

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI
CIRURGIÃO - DENTISTA

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE CARREGAMENTO SOBRE
A RESISTÊNCIA DA UNIÃO AO CISALHAMENTO DA
INTERFACE DENTINA-RESINA**

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

Piracicaba
1997

Si64i

31865/BC

*Este exemplar foi
devolvido conforme
resolução CCPG/036/83
24/09/97
Norman*

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI✱
CIRURGIÃO - DENTISTA

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE CARREGAMENTO SOBRE
A RESISTÊNCIA DA UNIÃO AO CISALHAMENTO DA
INTERFACE DENTINA-RESINA**

*Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da Universidade
Estadual de Campinas, para obtenção do
TÍTULO DE DOUTOR EM CIÊNCIAS -
ÁREA: MATERIAS DENTÁRIOS.*

Orientador: Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI✱

Piracicaba
1997

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	Si642
V.	Ex.
TOMBO BC/	31865
PR.	281/97
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	18/10/97
N.º CPD	

CM-00101839-4

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA F.O.P. - UNICAMP

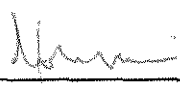
Sinhoreti, Mário Alexandre Coelho Si642 - Influência do tipo de carregamento sobre a resistência da união ao cisalhamento da interface dentina-resina / Mário Alexandre Coelho Sinhoreti. - Piracicaba, SP : [s.n.], 1997. 105 f. : il. Orientador : Simonides Consani. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. 1 - Adesivos dentários. 2 - Cisalhamento. 3 - Dentina. I. Consani, Simonides. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título. 19.CDD - 617.695

Índices para o catálogo sistemático

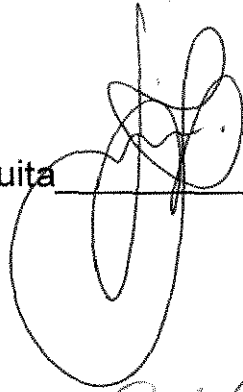
1. Adesivos dentários 617.695
2. Cisalhamento - Materiais dentários 617.695



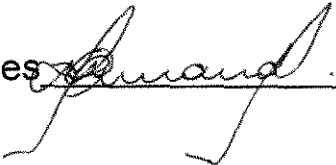
A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de **Doutorado**, em sessão pública realizada em 27/08/97, considerou o candidato aprovado.

1.Simonides Consani 

2.Mário Fernando de Goes 

3.Marcelo Ferraz Mesquita 

4.Gelson Luis Adabo 

5.Regina Maura Fernandes 

Dedico este trabalho

À Deus, Senhor de toda a sabedoria

Aos meus pais, **ANTONIO** e
CÉLIA, pelo incentivo, carinho e
compreensão durante toda minha
vida.

À **JOYCE**, pelo amor, carinho
e incentivo dado em minha vida.

Ao meu **irmão, JOSÉ LUIZ**,
pela colaboração e confiança
que depositou em mim.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Doutor **SIMONIDES CONSANI**, Titular da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, cuja competência científica proporcionou segura orientação na minha formação científica e no transcorrer deste trabalho.

Ao Prof. Doutor **MARIO FERNANDO DE GOES**, Livre Docente da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pela amizade, estímulo, apoio e sugestões na elaboração deste trabalho, bem como pela minha formação científica.

Meus sinceros agradecimentos

AGRADECIMENTOS

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. JOSÉ RANALI e do Diretor Associado Prof. Dr. OSLEI PAES DE ALMEIDA.

Ao Professor ELLIOT KITAJIMA do Núcleo de Apoio à Pesquisa da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, pela utilização do microscópio eletrônico de varredura, cujas fotomicrografias enriqueceram cientificamente este trabalho.

À Profa. Dra. MARINÉIA DE LARA HADDAD, do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, pelo auxílio na elaboração da análise estatística.

Aos Profs. da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP - Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE, Dr. WOLNEY LUIZ STOLF e Dr. LOURENÇO CORRER SOBRINHO, pela amizade, apoio e compreensão.

Ao técnico especializado da Área de Materiais Dentários da FOP - UNICAMP, Engenheiro MARCOS BLANCO CANGIANI, pela colaboração técnica no formato e digitação deste trabalho.

Ao Sr. ADÁRIO CANGIANI, ex-técnico da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela documentação fotográfica e confecção das matrizes.

À Bibliotecária LUZIA FÁTIMA SILVA, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela orientação nas referências bibliográficas.

À Sra. SELMA A. B. DE SOUZA, técnica da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela amizade e atenção prestada.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pela amizade durante todo o curso e a todos que direta ou indiretamente auxiliaram na elaboração deste trabalho.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS.

SUMÁRIO

1- LISTA.....	01
1.1 - Tabelas.....	02
1.2 - Figuras.....	02
1.3 - Quadros.....	04
1.4 - Abreviaturas, Siglas e Significados.....	04
2 - RESUMO.....	07
3 - INTRODUÇÃO.....	10
4 - REVISÃO DA LITERATURA.....	15
5 - PROPOSIÇÃO.....	57
6 - METODOLOGIA	59
6.1 - Materiais.....	60
6.2 - Método.....	61
6.2.1 - Confeccção dos corpos-de-prova	61
6.2.2 - Preparação dos corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento	63
6.2.3- Análise da região fraturada em M.E.V.	72
7 -RESULTADOS.....	73
7.1 - Ensaio de resistência ao cisalhamento.....	74
7.2 - Análise morfológica da superfície da dentina na região fraturada após o ensaio de resistência de união ao cisalhamento.....	77
8 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	81
9 - CONCLUSÃO.....	89
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
11 - SUMMARY.....	98
12 - APÊNDICE.....	101

1 - LISTA

1 - LISTA

1.1 – Tabelas

Tabelas	Folha
1 . Descrição do compósito restaurador usado no estudo.	60
2 . Descrição do sistema adesivo utilizado na pesquisa	60
3 . Valores individuais e médias da resistência ao cisalhamento para o sistema de carregamento por fio ortodôntico (MPa).	102
4 . Valores individuais e médias da resistência ao cisalhamento para o sistema de carregamento por cinzel (MPa).	102
5 . Valores individuais e médias da resistência ao cisalhamento para o sistema de carregamento por fita metálica (MPa).	103
6 . Médias de resistência de união ao cisalhamento após a utilização dos diferentes métodos de carregamento (MPa).	75
7 . Médias de resistência de união ao cisalhamento dos corpos-de-prova submetidos ou não à ciclagem térmica (MPa).	76

1.2 – Figuras

Figuras	Folha
1 . Base metálica (A) utilizada como suporte para desgastar a superfície dental (C), embutida em resina acrílica no cilindro de plástico (B).	62
2 . Área da superfície dental (A) delimitada pela fita adesiva (B) no cilindro de plástico preenchido pela resina acrílica autopolimerizável (C).	63
3 . Corpo-de-prova posicionado em base metálica fixada ao dispositivo metálico preso à bancada de trabalho. A, corpo-de-prova; B, base metálica; C, dispositivo metálico	67
4 . Posicionamento da matriz circular em aço inoxidável. A, matriz; B, perfuração; C, suporte metálico sextavado; D, parafusos para fixação do suporte metálico; E, parafuso para a fixação da matriz de aço inoxidável; F, dispositivo metálico.	67

- 5 . Disposição sequencial da amostra e matrizes utilizadas para confecção do corpo-de-prova. A, amostra; B, matriz usada para posicionar a amostra; C, suporte metálico com a matriz de aço inoxidável no seu interior; D, parafusos de fixação; E, corpo-de-prova. 68
6. Dispositivo de ciclagem térmica utilizado no estudo. A, banho frio (5°C); B, banho quente (60°C); C; banhos intermediários (37°C); D, regulador de temperatura; E, motor rotativo 68
- 7 . Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de cisalhamento. A, luva metálica; B, mordente da máquina de ensaio universal; C. corpo-de-prova; D, cinzel. 69
- 8 . Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de cisalhamento. A, luva metálica; B, mordente da máquina de ensaio universal; C. corpo-de-prova; D, fio ortodôntico. 70
- 9 . Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de cisalhamento. A, luva metálica; B, mordente da máquina de ensaio universal; C. corpo-de-prova; D, fita metálica. 71
- 10 . Ilustração gráfica dos valores médios de resistência ao cisalhamento após a utilização dos diferentes tipos de carregamento, em MPa. 75
11. Ilustração gráfica dos valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos-de-prova submetidos ou não à ciclagem térmica, em MPa. 76
12. Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando a fita metálica (20x). Resíduos de adesivo (A) aderido na superfície dentinária (D). 78
13. Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando a fita metálica (1000x). Na letra A, restos de adesivo sobre a superfície dentinária . A seta mostra a entrada de um túbulo dentinário preenchida com adesivo. 78
14. Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o cinzel (20x). Resíduos de adesivo (A) e compósito (C) sobre a superfície da dentina. 79

15. Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o cinzel (1000x). Num aumento maior da área aparentemente livre de adesivo, nota-se os túbulos dentinários preenchidos com adesivo aquém da superfície. 79
16. Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o fio ortodôntico (20x). Restos de compósito em C (áreas esbranquiçadas) sobre a superfície da dentina. 80
17. Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o fio ortodôntico (300x). Túbulos dentinários preenchidos com adesivo aquém da superfície (A) e resíduos de adesivo (B) numa amostra com falha do tipo mista. 80
18. Ilustração esquemática da direção de fratura ocasionada pelo esforço com o sistema fio ortodôntico. 83
19. Ilustração esquemática da direção de fratura ocasionada pelo esforço com o sistema cinzel. 84
20. Ilustração esquemática da direção de fratura ocasionada pelo esforço com o sistema fita metálica. 85

1.3 - Quadros

Quadros

Folha

- 1 . Análise de variância para os valores de resistência ao cisalhamento obtidos na união da superfície da dentina com os diferentes tipos de carregamento sob condições de ciclagem térmica ou não. 103

1.4 - Abreviaturas, Siglas e Significado

Abreviaturas e Siglas	Significado
%	- por cento
#	- número
±	- mais ou menos
°	- grau
°C	- grau Celsius
µm	- micrometro
µL	- microlitro
20x	- vinte vezes
300x	- trezentas vezes
1000x	- mil vezes
4-META	- 4-Metacriloxietil Trimelitato Anidrido
ác.	- ácido
BIS-GMA	- Bisfenol-A Glicidil Metacrilato
Ca	- cálcio
CaCl ₂	- Cloreto de Cálcio
cm	- centímetro
D.P.M.	- Desvio Padrão da Média
EDTA	- Ácido Etileno-Diamino-Tetraacético
et al.	- et alli (e colaboradores)
Fig.	- Figura
H ₃ PO ₄	- ácido fosfórico
HEMA	- Hidroxietil Metacrilato
I.S.O.	- International Standard Organization
J&J	- Johnson's & Johnson's
Jr.	- Júnior
kg/cm ²	- Quilograma por centímetro quadrado
kgf/cm ²	- Quilograma força por centímetro quadrado
M	- Molar
M.E.V.	- Microscopia Eletrônica de Varredura
ml	- mililitro

mm	- milímetro
mm/min.	- milímetro por minuto
MN.m ⁻²	- Mega Newton vezes metro a menos dois
MPa	- Mega Pascal
mW/cm ²	- mili Watt por centímetro quadrado
N	- Normal
n ^o	- número
NaOH	- hidróxido de sódio
NPG-GMA	- N-Fenilglicino Glicidil Metacrilato
NTG-GMA	- N-Tolilglicino Glicidil Metacrilato
p>0,05	- probabilidade maior que 5 por cento
p<0,05	- probabilidade menor que 5 por cento
³² P	- radioisótopo do fósforo 32
pH	- ponto hidrogeniônico
pKa	- constante de dissociação
PMDM	- ácido Piromelítico Dianidrido
P.U.B.3	- Prisma Universal Bond 3
TEGDMA	- Trietileno Glicol Dimetacrilato
U.R.	- umidade relativa

2 - RESUMO

2 - RESUMO

O propósito deste estudo foi 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 o compósito 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 U.R. 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, 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 no compósito. Já para o cinzel, as falhas foram mistas, ou seja, coesivas no adesivo e no compósito.

Palavras-chave: Adesão

Dentina

Cisalhamento - Materiais Dentários

3 - INTRODUÇÃO

3 - INTRODUÇÃO

A união dos materiais restauradores às estruturas pouco mineralizadas da dentina foi primeiramente relatada por Buonocore⁵, quando em 1956, descreveu que o agente de união à dentina, um dimetacrilato glicerofosfórico, se unia ao polímero da resina acrílica e ao íon cálcio da dentina através de grupamentos fosfato ativos.

A técnica de união da resina composta à dentina condicionada está baseada no ataque com ácidos, os quais modificam a morfologia superficial para criar retenção micromecânica por onde a resina fluida é capaz de penetrar, polimerizar-se e formar uma união mecânica com a dentina¹.

