
4	10,66	152,29	14,93
5	11,52	164,57	16,14
6	4,86	69,43	6,81
7	4,18	59,71	5,86
8	8,14	116,29	11,40
9	8,33	119,00	11,67
10	6,98	99,74	9,78
11	5,99	85,50	8,38
12	11,81	168,71	16,55
13	8,25	117,89	11,56
14	4,54	64,89	6,36
15	7,49	107,00	10,49

Tabela 9 - Valores numéricos dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o sistema MONOARTICULADO.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	8,37	119,57	11,73
2	9,19	131,29	12,88
3	3,91	55,79	5,47
4	8,96	128,00	12,55
5	9,12	130,29	12,78
6	21,59	308,43	30,25
7	6,43	91,86	9,01
8	7,81	111,57	10,94
9	10,81	154,43	15,14
10	9,35	133,57	13,10
11	6,23	88,93	8,72
12	5,63	80,39	7,88
13	8,20	117,09	11,48
14	5,40	77,16	7,57
15	10,17	145,29	14,25

Tabela 10 - Valores numéricos dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o sistema BIARTICULADO.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	9,39	134,14	13,16
2	10,13	144,71	14,19
3	8,64	123,43	12,10
4	14,19	202,71	19,88
5	9,35	133,50	13,09
6	12,73	181,86	17,83
7	7,17	102,43	10,05
8	14,52	207,43	20,34
9	9,29	132,71	13,02
10	8,40	120,00	11,77
11	7,47	106,71	10,47
12	7,69	109,86	10,77
13	11,76	168,00	16,48
14	10,01	143,00	14,02
15	12,03	171,86	16,85

SANEST – SISTEMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado
Instituto Agronômico de Campinas – IAC
Análise da Variável Teste – Arquivo: Hugo

CÓDIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSÁVEL: HUGO

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

TRANSFORMAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES SEGUNDO RAIZ (X+O)

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TRATAMENTO

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TRATAMENTO	3	5,1203228	1,7067743	3,1397	0,03169
RESÍDUO	56	30,4418049	0,5436037		
TOTAL	59	35,5621278			

MÉDIA GERAL= 3,371963
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO= 21,865 %

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	4	BIARTICULADO	15	3,754527	14,096469	a	A
2	2	ARTICULADO	15	3,430955	11,771452	ab	A
3	3	TRAVESSA	15	3,368019	11,343551	ab	A
4	1	ISO	15	2,934349	8,610406	b	B

Média seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância indicado.

D.M.S. 5%= 0,71388 - D.M.S. 1% = 0,87950

Análise fixando o nível **BIARTICULADA** do fator Tratamento

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	15
Valor Min.	10,050000
Valor Max.	20,340000
Amplitude	10,290000
Total	214,020004
Média	14,268000
Variância	10,874587
D. Padrão	3,297664
D. P. Média	0,851453
Coef. Var.%	23,112307
Coef. Assim.	0,557669
Coef. Curt.	2,149749
Mediana	13,160000
Quartil Inf.	11,770001
Quartil Sup.	16,850000
IC 5% L.S.	16,090109
IC 5% L.I.	12,445890
IC 1% L.S.	16,805330
IC 1% L.I.	11,730669

Análise fixando o nível **MONOARTICULADA** do fator Tratamento

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	15
Valor Min.	5,470000
Valor Max.	30,250000
Amplitude	24,780001
Total	183,750000
Média	12,250000
Variância	32,167717
D. Padrão	5,671659
D. P. Média	1,464416
Coef. Var.%	46,299259
Coef. Assim.	2.142441
Coef. Curt.	8,009005
Mediana	11,730000
Quartil Inf.	8,720000
Quartil Sup.	13,100000
IC 5% L.S.	15,383850
IC 5% L.I.	9,116150
IC 1% L.S.	16,613960
IC 1% L.I.	7,886040

Análise fixando o nível **TRAVESSA** do fator Tratamento

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	15
Valor Min.	5,860000
Valor Max.	16,549999
Amplitude	10,689999
Total	174,529999
Média	11,635333
Variância	13,394938
D. Padrão	3,659910
D. P. Média	0,944985
Coef. Var.%	31,455132
Coef. Assim.	-0,206263
Coef. Curt.	1,733859
Mediana	11,560000
Quartil Inf.	8,380000
Quartil Sup.	14,930000
IC 5% L.S.	13,657600
IC 5% L.I.	9,613066
IC 1% L.S.	14,451387
IC 1% L.I.	8,819279

Análise fixando o nível **ISO** do fator Tratamento

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	15
Valor Min.	2,070000
Valor Max.	24,200001
Amplitude	22,130001
Total	145,470001
Média	9,698000
Variância	41,771805
D. Padrão	6,463111
D. P. Média	1,668768
Coef. Var.%	66,643753
Coef. Assim.	0,527180
Coef. Curt.	2,574170
Mediana	10.090000
Quartil Inf.	3,040000
Quartil Sup.	14,570000
IC 5% L.S.	13,269164
IC 5% L.I.	6,126836
IC 1% L.S.	14,670929
IC 1% L.I.	4,725071