Por razões estruturais, a adesão micromecânica dos materiais resinosos à dentina é um processo mais complexo do que a união ao esmalte condicionado, impondo aos sistemas adesivos mais modernos, a inclusão de agentes condicionadores da dentina e/ou formulações contendo monômeros hidrofílicos. Dessa forma, caracterizaram-se por realizar um tratamento específico na “smear layer”, podendo preservá-la, removê-la ou modificá-la, com a intenção de melhorar os valores de resistência da união promovidos pelos adesivos anteriores²⁹. Assim, várias modificações foram feitas nesses sistemas até incluir aqueles em que a “smear layer” era removida através de um condicionador ácido para, em seguida, “primer” e adesivo resinoso penetrarem na dentina desmineralizada, formando uma zona intermediária entre dentina e resina, chamada camada híbrida^{14, 21, 28, 34}.

A qualidade promotora de união dos adesivos de dentina é

freqüentemente verificada por vários testes de laboratório, usando esforços de tração ou cisalhamento sob certas limitações. Estes testes “in vitro” mostraram valores de resistência que dificultam a padronização e impossibilitam a comparação direta entre diferentes pesquisadores^{22, 35}.

De acordo com Barkmeier e Cooley¹, os testes clínicos são considerados os mais confiáveis para o estudo do comportamento dos adesivos dentinários, embora os testes laboratoriais também apresentem reconhecido mérito na avaliação desses materiais. Entretanto, muitos estudos laboratoriais não podem ser extrapolados diretamente às situações clínicas, porém, são sempre úteis no estabelecimento do protocolo de um estudo clínico¹⁹, prevendo a eficácia e o comportamento dos sistemas adesivos empregados em esmalte e dentina. Além disso, as modificações constantemente impostas na composição dos sistemas adesivos tornam-se um fator complicador quando se considera que um teste clínico pode se estender por 3 anos, período de tempo julgado inevitável para o produto deixar o mercado e ser substituído pelo sucessor. Portanto, os testes laboratoriais com sistemas adesivos consomem menos tempo e permitem avaliar a resistência de união aos tecidos mineralizados do dente, infiltração marginal e dimensão da fenda na interface dente-restauração³⁰.

Entretanto, os testes “in vitro” algumas vezes também apresentam dificuldades. Nesse sentido, estudos anteriores mostraram que é impossível padronizar o substrato dental, devido a grande variação da estrutura dentinária na área de união^{25, 27, 32}. Nestes estudos, algumas vezes são utilizados terceiros molares inclusos ou recém-erupcionados, constituídos por dentina totalmente

diferente daquela de um dente similar, restaurado por causa de um processo carioso ²⁷. Além disso, fatores como face do dente e profundidade da dentina ¹⁸, rugosidade superficial ²⁰, umidade da superfície ^{8, 13} e tipo de dente ²⁶, são variáveis determinantes na obtenção dos valores de resistência de união.

No entanto, outras diferenças como tipo de tratamento superficial ^{38, 31}, termociclagem ²³, concentração e tipo de ácido ¹⁵, tempo de condicionamento ², monômeros contendo ou não porções hidrofílicas e hidrofóbicas ^{4, 11, 28}, viscosidade e osmolaridade dos condicionadores ácidos ²⁶, difusão dos monômeros no interior da dentina condicionada, com conseqüente formação da chamada zona reforçada ³³, camada híbrida ²¹ ou camada de interdifusão ³⁴, e aplicação de carga e diferenças nas propriedades elásticas dos materiais ²², também são importantes fatores que influenciam na determinação dos valores de resistência de união, tanto nos métodos de tração como no de cisalhamento.

A nosso ver, outro aspecto relevante se constitui no fato de que diferentes métodos ou ainda modificações do mesmo teste são procedimentos comumente adotados em diferentes investigações, visando a objetivos semelhantes, ou seja, determinar os valores de resistência da união. Por esta razão, essas investigações inevitavelmente fornecem dados diferentes sobre a resistência da união para um mesmo material ensaiado ^{24, 36}.

Recentemente, um grupo de pesquisadores trabalhando para a ISO (International Organization for Standardization) criou uma norma¹⁶ com o objetivo de padronizar os testes de adesão à estrutura dental, incluindo o teste de cisalhamento. Apesar disso, o que se encontra na Literatura é uma

heterogeneidade nos testes de adesão à estrutura dental. Assim sendo, julgamos procedente estabelecer um estudo para comparar o teste especificado pela ISO (cinzel) com os não especificados (fita metálica e fio ortodôntico), bem como as características da união na interface compósito-substrato dental, provocadas pela fratura.

4 - REVISÃO DA LITERATURA

4 - REVISÃO DA LITERATURA

Em 1956, BUONOCORE ⁵ et al. relataram as propriedades de uma resina capaz de se unir à superfície da dentina humana. Eles utilizaram dentes humanos que foram incluídos em resina acrílica e desgastados até obter uma área plana de dentina sobre a qual colocaram 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/cm², reduzindo para 15 kgf/cm² após 3 meses de imersão em água. Já para as superfícies tratadas com condicionador ácido, a resistência de união inicial foi de 53 kgf/cm² e reduziu para 28 kgf/cm² 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.

CONSANI et al. ⁹, em 1983, elaboraram um estudo com a finalidade de investigar “in vitro” a influência do agente glazeador, no que diz respeito ao selamento marginal das restaurações com resina composta. Após restaurados, metade do total dos corpos-de-prova de cada grupo foi armazenado

em água a 37°C por duas semanas e o restante submetido a 100 ciclos térmicos com banhos de água entre 4°C e 60°C. Os corpos-de-prova permaneciam 60 segundos imersos em cada banho. Após cada imersão (fria ou quente), os dentes eram colocados em água a 37°C durante 30 segundos. Este procedimento foi utilizado com a finalidade de estabelecer um mesmo nível de temperatura antes de cada imersão. A seguir, todos os dentes foram imersos, por 30 dias, numa solução radioativa de ^{32}P . Após a imersão, os dentes foram seccionados longitudinalmente, através da restauração e colocados sobre um filme periapical, por uma semana, a fim de obter auto-radiografias para análise da infiltração marginal. Os autores concluíram que o agente glazeador, usado sobre as restaurações “in vitro”, eliminou a microinfiltração marginal das restaurações com resina composta.

Em 1986, BARKMEIER et al.² 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 pelo MEV 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 adquirir uma superfície plana e divididos em dois grupos de 20 dentes. 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 do compósito (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 ensaios 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.

Em 1986, RETIEF et al.³¹ 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 nº600 até expor a dentina. Os seguintes sistemas adesivos foram avaliados: Scotchbond, aplicado sobre superfície da dentina não tratada, e o compósito P10 (A); Scotchbond, aplicado sobre a dentina condicionada com ácido cítrico, e o P 10 (B); J&J. Dentin Bonding Agent aplicado sobre a dentina não tratada, e o compósito Adaptic (D); Creation Bonding System aplicado sobre a dentina condicionada com Den-Mat Cavity Cleanser, e o compósito Spectrabond (E); Dentin-Adhesive System aplicado sobre a dentina tratada com Vivadent Dentin Conditioner, e o compósito 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.

NOWERY et al.¹⁸, em 1987, verificaram se a rugosidade superficial da dentina afetaria a resistência de união ao cisalhamento. Normalmente, as lixas de granulação 600 são usadas para o desgaste superficial dos dentes nos ensaios de resistência ao cisalhamento. Neste estudo foram usadas lixas de granulação 60, 260, 600 e 1200 que desgastaram, cada uma, um dos quatro lados do dente (distal, mesial, vestibular ou lingual). Os dentes eram do grupo molares e foram usados um total de 30 dentes, que após o desgaste, tinham suas raízes incluídas em gesso-pedra. Sobre as quatro superfícies de cada amostra, foi aplicado o adesivo fotopolimerizável Scotchbond (3M) e em seguida confeccionado cilindros da resina composta Prisma-Fil (Caulk) com o auxílio de uma matriz gelatinosa. A seguir, as amostras permaneceram armazenadas em água a 37°C por 24 horas até serem levadas a uma máquina de testes universal (Instron) a uma velocidade de 5 mm/min.. Os resultados foram submetidos a uma análise de variância através do teste de Duncan's a nível de 5% e mostraram que as superfícies desgastadas com lixas de granulação 60 tiveram valores de resistência de união ao cisalhamento superiores aos demais grupos. As superfícies que foram desgastadas com lixas de granulação 260 obtiveram valores estatisticamente superiores aos grupos que foram desgastados com lixas de granulação 600 e 1200, cujos valores de resistência foram estatisticamente iguais entre si. Os autores afirmam que a superfície desgastada com lixas de granulação 60 ficou mais rugosa que as demais, e por isso aumentou o imbricamento mecânico do adesivo, além de também aumentar a superfície de contato. Concluem dizendo que as lixas de granulação 60

correspondem a uma ponta diamantada de média granulação.

ISHIOKA & CAPUTO ¹⁷, em 1989, verificaram a interação entre a remoção da smear layer e a união à dentina com a utilização do sistema adesivo Scotchbond (3M). Utilizaram 64 dentes humanos do grupo molares que foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente e desgastados com lixas nº 2/0, até obter uma área plana de dentina, polida com pasta de óxido de alumínio. As amostras foram divididas em 4 grupos, de acordo com o tratamento superficial recebido. No grupo 1 (controle), as amostras permaneceram com a “smear layer” intacta; no grupo 2, a superfície das amostras foi condicionada com oxalato férrico e lavada com água; nos grupos 3 e 4, as amostras foram condicionadas respectivamente com uma solução de EDTA a 15% e 17%, seguido da lavagem com NaOCl e água. Ainda, cada um dos 4 grupos foram divididos em 2: um grupo que recebeu a aplicação de um adesivo e outro não. Em seguida foram confeccionados cilindros da resina composta P-30 (3M) sobre as superfícies tratadas com o auxílio de uma matriz plástica de 3,4 mm de diâmetro. As amostras foram estocadas em solução salina a 17% por 24 horas e ensaiadas numa máquina de testes universal (Instron), onde foram presas no mordente inferior, e no superior um fio ortodôntico posicionado junto a interface dente-material restaurador. Os resultados mostraram que o adesivo do Scotchbond apresentou valores extremamente superiores àqueles grupos que não usaram o adesivo. O grupo que usou o adesivo e deixou a smear layer intacta (controle) foi o que obteve os mais altos valores de resistência de união ao cisalhamento. Quando a smear layer foi removida com EDTA, a resistência de união ao cisalhamento foi similar àquela obtida com o grupo controle. A

aplicação do oxalato férrico resultou numa diminuição nos valores. Conseqüentemente, a maior resistência de união com este sistema adesivo/compósito pode ser obtida com a smear layer intacta.

VAN NOORT et al. ³⁵, em 1989, examinaram os métodos atuais para mensurar a resistência de união ao substrato dental. Para isso, utilizaram amostras de dentina que foram desgastadas até se obter uma área plana onde foram construídos blocos de resina composta, com 6 mm de altura por 6 mm de largura. Sobre estas amostras foram exercidos carregamento de tração e cisalhamento e as forças resultantes verificadas utilizando uma análise de esforços de elemento finito. Os autores observaram que os esforços de tração e cisalhamento são altamente dependentes da geometria e arranjo do teste, bem como dos materiais envolvidos. Com isso, concluem afirmando que quando uma resina composta unida a uma superfície plana de dentina é carregada, seja em tração ou cisalhamento, a distribuição de esforços ao longo da interface é não uniforme. Pequenas variações na metodologia alteram ainda mais a distribuição destes esforços, e provavelmente há um desacordo dos valores de resistência de união alcançados por muitos pesquisadores. Seria necessária uma padronização dos testes para que estes valores pudessem ser comparados.

CHAPPELL et al. ⁸, em 1990, avaliaram a resistência de união ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos e observaram o padrão de fratura com microscopia eletrônica de varredura. Eles utilizaram 64 dentes humanos do grupo terceiros molares, recém-extraídos e que foram divididos em 4 grupos de 16 dentes. Cada dente foi seccionado perpendicularmente ao longo eixo com um disco diamantado sob irrigação. Após isto, a superfície dentinária exposta foi

desgastada com uma lixa de granulação 320 para uniformizar a smear layer. Em seguida, foram aplicados os quatro sistemas adesivos (Gluma, da Columbus Dent; Dentin Adhesit, da Vivadent; Scotchbond 2, da 3M e o Tenure, da Dent-Mat) de acordo com as recomendações dos fabricantes. Sobre as superfícies tratadas foram confeccionados cilindros de resina composta com o auxílio de uma matriz plástica com diâmetro interno de 3,3 mm por 2 mm de altura. As resinas compostas utilizadas foram as recomendadas pelos fabricantes: Lumifor (Columbus Dent), Heliomolar (Vivadent), P-50 (3M) e Perfection (Dent-Mat). Após a remoção da matriz, as amostras foram armazenadas em solução salina a 37°C por 72 horas e levadas em seguida numa máquina Instron a uma velocidade de 0,5 mm/min. Para o teste de resistência ao cisalhamento, utilizaram um cinzel para fazer o carregamento das amostras. As amostras foram observadas em M.E.V. para verificar o padrão da fratura. Os resultados obtidos indicaram que os valores do Scotchbond 2 foram estatisticamente superiores aos outros três sistemas adesivos. O Tenure foi inferior estatisticamente ao Scotchbond 2 e superior ao Gluma e ao Dentin Adhesit, que tiveram os menores valores de resistência de união ao cisalhamento. Através de M.E.V. ficou evidenciado que o Dentin Adhesit tinha grande porosidade na camada de adesivo e o Scotchbond 2 promoveu falhas coesivas na dentina e na resina, pois a resistência de união ao cisalhamento deste material excedeu a força adesiva do compósito e da dentina. Com o adesivo Gluma, pôde-se observar grande quantidade de “tags” fraturados aquém da superfície dentinária, parecendo terem sido tracionados para fora do túbulo dentinário.

ØILO & OLSON ²⁴, em 1990, compararam os valores de

resistência à tração de quatro sistemas adesivos sob duas condições de estocagem, 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 bucal. 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 V. 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 60°C e 70°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 (bucal ou oclusal) assim como o método de tração utilizado alterou os valores de resistência de união significativamente. Com um 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 bucal dos dentes foram cerca de 20% a 50% maiores do que aqueles 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.

CARRACHO et al. ⁶, em 1991, avaliaram o efeito da termociclagem e do tempo de armazenagem sobre a resistência ao cisalhamento de três adesivos dentinários e observaram o padrão da falha ocorrida na interface dentina-resina usando microscopia eletrônica de varredura. Os adesivos

utilizados foram o Scotchbond Dual Cure e Scotchbond 2 (3M) e Mirage Bond (Chameleon). Foram utilizados 120 dentes molares humanos recém-extraídos (40 dentes por adesivo, 10 dentes para cada condição de teste) que foram incluídos em resina acrílica autopolimerizável. A face oclusal foi desgastada até se obter uma área plana de dentina, onde foi aplicado cada sistema adesivo seguindo as orientações dos fabricantes. Após isto, um molde de teflon com 3,3 mm de diâmetro interno e 2 mm de altura foi colocado sobre a área tratada, preenchido com resina composta e fotopolimerizada por 60 segundos. Dez amostras de cada grupo foi termociclada 200 vezes com banhos de 5°C e 55°C e outras dez permaneceram sem tratamento. Ainda dentro de cada grupo, dez amostras permaneceram armazenadas por 72 horas e dez por 1 mês. O teste de resistência ao cisalhamento foi feito numa máquina Instron numa velocidade de 0,5 mm/min.. Os autores concluíram que a termociclagem teve um efeito significativo na redução dos valores de resistência de união para os produtos Scotchbond 2 e Scotchbond Dual Cure, talvez devido aos esforços induzidos na interface dentina-resina e a hidrólise do adesivo. A termociclagem não teve efeito significativo para o produto Mirage Bond. Quanto ao período de armazenagem, os autores verificaram que os produtos Scotchbond 2 e Scotchbond Dual Cure não foram afetados, enquanto o Mirage Bond teve os valores aumentados com 1 mês de armazenagem.

Em 1991, a ISO ¹⁶ desenvolveu uma norma específica para os testes de adesão à estrutura dental com o objetivo de padronizá-los. Este documento descreve varios 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° e a parte que faz a punção na amostra é plana e com 1 mm de largura, formando um ângulo reto. Além disso, a preparação das amostras, estocagem dos dentes, tratamento estatístico dos resultados, estão sendo também padronizados para facilitar a comparação direta dos valores alcançados por diferentes pesquisadores. Segundo a norma, a termociclagem deve ser realizada 24 horas após a confecção dos corpos de prova, através de banhos entre $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ com duração de 20 segundos cada.

NAKABAYASHI et al.²¹, em 1991, verificaram em seu estudo, através da utilização de microscopia eletrônica de varredura, a formação da chamada "camada híbrida" em dentina e esmalte, utilizando adesivos contendo o 4-META (4-metacriloxietil trimelitato anidrido). De acordo com a teoria normalmente aceita da formação dos "tags", o pré-tratamento do esmalte com ácido fosfórico cria retenções mecânicas pela dissolução do material interprismático. O adesivo penetra nas microrretenções e cria uma união mecânica com o esmalte. Neste estudo, os autores observaram que além disso, há uma penetração do adesivo ao redor dos prismas, encapsulando-os. Uma análise química desta interface mostrou que os "tags" são formados puramente de resina e que no final dos "tags", há a presença de uma delgada camada, onde

a resina impregna o material interprismático, formando uma mistura de resina e esmalte. Eles chamaram esta zona de transição de "camada híbrida" em esmalte. Já em dentina, o 4-META, inicialmente mostrou-se ineficaz, pois o ácido fosfórico utilizado como condicionador de esmalte e dentina desnaturava o colágeno dentinário. Os autores resolveram utilizar um pré-tratamento da dentina com a solução chamada 10-3 (ácido cítrico 10% e oxalato férrico 3%). Com isso, a resistência de união aumentou 200%. A formação de "tags" dentro dos túbulos dentinários foi idêntica, seja quando foi usado o ácido fosfórico ou a solução 10-3. Quando a solução 10-3 foi usada, notou-se a formação de uma zona intermediária formada por dentina e resina, chamada também de "camada híbrida". Os autores concluem que quando a hibridização ocorre, a resistência de união aumenta significativamente, seja em esmalte ou dentina. Além disso, forma-se um selamento da dentina e do esmalte, prevenindo a hipersensibilidade e cáries secundárias.

PHILLIPS ²⁹, em 1991, descreveu que uma das maneiras mais efetivas para se aumentar o selamento das margens e a adesão mecânica é pelo uso da técnica do condicionamento ácido. Esta técnica resolveu, em grande parte, os problemas normalmente verificados com restaurações de resina, ou seja, a infiltração marginal e o manchamento. O processo para se conseguir a união entre o esmalte e a resina para restauração envolve um discreto condicionamento do esmalte de maneira a promover sua dissolução seletiva resultando em microporosidades. A resistência adesiva do esmalte atacado varia de 16 a 22 MPa, dependendo da resina que é aplicada. Uma resina à base de BIS-GMA/TEGDMA tende a apresentar um valor mais baixo; entretanto,

quando se usa alguns dos novos agentes de união ao esmalte e à dentina pode-se conseguir valores maiores. Isto pode ser devido à melhor capacidade de umedecimento da superfície de esmalte, produzida por estes agentes. A dentina possui grandes obstáculos para uma união adesiva, os quais são maiores que os do esmalte. Ela é heterogênea e seu alto conteúdo de água impõe requisitos ao material, que se propõe a ser um efetivo agente de união entre o material restaurador e a dentina. Sua natureza tubular propicia uma grande área, pela qual o fluido dentinário pode escoar para a superfície, afetando adversamente a adesão. Uma complicação adicional é a presença da camada de esfregaço ("smear layer"), sobre a superfície da dentina cortada. Por estas razões é que o desenvolvimento de um adesivo dentinário foi retardado em mais de uma década após ter-se conseguido resultados perfeitos com a técnica do condicionamento ácido. A primeira geração de adesivos dentinários pode ser considerada aquela desenvolvida antes da década de 80. A segunda geração destes materiais gozou de um sucesso comercial no começo da década de 80, enquanto a terceira geração compreende os adesivos dentinários mais recentemente desenvolvidos. Na primeira geração dos adesivos, o procedimento mais comum foi o uso do ácido glicerofosfórico dimetacrilato, de maneira a obter uma molécula bifuncional, na qual se acreditava que o grupo fosfato hidrófilo iria reagir com os íons cálcio da hidroxiapatita. Já o grupamento metacrilato ficaria apto para se unir à resina restauradora acrílica. Foi obtida uma resistência de união relativamente baixa e que diminuía com a armazenagem em água. Na segunda geração, conquistas significativas foram feitas no desenvolvimento dos agentes de união para as resinas compostas. Nessa época, elas já tinham largamente substituído os produtos acrílicos. A proliferação na comercialização desses

produtos acompanhou estes avanços, ao conseguir-se resistência de união três vezes maior que com os agentes adesivos anteriores. Dizia-se de alguns produtos terem uma resistência à união de 30 a 50% em relação à resistência à união com esmalte. A maioria dos produtos comerciais eram monômeros diversos de ésteres fosfatados, nos quais o cloro entrava por substituição. Além de sua aplicação à dentina, eles serviam para unir as resinas ao esmalte condicionado. Acredita-se que o mecanismo de união é uma adesão iônica ao cálcio por um grupamento clorofosfato, apesar de não existir uma evidência que suporte esta hipótese. A terceira geração dos adesivos são capazes de produzir uma resistência de união quase comparável àquela que existe entre a resina e o esmalte condicionado. Por outro lado, a melhoria na resistência da união tem sido acompanhada por um aumento na complexidade do uso, onde são necessários dois ou três passos para a aplicação do adesivo. A química varia em cada produto, mas o que existe em comum entre eles é o tratamento ácido da dentina, como primeiro passo no procedimento de aplicação do adesivo. É obvio que estes produtos comerciais usam uma variedade de substâncias químicas, numa tentativa de unir-se por adesão, tanto aos componentes inorgânicos como aos orgânicos da dentina, e fazem propagandas a este respeito. Entretanto, quando estes esquemas de adesão química são propostos há freqüentemente pouca ou nenhuma evidência para suportá-los. É mais provável que a união seja micromecânica. A natureza ácida do primeiro condicionador ou "primer", como é o exemplo dos ácidos nítrico, maleico e EDTA, provoca essencialmente a remoção da camada de esmagamento. Quando o condicionador é usado por um tempo prescrito, há uma súbita abertura dos túbulos dentinários, bem como um ataque modesto da dentina intertubular. Isto permite a penetração de um

monômero polimerizável como o HEMA nesta textura fina de dentina condicionada, o que promove uma excelente união mecânica.

Em 1991, RETIEF ³⁰, 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 estocagem, 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 complexas 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. Quando o carregamento foi feito com uma ponta de base retangular de 1,8 mm, os valores foram cerca de 40% inferiores aos valores alcançados quando um cinzel com ponta de 0,5 mm de largura foi usado. A ponta de base retangular aplicou um carregamento com forças em balanço e o cinzel um carregamento de “abrir à força”. O autor concluiu afirmando que por causa da grande variação nas metodologias dos testes, os resultados obtidos de diferentes laboratórios não podem ser comparados. Ainda, os resultados de adesão encontrados em testes de laboratório, não devem ser extrapolados para a clínica, e sim apenas como orientação.

RUEGGEBERG ³², em 1991, realizou um estudo de revisão onde propôs discutir a dentina como um substrato para adesão. Ele afirmou que um

dos fatores que dificultam a comparação direta dos valores alcançados em testes de adesão é o procedimento de obtenção e tratamento da dentina. A dentina pode ser obtida à partir de dentes humanos ou de boi, mas os resultados obtidos entre elas não podem ser comparados, já que a dentina bovina possui túbulos mais largos e diferenças estruturais. O tempo de estocagem dos dentes antes dos testes de união é um fator que pode afetar, em alguns casos, os valores de resistência de união à dentina, apesar da maioria das pesquisas indicar que o tempo pós-extração não exerce um efeito significativo. As condições de estocagem como tipo de solução, concentração e termociclagem afetam diretamente os valores de resistência de união, embora, poucos estudos não tenham verificado tal influência. Segundo os autores, o preparo da superfície, a profundidade e o local de união são também fatores que podem alterar os valores de união. Quanto mais profundo, maiores e mais numerosos são os túbulos dentinários. A superfície oclusal possui mais túbulos dentinários do que a superfície lingual. Os autores concluíram afirmando que não há uma metodologia ou critério para seleção e preparo da superfície dentinária para os testes de união, e que se faz necessária uma padronização urgente.

Em 1991, VAN NOORT et al.³⁶, 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 de elemento finito. Para isso eles utilizaram 24 dentes molares humanos embutidos em resina de poliéster que 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 Scotchbond 2 somente na área ensaiada e no segundo grupo, o adesivo foi aplicado em excesso nas margens. Após 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 aquém 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, BARKMEIER & COOLEY ¹ descreveram os resultados de um simpósio a respeito da evolução dos sistemas adesivos, em estudos feitos em laboratório. De acordo com os autores, a união dos materiais resinosos sobre a superfície do esmalte condicionado com ácido está clinicamente demonstrada nos procedimentos preventivos, restauradores e ortodônticos. A união da resina sobre o esmalte dental condicionado tem mostrado excelente evolução na resistência à união e virtual eliminação da microinfiltração marginal. No entanto, a união à dentina tem sido mais um desafio. A primeira geração dos sistemas adesivos à dentina não produziu alta resistência de união ou preveniu a microinfiltração marginal em estudos de laboratório. As novas gerações de sistemas adesivos, geralmente usam um condicionador de dentina para modificar ou remover a "smear layer" e uma subsequente aplicação do agente de união,

que irá formar uma união mecânica com a dentina. Os novos sistemas adesivos têm mostrado resistência à união que se aproxima aos valores de união ao esmalte. A resistência de união tem melhorado com a evolução dos sistemas de união à dentina e a microinfiltração na margem de cimento-dentina tem reduzido significativamente. Os autores concluíram que embora os ensaios de laboratório dos sistemas adesivos proporcionem um mecanismo para comparar sistemas desenvolvidos recentemente, procedimentos clínicos são essenciais para documentar o desempenho por longo período.

BERTOLOTI ⁴, em 1992, descreveu que o condicionamento ácido da dentina é feito para criar superfícies capazes de uma união micromecânica e/ou química da dentina com o agente adesivo da resina. Os principais efeitos do condicionamento da dentina podem ser classificados como físico ou químico. As alterações físicas são principalmente aumento ou redução na espessura e morfologia da "smear layer" e alterações na forma dos túbulos dentinários. As alterações químicas são principalmente as modificações do conteúdo de material orgânico (usualmente em torno de 20% por volume) e descalcificação da porção inorgânica. O ácido fosfórico na forma líquida, considerado o primeiro condicionador de dentina remove alguma superfície dentinária e deixa um padrão limpo e bem definido de condicionamento ácido. A abertura dos túbulos dentinários é aumentada e toma a forma de um funil. O ácido fosfórico que usa sílica fundida como espessante para formar o gel, da mesma forma promove a abertura dos túbulos dentinários, mas deixa uma substancial cobertura do agente espessante sobre a superfície da dentina condicionada que dificilmente é removida através da lavagem com água. Historicamente, diversos ácidos têm

sido pesquisados como condicionadores de dentina, onde podem estar inclusos os ácidos clorídrico, oxálico, pirúvico, fosfórico, maleico, cítrico e nítrico. No entanto, para avaliar um ácido é melhor comparar as constantes de dissociação. Assim, o ácido clorídrico tem pKa 1,4; nítrico, 1,4; maleico, 1,8; fosfórico, 2,1; cítrico, 3,1; oxálico, 4,1. A utilização de um ácido forte pode resultar em remoção de uma camada da superfície já condicionada. No entanto, quando o ácido concentrado for diluído, o processo de dissolução da camada condicionada é seletivo. Assim, ácidos com baixo pKa tendem a ser usados mais na forma de soluções diluídas do que os ácidos com alto pKa.

EICK et al.¹¹, em 1992, verificaram a resistência de união ao cisalhamento de 4 sistemas adesivos: 2 sistemas adesivos comerciais (Tenure, Dent-Mat ; e Mirage Bond, Chamaleon) e 2 experimentais (um baseado em oxalato férrico e outro em oxalato de alumínio). Para isto, utilizaram dentes humanos do grupo dos terceiros molares que foram seccionados no terço oclusal com um disco diamantado, incluídos em resina acrílica ativada quimicamente e desgastados com lixas de carbetto de silício de granulação 320 para simular a formação de "smear layer". Em seguida, a superfície dentinária foi tratada com os 4 sistemas adesivos seguindo as recomendações dos fabricantes. Também foram preparadas amostras para a observação em microscopia eletrônica de varredura e de transmissão. Os autores verificaram que os resultados de resistência de união ao cisalhamento alcançados com estes sistemas adesivos (entre 8 a 14 MPa) foram superiores àqueles alcançados com os sistemas adesivos de um estudo desenvolvido previamente. Os sistemas adesivos usados neste estudo aumentaram e melhoraram o umedecimento e a natureza hidrofílica.

A capacidade de umedecimento do sistema adesivo parece ser um dos fatores mais importante no sucesso dos adesivos atuais.

GWINNETT & KANCA ¹⁴, em 1992, realizaram um estudo para verificar se havia uma relação entre resistência de união ao cisalhamento sobre a dentina e a criação de uma camada híbrida, que representaria a difusão da resina dentro deste substrato. Para isto, utilizaram 4 sistemas de união à dentina: 2 que preservavam e/ou modificavam a "smear layer" (Prisma Universal Bond 3 e XR Bonding) e dois que removiam a "smear layer" (All Bond e Tenure). Também utilizaram 4 marcas comerciais de resina composta, indicada pelo fabricante para o respectivo adesivo: APH, Herculite, P-50 e Marathon. Empregaram 90 dentes molares humanos, divididos em 9 grupos, sendo 7 grupos (1-7) para o ensaio em dentina e 2 grupos (8 e 9) em esmalte. Os dentes foram incluídos em gesso pedra e desgastados com uma lixa de papel de carbeto de silício de granulação 320 até se obter uma superfície plana de esmalte ou dentina (1 mm do limite amelo-dentinário). Em seguida foi delimitada uma área a ser tratada de 0,178 cm² com uma fita adesiva contendo um orifício central. Nos grupos 1 e 2 foram utilizados os sistemas adesivos All Bond e Tenure, seguindo as instruções do fabricante. Os grupos 3 e 4 foram similares aos grupos 1 e 2, mas os condicionadores ácidos foram descartados. No grupo 5, o material All Bond foi aplicado sobre a dentina umedecida com um algodão. Nos grupos 6 e 7 foram aplicados respectivamente os sistemas adesivos P.U.B.3 e XR Bonding de acordo com as instruções do fabricante. Já para os grupos 8 e 9 (esmalte) somente os materiais All Bond e P.U.B.3 foram utilizados. Após o tratamento superficial do esmalte ou dentina, foram confeccionados cilindros da resina composta correspondente ao adesivo

que foram polimerizados em camadas de 1 mm com o aparelho Maxilite (Dentsply). As amostras foram então armazenadas em um banho d'água a 37°C por 24 horas, até serem ensaiadas numa máquina universal (Instron, modelo 1123) a uma velocidade de 5 mm/min. Paralelamente, foram realizadas observações da superfície fraturada com o auxílio de microscopia eletrônica de varredura. Os resultados obtidos indicaram que os materiais que removem a "smear layer" (All Bond e Tenure) foram superiores estatisticamente ($p < 0,05$) aos materiais que preservaram e/ou removeram a "smear layer" (P.U.B.3 e XR Bonding). Em esmalte não houve diferença estatística entre os grupos 8 e 9 (All Bond e P.U.B.3). Nos grupos 3 e 4 (All Bond e Tenure sem o condicionador ácido), a resistência de união ao cisalhamento foi estatisticamente inferior àquela obtida com os grupos 1 e 2 (com o condicionador ácido). Já no grupo 5 (All Bond), cujas amostras tiveram a superfície dentinária umedecida, os valores foram estatisticamente superiores aos demais grupos, devido a natureza hidrofílica dos componentes do produto, o que levou à penetração deste material no interior da dentina, propiciando a ocorrência de uma falha coesiva na dentina. Para os grupos do All Bond e Tenure que seguiram as recomendações do fabricante, a falha foi adesiva na interface resina/dentina, mas as irregularidades na dentina sugeriram que a falha fosse coesiva. Já para os demais grupos em dentina, a falha sempre foi adesiva na interface resina/dentina, indicando nenhuma interação do adesivo com o interior da dentina. Com isso, concluem que a remoção da "smear layer" é essencial para a difusão do adesivo no interior da dentina, principalmente se ela estiver úmida, formando a chamada "camada híbrida".

Em 1992, PASHLEY ²⁶, relatou alguns fatos sobre o efeito do ataque ácido sobre o complexo dentina-polpa. Ele afirmou que o ataque ácido sobre a dentina, usados 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 pode-se condicionar a dentina desde que se use um destes sistemas adesivos modernos. Para isso, é preciso que o adesivo possua grupamentos hidrofílicos, 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, 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 ataque ácido. O autor concluiu 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.

TRIOLO & SWIFT ³³, em 1992, compararam a resistência de união ao cisalhamento de nove adesivos dentinários de terceira geração e um adesivo éster fosfonado (Scotchbond Dual Cure, 3M) como grupo controle. Para isto, utilizaram 120 dentes humanos do grupo dos terceiros molares, que foram

divididos ao acaso em 10 grupos de 12 dentes. Os dentes foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente com a superfície oclusal nivelada junto à junção amelo-dentinária e voltada para cima 2 mm aquém do plano da resina. As superfícies dentinárias foram então desgastadas manualmente com lixas de papel de carbetto de sílcio de granulação 320, 400 e 600, sob irrigação, até se obter uma superfície de dentina plana que foi delimitada por uma fita adesiva com um orifício central de 4,6 mm de diâmetro. Em seguida, todos os condicionadores, "primers" e agentes de união foram aplicados de acordo com as recomendações do fabricante dentro de cada um dos 10 grupos. Depois disso, foram confeccionados cilindros de uma resina composta microparticulada (Silux Plus, 3M) sobre a superfície tratada com o auxílio de uma matriz gelatinosa com diâmetro interno de 4,65 mm. Após a fotopolimerização da resina composta, as amostras permaneceram 24 horas a 37°C e 100% de U.R. e em seguida termocicladas em banhos de 5°C a 55°C por 600 vezes e acondicionadas por 28 dias em água destilada a 37°C até serem levadas a uma máquina de ensaios universal (Instron) para realizar o teste de cisalhamento. Os resultados indicaram que os produtos All Bond - Bisco (19,3 MPa) e Amalgambond - Parkell (23,3 MPa), obtiveram os maiores valores, seguido pelo Clearfil Photo Bond - Kuraray (13,2 MPa) e Prisma Universal Bond 3 - Dentsply (12,0 MPa), e estes pelos produtos Gluma - Bayer/Miles Dental (3,3 MPa), Power Bond - Cosmedent (5,9 MPa), Scotchbond 2 - 3M (7,6 MPa), Tenure - Den-Mat (4,3 MPa) e XR Bond - Kerr (5,4 MPa), que apresentaram os menores valores de resistência ao cisalhamento. Os autores concluíram que talvez a diferença entre estes valores fosse devida à capacidade dos adesivos umedecerem e penetrarem na superfície dentinária condicionada, associada ao tipo de falha. Para os grupos

do All Bond e Amalgambond, quase a totalidade das amostras apresentaram falha coesiva na dentina, indicando que o adesivo penetrou na dentina e que sua força coesiva foi maior que a da dentina. Já para o grupo intermediário (P.U.B.3 e Clearfil Photo Bond) as falhas foram tanto coesivas na dentina quanto adesivas na interface dentina / compósito; para os demais grupos, que tiveram os menores valores, as falhas foram todas adesivas entre a dentina e a resina composta. Os autores concluem que, aparentemente, nestes grupos um mínimo de resina penetrou na superfície dentinária.

Em 1992, VAN MEERBEEK et al.³⁴ investigaram a interface entre o adesivo resinoso e a superfície dentinária pré tratada com 25 sistemas adesivos comerciais. Este estudo foi baseado em observações de microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.) e categorizou os sistemas adesivos morfologicamente e esclareceu seu mecanismo de adesão. Eles utilizaram terceiros molares humanos que tiveram suas raízes seccionadas e a superfície oclusal desgastada com lixas de granulação 600 até se obter uma área plana de dentina. As superfícies das amostras foram tratadas em seguida com todos os sistemas adesivos estudados, de acordo com as orientações dos fabricantes. Em seguida foram incluídos em resina epóxica e cortados perpendicularmente na área tratada. As superfícies obtidas foram então polidas com lixas de granulação 600, e preparadas para a observação em M.E.V.. Pelas amostras observadas, os autores classificaram os sistemas adesivos em três grupos. No primeiro grupo de produtos, houve a remoção da "smear layer" e a formação de uma camada híbrida de resina dentro da dentina. Entre os produtos deste grupo estão o All Bond e All Bond 2 (Bisco), o Scotchbond 2 (3M), o Syntac (Vivadent), o Denthesive (Kulzer), o Tenure

(Den-Mat) e o Gluma (Bayer Dental). No segundo grupo de produtos, notou-se a preservação ou modificação da "smear layer". Os túbulos dentinários foram obliterados com "plugs" formado de partículas globulares de "smear layer", envolvida pelos monômeros hidrofílicos dos adesivos, os quais têm afinidade por componentes orgânicos e inorgânicos da dentina. Neste grupo se situam novamente o All Bond e All Bond 2 (Bisco), o Prisma Universal Bond (Espe), o Prisma Universal Bond 2 e 3 (Caulk-Dentsply) e o Pertac Universal Bond (Espe). No terceiro grupo de produtos, a "smear layer" foi parcialmente dissolvida, criando uma fina camada de dentina impregnada por resina ou por "plugs" de "smear layer". Neste grupo estão os produtos XR Bonding (Kerr), Imperva Bond (Shofu) e J&J LC Dentin Enamel BA (Johnson & Johnson). Os autores concluíram ressaltando que a aplicação dos mais recentes sistemas adesivos induzem a mudanças estruturais na morfologia da superfície dentinária, criando uma interface retentiva chamada de camada híbrida. Esta zona de interdifusão oferece locais para a copolimerização com a resina composta e, conseqüentemente, promove uma proteção em potencial para o tecido pulpar.

OLSSON & ØILO ²⁵, em 1993, compararam as variações na estrutura da dentina humana por meio de microscopia eletrônica de varredura. Para isso, eles utilizaram terceiros molares recém extraídos que foram armazenados em solução salina. À partir destes dentes foram obtidos discos de dentina das faces oclusal e bucal em três profundidades diferentes, ou seja, perto da junção amelo-dentinária, perto da polpa e na dentina central. Os dentes foram seccionados com discos diamantados, lavados em água corrente, secos e preparados para observação em microscopia eletrônica de varredura. Através

das fotomicrografias, os autores concluíram que há um aumento no número e diâmetro dos túbulos dentinários quanto mais profunda for a dentina. Além disso, a dentina da parte oclusal possui maior número de túbulos do que a face bucal. Concluíram ainda que a dentina mais sólida seria a dentina da face bucal junto à junção amelo-dentinária.

ØILO²², em 1993, relatou em seu estudo fatores que podem afetar os valores de resistência de união em estudos laboratoriais, como o tipo de ensaio utilizado, tempo de estocagem 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, exhibe 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 estocagem 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 melhoramento dos sistemas adesivos.

Também em 1993, ØILO & AUSTRHEIM²³ 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 dentes humanos do grupo terceiro molar, que tiveram suas superfícies bucais 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 estocagem de 24 horas; no segundo, foi feito o ensaio de cisalhamento após estocagem 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 estocagem 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 estocagem 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.

BERRY & POWERS ³, em 1994, realizaram um estudo para verificar a resistência ao cisalhamento da união dentina coronal e radicular com o cimento de ionômero de vidro. Para isto, eles utilizaram 60 dentes molares humanos recém-extraídos, que tiveram suas raízes seccionadas, incluídos em resina acrílica, e tiveram a face proximal desgastada até se obter uma área plana de dentina. Os dentes foram divididos em dois grupos de acordo com a marca comercial de ionômero de vidro, ou seja, 30 amostras para o Ketac-Bond Aplicap (Espe-Premier) e 30 amostras para o Ketac-Cem Maxicap (Espe-Premier). Cada grupo foi subdividido em três grupos segundo o tratamento superficial recebido, ou seja, um grupo foi tratado com ácido poliacrílico a 40%, outro com ácido poliacrílico a 25% e o outro não recebeu tratamento. Em seguida foram construídos sobre a dentina, cones invertidos de ionômero de vidro com 3 mm na base e 5 mm no topo por 4 mm de altura. As amostras foram acondicionadas em 100% de U.R. a 37°C por 24 horas até serem levados numa máquina de testes universal (Instron), onde foram presas no mordente inferior, e no superior um fio ortodôntico posicionado junto à interface dente-material restaurador. Os autores concluíram que os valores de união na dentina radicular foram maiores do que na dentina coronária e o cimento Ketac-Bond obteve

resultados superiores ao cimento Ketac-Cem. Além disso, a resistência de união foi maior após o tratamento com ácido poliacrílico a 40% ou 25% do que quando não houve nenhum tratamento.

CHARLTON & BEATTY ⁸, em 1994, compararam, "in vitro", a resistência de união ao cisalhamento de dois sistemas adesivos sobre a dentina humana seca ou úmida. Para isto, eles utilizaram 60 dentes humanos do grupo dos molares que tiveram suas superfícies oclusais desgastadas até se obter uma área plana de dentina. Os dentes foram divididos em 2 grupos de 30 dentes cada. Em um dos grupos foi utilizado o produto Scotchbond Multi-Purpose (3M) e no outro o Optibond (Kerr). Cada grupo foi dividido em dois subgrupos: em um, a dentina foi seca, e em outro, deixada úmida. Após a aplicação e polimerização de cada sistema adesivo, foram construídos cilindros de resina composta sobre a área avaliada. As amostras foram armazenadas em água à temperatura ambiente, por 48 horas, e então termocicladas. Após uma semana, as amostras foram submetidas ao ensaio de cisalhamento numa máquina de ensaios universal (Tinius Olsen, model 1000), numa velocidade de 0,5mm/min. Os resultados indicaram que não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência de união ao cisalhamento para os grupos com dentina seca ou úmida. Os autores concluíram que para estas novas gerações de sistemas adesivos, a presença de umidade sobre a superfície dentinária não compromete, a curto prazo, a resistência de união.

Em 1994, GOES ¹² desenvolveu um trabalho de tese com o objetivo de avaliar a qualidade do condicionamento promovido pelos ácidos fosfórico a 35%, fosfórico a 10% e maleico a 10% sobre a superfície do esmalte e dentina,

após 15 e 60 segundos de tratamento, usando microscópio eletrônico de varredura e ensaios de resistência ao cisalhamento. Para isto, foram utilizados 78 dentes humanos constituídos por grupos caninos, pré-molares e molares, cujas raízes foram seccionadas e as coroas dentárias remanescentes incluídas com resina acrílica ativada quimicamente em tubos de PVC. A face vestibular foi desgastada com lixas d'água de granulação número 180 e 400, respectivamente, até conseguir uma área plana de 5mm de diâmetro na superfície do esmalte ou dentina. Após a preparação das superfícies dentárias, uma fita adesiva circular com um orifício central de 4mm de diâmetro foi aderida sobre a superfície do esmalte ou dentina, com a finalidade de delimitar a área onde se efetuaria a união adesivo-material restaurador. A área delimitada para a união (esmalte ou dentina) foi tratada com um dos seguintes agentes: ácido fosfórico a 35% (3M); ácido fosfórico a 10% (Bisco); e, ácido maleico a 10% (3M), por 15 e 60 segundos, respectivamente. Em seguida, as amostras foram lavadas, secas e aplicados o Scotchbond Primer e Adesivo, conforme a indicação do fabricante, e o compósito restaurador Z 100 (3M) foi inserido através de uma matriz de aço inoxidável (4mm de diâmetro por 5mm de altura), em três camadas, cada uma polimerizada durante 40 segundos. Os corpos de prova foram armazenados a 37°C e 100% de umidade relativa durante 24 horas e submetidos ao ensaio de resistência ao cisalhamento em máquina de ensaio universal Otto Wolpert Werke, a uma velocidade de 6mm/min.. As superfícies do esmalte ou dentina condicionadas dos dentes restantes foram revestidas com ouro-paládio sob alto vácuo para observação em microscopia eletrônica de varredura. As fotomicrografias da superfície do esmalte mostraram que os ácidos fosfóricos a 35% e a 10% produziram padrões morfológicos semelhantes após 15 ou 60

segundos de condicionamento, enquanto que o tratamento com ácido maleico a 10%, por 15 segundos, produziu um aspecto topográfico superficial significativamente diferente. No entanto, após 60 segundos de condicionamento, o padrão morfológico tornou-se semelhante àquele produzido pelos ácidos fosfóricos a 35% e a 10%. O condicionamento da dentina, por 15 ou 60 segundos, com ácido fosfórico a 35% e ácido fosfórico a 10%, removeu completamente a "smear layer" e proporcionou a abertura dos túbulos dentinários. No entanto a ação do ácido maleico a 10%, durante 15 segundos, removeu a "smear layer", mas deixou a abertura dos túbulos dentinários parcialmente fechada, enquanto que, após 60 segundos de condicionamento a "smear layer" foi completamente removida e os túbulos dentinários abertos. Os valores médios de resistência ao cisalhamento (MPa) na superfície do esmalte após 15 e 60 segundos de condicionamento foram 10,64 e 7,58 para o ácido fosfórico a 35%; 12,27 e 10,91 para o ácido fosfórico a 10%; e, 10,16 e 14,22 para o ácido maleico a 10%, respectivamente. Na superfície da dentina os valores médios foram 4,24 e 4,18 para o ácido fosfórico a 35%; 4,84 e 4,79 para o ácido fosfórico a 10%; e, 6,00 e 4,75 para o ácido maleico a 10%, respectivamente. A análise de variância e o teste de Tukey mostraram que a média de resistência ao cisalhamento na superfície do esmalte condicionado com ácido fosfórico a 10%, durante 15 segundos, foi significativamente superior ($P < 0,05$) do que o ácido fosfórico a 35% e ácido maleico a 10%. Para o esmalte condicionado com ácido maleico, durante 60 segundos, os valores médios foram estatisticamente superiores ($P < 0,05$), em relação aos valores produzidos na superfície condicionada com os ácidos fosfóricos a 10% e a 35% que são estatisticamente diferentes entre si ($P < 0,05$), em relação aos valores obtidos

após 60 segundos de tratamento. Entretanto, o condicionamento efetuado com ácido maleico a 10%, durante 60 segundos, produziu valores estatisticamente superiores ($P<0,05$), em relação ao tempo de 15 segundos de tratamento. A análise de variância e o teste de Tukey mostraram que os valores médios obtidos na superfície da dentina condicionada com ácido maleico a 10%, durante 15 segundos, foram significativamente superiores ($P<0,05$) em relação ao ácido fosfórico a 35%. Após o tratamento por 60 segundos não houve diferença estatisticamente significativa entre os diferentes tratamentos. Entretanto, a média de resistência ao cisalhamento sobre a superfície da dentina produzida pelo condicionamento com ácido maleico a 10% durante 15 segundos, foi estatisticamente superior ($P<0,05$) em relação ao tempo de 60 segundos. Os valores obtidos na superfície da dentina condicionada pelos ácidos fosfóricos a 10% e 35% não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($P<0,05$) entre os tempos de 15 e 60 segundos.

Em 1994, PERDIGÃO & SWIFT Jr.²⁸ realizaram um estudo onde verificaram se a forma de apresentação e a concentração do gel do ácido fosfórico afetava a resistência de união ao cisalhamento à dentina, utilizando o sistema adesivo Clearfil Photo Bond, que contém em sua composição um éster fosfonado. Eles utilizaram géis de ácido fosfórico de alta (32% e 40%) e baixa concentração (10%) contendo sílica ou polímeros como espessante. Também verificaram a resistência de união ao cisalhamento do sistema Clearfil Liner Bond, o qual inclui o Photo Bond. Como amostras utilizaram 60 dentes humanos do grupo molar, que foram incluídos em resina acrílica ativada quimicamente. Em seguida as amostras foram desgastadas com lixas de papel de carbeto de silício de granulação 240, 400 e 600 até expor uma área plana de dentina. No

passo seguinte, as 60 amostras foram divididas em 6 grupos. No grupo 1, as amostras tiveram a "smear layer" preservada e serviram como controle; no grupo 2, as amostras foram condicionadas com gel de ácido fosfórico a 40% por 15 segundos e tendo sílica como espessante; no grupo 3, as amostras foram condicionadas com ácido fosfórico a 32%, tendo polímeros como espessante; nos grupos 4 e 5, as amostras foram condicionadas com ácido fosfórico a 10%, contendo, respectivamente, polímeros e sílica como espessantes; e no grupo 6, as amostras foram condicionadas com um agente 10/20 Ca (ác. cítrico a 10% + cloreto de cálcio a 20%) por 40 segundos, lavadas por 15 segundos e secas com jato de ar, aplicando em seguida o SA Primer. No passo seguinte, o Clearfil Photo Bond foi aplicado em todos os grupos como o fabricante recomenda; somente no grupo 6, o Protect Liner foi aplicado e fotopolimerizado por 20 segundos. Cápsulas de gelatina nº 4 foram usadas como matriz para condensar inicialmente duas camadas da resina composta Pertac-Híbrid (ESPE) e em seguida 1 camada da resina composta Herculite XRV. Após 48 horas, as amostras foram termocicladas 1000 vezes em banhos variando de $10^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $50^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ e levadas em seguida numa máquina de ensaios universal (Instron) com uma velocidade de 5 mm/min.. Os resultados obtidos indicaram que não houve diferença estatística significativa entre os grupos que variaram a concentração e o tipo de espessante do gel. Os autores verificaram que a média dos grupos que utilizaram ácido fosfórico foi de 5,2 MPa a 7,6 MPa, enquanto que o grupo que utilizou a solução 10/20 Ca teve uma média de 15,9 MPa e foi estatisticamente superior aos demais grupos. Já o grupo 1 (controle) teve uma média de 1,3 MPa e foi estatisticamente inferior aos demais grupos. A explicação dada pelos autores para estes resultados foi o fato do ácido fosfórico

desmineralizar a superfície dentinária em cerca de 5 μm , enquanto a solução 10/20 Ca desmineralizou somente 1 a 1,5 μm . Concluíram, que o conteúdo de cálcio influencia a união do produto Clearfil Photo Bond à dentina e talvez isto explicasse estes resultados.

WATANABE & NAKABAYASHI ³⁹, em 1994, descreveram alguns fatos sobre os métodos utilizados no Japão para se mensurar a união de compósitos 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 conseguir corpos-de-prova perpendiculares ao substrato 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 deles 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 ¹⁰, 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 testes 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. Segundo ainda 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.

HOLTAN et al.¹⁵, em 1995, 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 numa máquina de testes universal (Instron) para o ensaio de cisalhamento. Os autores verificaram que os mais altos valores de resistência de união foram alcançados com os ácidos 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 foram iguais entre si mas, numericamente, o valor máximo foi alcançado pelo ácido fosfórico a 10% por 30 segundos de condicionamento.

Em 1995, PASHLEY et al.²⁶, realizaram um estudo de revisão onde enfocaram as variáveis dos testes de adesão com adesivos dentinários. Os autores relataram que o substrato dentinário é muito heterogêneo. A dentina da

face vestibular de um dente é bem diferente da face oclusal ou proximal, assim como o tipo de dente. Um dente que já sofreu algum processo carioso muitas vezes possui dentina esclerosada, o que não acontece num dente recém-erupcionado. A preparação da superfície para os testes de adesão com lixas de granulação diferente, assim como inúmeros outros fatores relacionados ao substrato dental, podem interferir nos valores de resistência de união. Segundo os autores, existem vários métodos para se verificar a união de materiais restauradores resinosos ao substrato dental, o que dificulta muito a padronização nos valores alcançados por diversos pesquisadores. Além disso, diferentes detalhes em um mesmo método podem proporcionar resultados totalmente discrepantes. Devido ao avanço dos adesivos dentinários, fraturas coesivas no substrato estão sendo observadas, o que leva a supor que os testes atualmente utilizados não mais poderão acompanhar uma evolução dos adesivos atuais. Concluíram que novos métodos precisam ser desenvolvidos e padronizados para que as pesquisas futuras verifiquem os avanços dos adesivos dentinários. Além disso, mais ênfase deveria ser dada sobre a união de adesivos dentinários na dentina cervical esclerosada ou em regiões adjacentes à cárie, já que clinicamente este tipo de substrato é muito comum.

Em 1996, MASON et al.¹⁹, determinaram se os adesivos dentinários têm o mesmo desempenho clínico quando comparado em condições laboratoriais. Utilizaram para o teste “in vivo” 32 dentes humanos periodontalmente comprometidos e livres de cárie cuja superfície oclusal foi desgastada com ponta diamantada sob irrigação até se obter uma área plana de dentina. Em seguida foi aplicado um dos quatro sistemas adesivos testados, ou

seja, Scotchbond Multi-Purpose (3M), Optibond (Kerr), All Bond 2 (Bisco) ou Clearfil Liner Bond (Kuraray), de acordo com as recomendações dos fabricantes. Em seguida foi construído um cilindro de resina composta com o auxílio de uma matriz plástica transparente. Para o teste “in vitro”, foram utilizados dentes humanos livres de cárie que também tiveram a superfície oclusal desgastada com lixas até se obter uma área plana de dentina onde foi construído um cilindro de resina composta, utilizando os mesmos materiais do teste “in vivo”. As amostras foram termocicladas 500 vezes com banhos de 5°C e 55°C e levadas para o ensaio de cisalhamento numa máquina de testes universal Instron, numa velocidade de 0,5 mm/min.. Os autores verificaram que o produto Scotchbond Multi-Purpose foi estatisticamente superior aos demais produtos “in vitro” o que não ocorreu “in vivo”, onde todos foram iguais. Os autores sugerem o uso de um método para avaliar a resistência de união de amostras feitas sob condições clínicas. Concluíram afirmando que os resultados “in vivo” confirmam a validade dos testes “in vitro” para os sistemas adesivos contendo monômeros hidrofílicos.

Em 1996, VISURI et al.³⁸, verificaram o efeito do tratamento superficial da dentina com o laser Er:YAG e compararam com o tratamento convencional através da utilização do alta rotação e condicionador ácido. Para isto eles utilizaram 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 a superfície dentinária utilizando o adesivo Pro-Bond (Caulk-Dentsply). As amostras foram levadas numa máquina de testes 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, GOES et al.¹³, realizaram um estudo onde verificaram o efeito dos métodos de secagem sobre os valores de resistência de união de compósitos sobre a estrutura dentinária. Para isto eles utilizaram 60 dentes humanos do grupo molar que tiveram sua superfície oclusal desgastada até expor a dentina e então polida com lixas de granulação 240, 320, 400 e 600. Após limpeza ultrasônica, um pedaço de fita Teflon com um orifício circular de 4 mm de diâmetro interno foi colada no centro de cada superfície. As superfícies dentinárias foram condicionadas com ácido fosfórico a 32% (Bisco) por 15 segundos e lavadas com água pelo mesmo período. Em seguida, 40 µL de água destilada foi adicionada sobre a janela da fita adesiva para assegurar um excesso de água sobre a superfície dentinária. As amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos de 15 dentes cada. No grupo 1, as amostras foram secas com jatos de ar por 3 segundos; no grupo 2, as amostras foram secas com um papel absorvente (Kimwipes) ; no grupo 3, a água foi removida

com uma escova (Benda Brush); e finalmente no grupo 4, foi aplicado um algodão hidrofílico sobre a superfície dentinária. Nos grupos 2, 3 e 4 a dentina parecia visivelmente úmida e brilhante. Duas camadas do adesivo One Step (Bisco) foram aplicadas sobre a superfície dentinária e levemente espalhadas com jatos de ar por 5 segundos e logo após mais duas camadas aplicadas, secas e fotopolimerizadas por 10 segundos. Cilindros plásticos foram preenchidos em 2/3 de seu comprimento com resina composta (Z-100, 3M) e fotopolimerizados por 40 segundos. O 1/3 final foi preenchido, aplicado sobre a dentina e fotopolimerizado também por 40 segundos. As amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas a temperatura ambiente, termocicladas 500 vezes com banhos a 5°C e 55°C e então levadas a uma máquina de testes universal (Instron) com uma velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo testes ANOVA e de Tukey ao nível de 5% de significância e eles mostram que o grupo 1 obteve os menores valores de resistência ao cisalhamento quando comparado aos grupos 2, 3 e 4, que foram iguais entre si. Os autores concluíram que a resistência ao cisalhamento foi diminuída estatisticamente quando foi utilizada a técnica da secagem com jato de ar por 3 segundos, quando comparada às outras técnicas de secagem da superfície dentinária.

KONISHI et al.¹⁸, em 1997, verificaram a influência da distância da polpa sobre a resistência ao cisalhamento da dentina em três regiões distintas. Utilizaram 30 molares humanos que foram seccionados e preparados para promover amostras em três regiões distintas, ou seja, na região bucal, lingual ou oclusal do dente. Quanto à profundidade, as amostras foram desgastadas até 1

mm da polpa, 1 mm da junção amelo-dentinária ou numa região intermediária entre elas. Cada amostra foi cuidadosamente examinada em microscopia eletrônica de varredura para se observar a orientação dos túbulos dentinários e então testar, por cisalhamento, as amostras no sentido perpendicular a direção dos túbulos dentinários. Os autores verificaram que a resistência ao cisalhamento para a localização de 1 mm da polpa, foi significativamente menor em cada caso. A dentina perto da polpa é mais fraca do que em outras localizações para os testes de resistência ao cisalhamento. Além disso, os autores concluíram que a dentina é muito mais resistente do que os valores normalmente relatados nos estudos de resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos sobre sua superfície.

VERSLUIS et al.³⁷, em 1997, realizaram um estudo para verificar a localização da falha ocorrida na união compósito - dentina após o teste de cisalhamento, utilizando a análise de esforços de elemento finito. Para isso, eles utilizaram dentes bovinos embutidos em resina de poliéster que foram desgastados até se obter uma área plana de dentina, a qual foi delimitada com uma fita adesiva com 3 mm de diâmetro. Após foram construídos cilindros de resina composta (P-50, 3M) com 4 mm de diâmetro por 6 mm de altura utilizando uma matriz de teflon. Eles foram unidos à dentina com o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose (3M), deixando uma espessura do adesivo de 100, 50, 25 ou 12,5 μm . Foram também utilizados dois tipos de condicionadores ácidos na dentina, ou seja, o ácido maleico a 10% e o ácido fosfórico a 35%. As amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas a 37°C e testadas com um cinzel posicionado numa máquina de testes universal MTS, com a velocidade variando em 1,2 ou 0,5 mm/min.. Pelos resultados, os autores

verificaram que não houve diferença estatística significativa entre as duas velocidades e os dois condicionadores ácidos. Quando a velocidade de 1,2 mm/min. foi utilizada, cerca de 44,5% das amostras tiveram falha adesiva. O restante teve falha coesiva de três modos, ou seja, 27,1% falha coesiva na dentina, 21,2% no compósito e 7,2% no adesivo. Através da análise de esforços de elemento finito, os autores observaram que há uma alta concentração de esforços nos testes usuais de união à dentina nas diversas posições de carregamento, cujas resultantes podem gerar trincas que divergem para a dentina ou para o compósito, deixando a interface sem ser testada. Por isso, pode-se verificar que a dentina ou compósito muitas vezes se fraturam devido a biomecânica dos testes utilizados e não devido à resistência do adesivo. Concluem afirmando, que é clara a necessidade de uma nova tecnologia para se avaliar as interfaces encontradas em Odontologia.

5 - PROPOSIÇÃO

5 - PROPOSIÇÃO

A qualidade dos adesivos de dentina é freqüentemente verificada por vários testes de laboratório, usando esforços de tração ou cisalhamento sob certas limitações. Estes testes “in vitro” mostraram valores de resistência que dificultam a padronização e impossibilitam a comparação direta entre diferentes metodologias. Por esta razão, este estudo se propõe, nos testes de resistência ao cisalhamento, comparar:

1) O efeito dos carregamentos por cinzel, fio ortodôntico e fita metálica na obtenção dos valores de resistência de união da interface dentina-resina, submetida ou não a termociclagem; e,

2) O aspecto morfológico da região de fratura na superfície da dentina, por meio de microscopia eletrônica de varredura.

6 - METODOLOGIA

6 - METODOLOGIA

6.1 - MATERIAIS

Foi utilizado neste estudo um sistema adesivo comercial, recomendado para uso em esmalte e/ou dentina, juntamente com o condicionador ácido específico. Em combinação com o sistema adesivo, foi utilizado o respectivo compósito desenvolvido e comercializado pelo próprio fabricante do sistema adesivo. A descrição do sistema adesivo e do compósito restaurador, bem como a composição destes materiais, são vistas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Descrição do compósito restaurador usado no estudo.

Compósito	Composição	Fabricante
Z-100	BIS-GMA TEGDMA Zircônia / Sílica	3M Dental Products St. Paul, MN

Tabela 2. Descrição do sistema adesivo utilizado na pesquisa

Sistema Adesivo	Condicionador (tempo)	"Primer"	Adesivo
Scotchbond Multi-Purpose Plus	ác. fosfórico a 35% (15 segundos)	HEMA ác. Polialcenóico água	Bis-GMA HEMA

6.2 - MÉTODO

6.2.1 - Confeção dos corpos-de-prova

Foram utilizados neste estudo 48 dentes humanos não cariados extraídos por razões diversas, constituído do grupo molar. Os dentes foram submetidos a uma profilaxia usando pedra pomes e água com escova tipo pincel em velocidade de baixa rotação, selecionados e armazenados pelo período máximo de seis meses em soro fisiológico, à temperatura ambiente até o início do experimento. A inclusão dos dentes, preparo das superfícies dentinárias e confeção dos corpos-de-prova foram realizados de acordo com a técnica desenvolvida por Goes ¹².

As raízes dos dentes foram seccionadas e as coroas remanescentes incluídas com resina acrílica ativada quimicamente (Clássico, Artigos Odontológicos Ltda) em cilindros de plástico, com 20 mm de diâmetro externo por 20 mm de altura, com a face vestibular voltada para cima e projetada 1 mm além da borda do cilindro de embutimento.

Os cilindros de resina acrílica contendo os dentes incluídos foram posicionados individualmente na região central de uma base metálica circular, medindo 20,5 mm de diâmetro interno por 75 mm de diâmetro externo por 29,0 mm de altura. A inserção mantinha a borda superior do cilindro de plástico paralela à superfície da base metálica e a face vestibular do dente projetada além das bordas justapostas, em posição fixa por meio de um parafuso inserido numa das faces laterais da base metálica (Fig. 1).

Em seguida, com o auxílio de uma politriz vertical (P.F. Dujardin & Co., Dusseldorf, Alemanha) e lixas d'água de granulação número 180 e 400, a superfície dental foi desgastada com leve pressão, sob refrigeração, usando como base o suporte metálico, sem fazer pressão, até conseguir uma área plana de, no mínimo, 5 mm de diâmetro na superfície da dentina. Após o desgaste, a superfície vestibular foi examinada com Lupa Estereoscópica (Carl Zeiss, Alemanha), com 50 vezes de aumento, para verificar se nenhuma estrutura de esmalte permanecia na superfície da dentina.

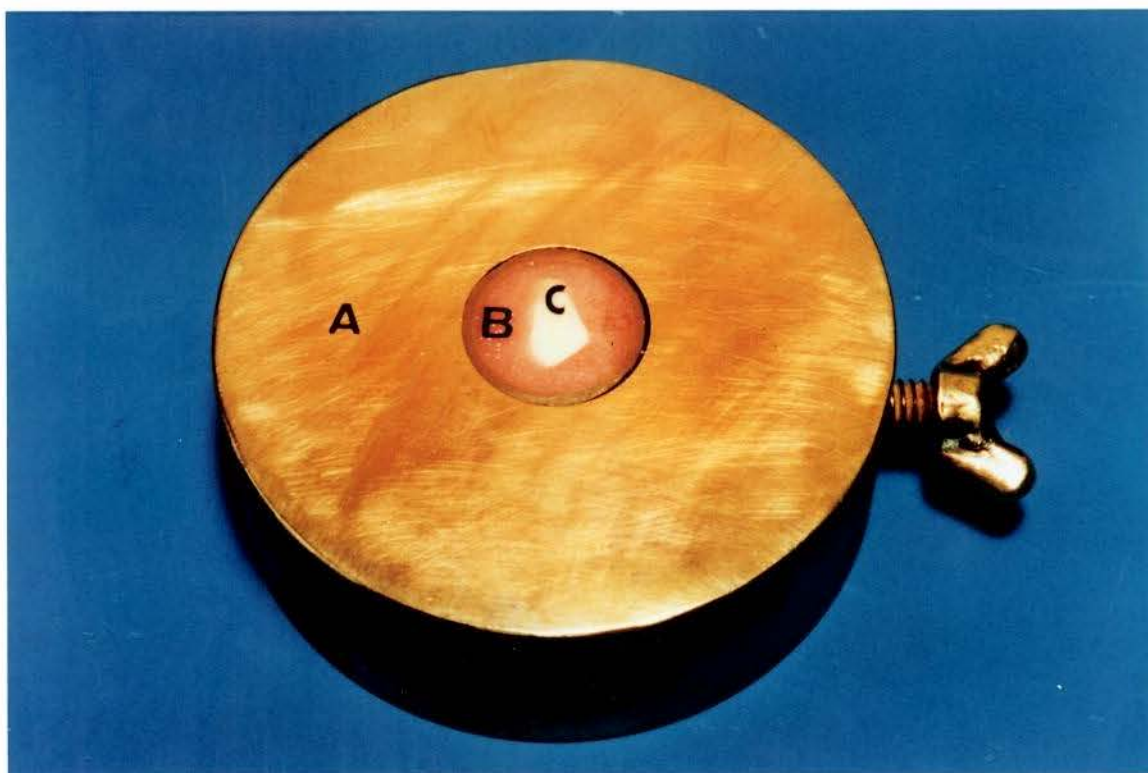


Figura 1 - Base metálica (A) utilizada como suporte para desgastar a superfície dental (C), embutida em resina acrílica no cilindro de plástico (B).

6.2.2 - Preparação dos corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento.

Uma fita adesiva (Contact) circular com um orifício central de 4 mm de diâmetro foi aderida sobre a superfície da dentina, com a finalidade de delimitar a área onde se efetuariam a união adesivo-material restaurador (Fig. 2).

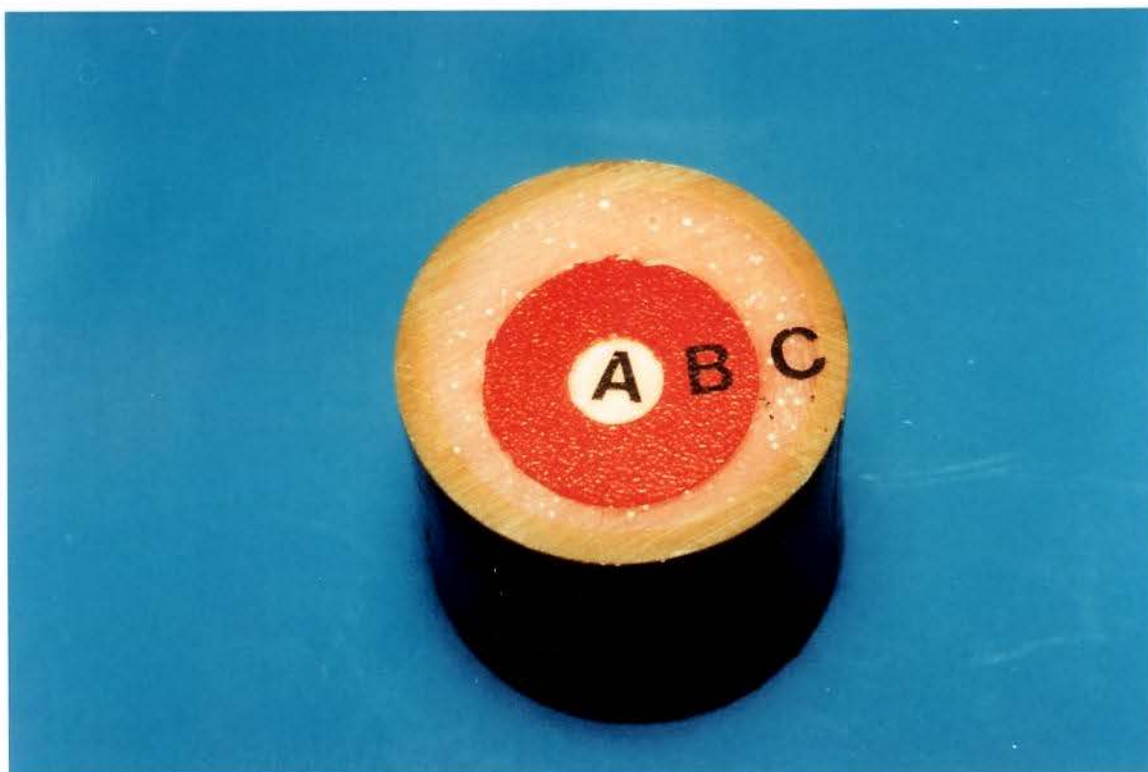


Figura 2 - Área da superfície dental (A) delimitada pela fita adesiva (B) no cilindro de plástico preenchido pela resina acrílica autopolimerizável (C).

As 48 amostras foram divididas em três grupos de 16 amostras cada (um grupo para cada tipo de carregamento). A seguir, as superfícies foram condicionadas com ácido fosfórico a 35%, por 15 segundos, de acordo com a indicação do fabricante. A aplicação do agente condicionador foi feita por meio de uma seringa e, em seguida, a superfície foi lavada em água corrente com o auxílio de uma seringa triplice ar / água, por 15 segundos e levemente seca com jatos de ar, por 2 segundos, também de acordo com as instruções do fabricante.

Após o procedimento de condicionamento ácido, as amostras foram posicionadas individualmente em uma base metálica sextavada externamente e com diâmetro interno de 20,5 mm. A inserção da amostra foi feita até que a superfície plana do dente incluído em resina acrílica ficasse paralela à borda superior da base metálica, mantida em posição por meio de um parafuso inserido numa das faces laterais. Este conjunto foi fixado numa haste metálica, posicionada previamente à bancada de trabalho através de parafusos (Fig. 3, Folha 67).

O "primer" foi aplicado com o auxílio de um pincel sobre a superfície condicionada, de acordo com as instruções do fabricante. A seguir, uma fina camada de "adesivo" foi aplicada sobre a dentina, usando pincel. A camada de "adesivo" foi suavemente difundida com jatos de ar e polimerizada pela exposição à luz visível (Visilux 2, 3M Dental Products Division), durante o tempo preconizado pelo fabricante, isto é, 10 segundos.

Em seguida, uma matriz circular em aço inoxidável com 20,5 mm de diâmetro externo, seccionada no centro por um corte longitudinal, foi posicionada e fixada por meio de um parafuso lateral na porção interna de uma outra base metálica sextavada externamente. Este conjunto foi posicionado

sobre o dispositivo que continha a amostra, também fixados por dois parafusos na região superior. A região central da matriz circular de aço inoxidável possuía uma perfuração de 4 mm de diâmetro por 5 mm de altura, que coincidia com a área demarcada na superfície da dentina da amostra. Essa justaposição foi possível em função das pequenas movimentações permitidas na matriz circular de aço inoxidável, pela movimentação dos parafusos laterais (Fig. 4, Folha 67).

Logo após, o compósito Z-100 (3M Dental Products) foi inserido no orifício central da matriz de aço inoxidável, em três camadas, por meio de um instrumento plástico (Jon) e a adaptação do material às paredes da cavidade foi obtida com movimentos de compactação. Cada camada de compósito com cerca de 1,8 mm foi polimerizada durante 40 segundos, usando luz visível emitida pelo aparelho Visilux 2 (3M Dental Products Division), com intensidade de 530 mW/cm^2 , com a ponta ativa posicionada junto a matriz metálica de aço inoxidável. A seguir, os parafusos que uniam a matriz de aço inoxidável bipartida à base metálica foram liberados, permitindo a remoção da matriz e, conseqüentemente, a obtenção do corpo-de-prova para o ensaio de cisalhamento (Fig. 5, Folha 68).

Logo após a confecção, os corpos-de-prova foram armazenados a 37°C e 100% de umidade relativa em estufa (Heraeus, Alemanha), durante 24 horas. Após este período, oito corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos a 500 ciclos térmicos, com banhos d'água a 5°C e 60°C , por 30 segundos. Intercalando cada imersão (fria ou quente), as amostras permaneciam em água a 37°C , durante 30 segundos. Este procedimento foi utilizado com a finalidade de estabelecer um mesmo nível de temperatura antes de cada imersão, de acordo com Consani et al.⁹. Para a realização do procedimento de

ciclagem térmica, foi utilizado um dispositivo desenvolvido pela Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP (Figura 6, Folha 68).

Terminado o procedimento de ciclagem térmica, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de cisalhamento em uma máquina de ensaio universal Otto Wolpert (Alemanha) a uma velocidade de 6 mm/minuto. Para isso, cada corpo-de-prova foi alojado horizontalmente numa luva metálica, com 20,5 mm de diâmetro interno por 20 mm de altura, fixada ao mordente superior da máquina de ensaio universal. No mordente inferior foram fixadas as extremidades dos diferentes dispositivos utilizados para o carregamento axial. Os dispositivos utilizados foram uma fita metálica de aço inoxidável, com 5 mm de largura por 10 cm de comprimento ou um fio ortodôntico circular com 1 mm de diâmetro por 10 cm de comprimento. Ambos formavam uma alça que envolvia o cilindro de compósito aderido à superfície da dentina, para fazer o esforço de tração (Figs. 8 e 9, Folhas 70 e 71). O terceiro sistema utilizado foi um dispositivo de carregamento contendo um cinzel com 1,0 mm de borda ativa reta (Fig. 7, Folha 69). A resistência de união ao cisalhamento foi calculada pela seguinte fórmula:

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

onde: Rc é, a resistência ao cisalhamento; F, a força aplicada; e A, a área de união.

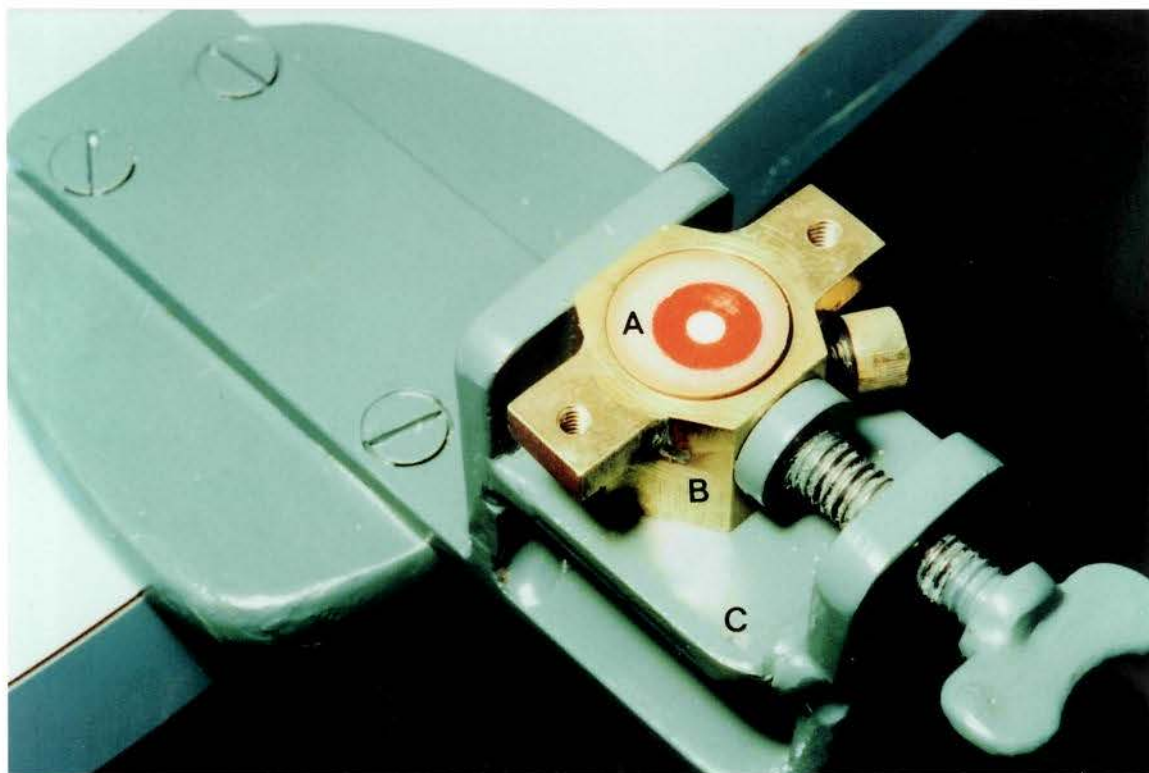


Figura 3 - Corpo-de-prova posicionado na base metálica fixada ao dispositivo metálico preso à bancada de trabalho. A, corpo-de-prova; B, base metálica; C, dispositivo metálico

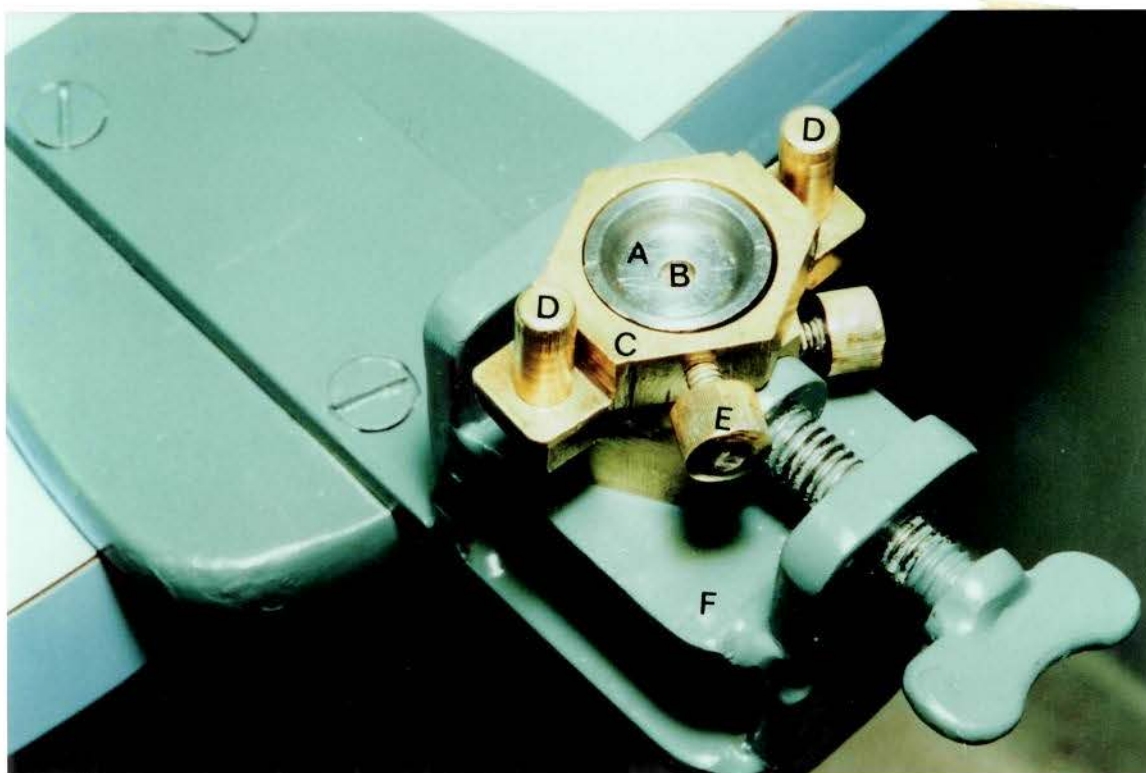


Figura 4 - Posicionamento da matriz circular em aço inoxidável. A, matriz; B, perfuração; C, suporte metálico sextavado; D, parafusos para fixação do suporte metálico; E, parafuso para a fixação da matriz de aço inoxidável; F, dispositivo metálico.



Figura 5 - Disposição seqüencial da amostra e matrizes utilizadas para confecção do corpo-de-prova. A, amostra; B, matriz usada para posicionar a amostra; C, suporte metálico com a matriz de aço inoxidável no seu interior; D, parafusos de fixação; E, corpo-de-prova.

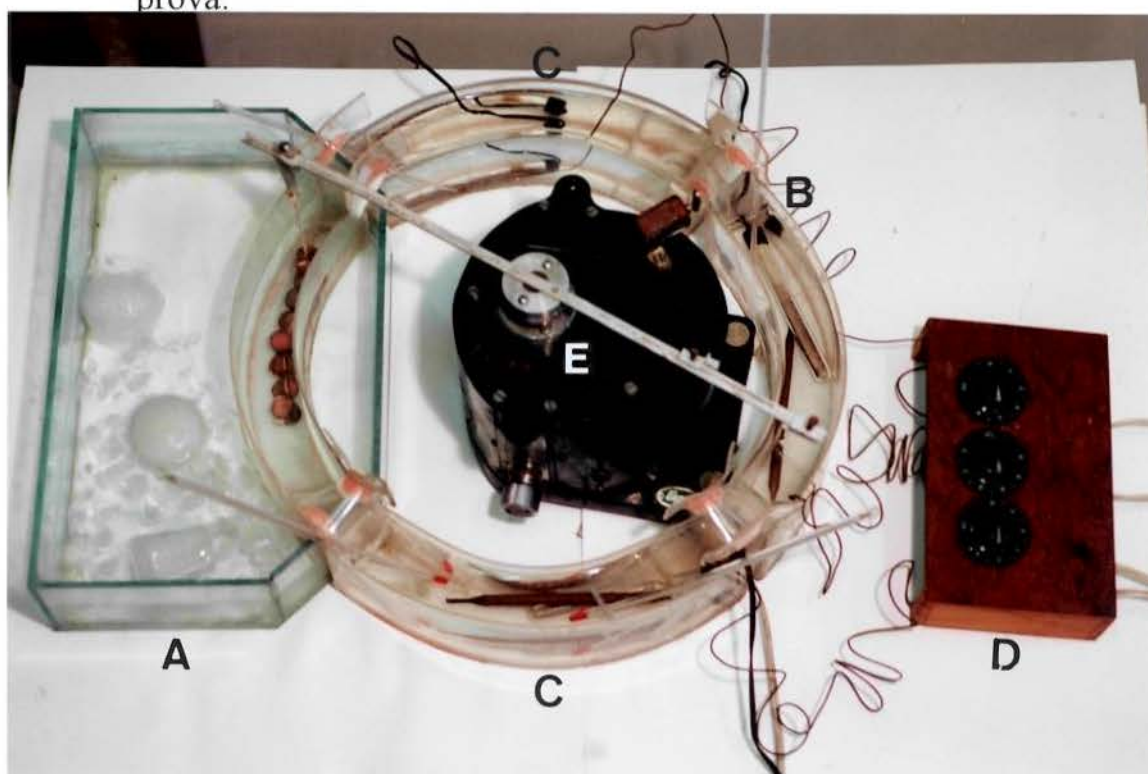


Figura 6 - Dispositivo de ciclagem térmica utilizado no estudo. A, banho frio (5°C) ; B, banho quente (60°C); C; banhos intermediários (37°C); D, regulador de temperatura; E, motor rotativo

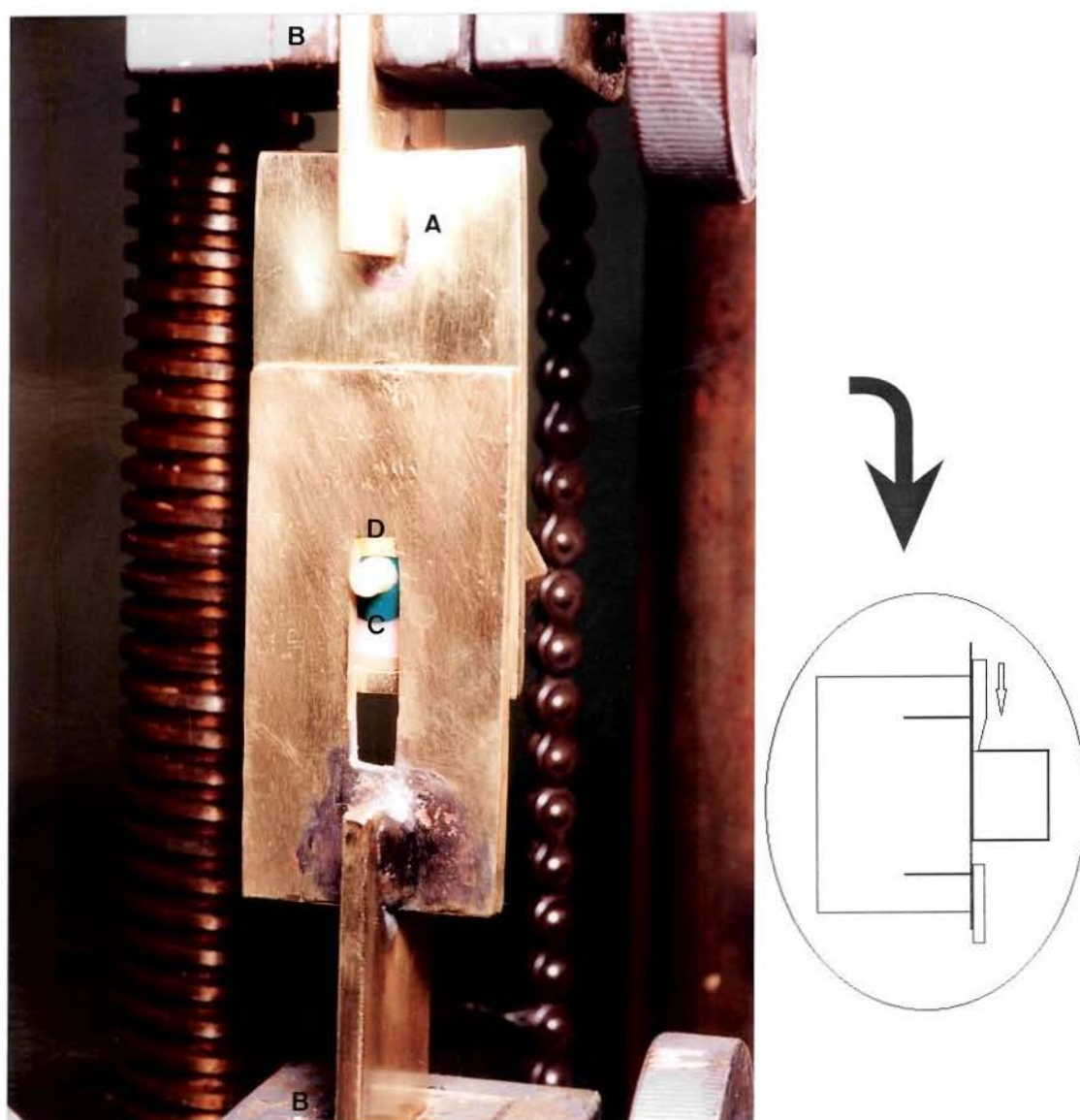


Figura 7 - Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de cisalhamento. A, luva metálica; B, mordente da máquina de ensaio universal; C. corpo-de-prova; D, cinzel.

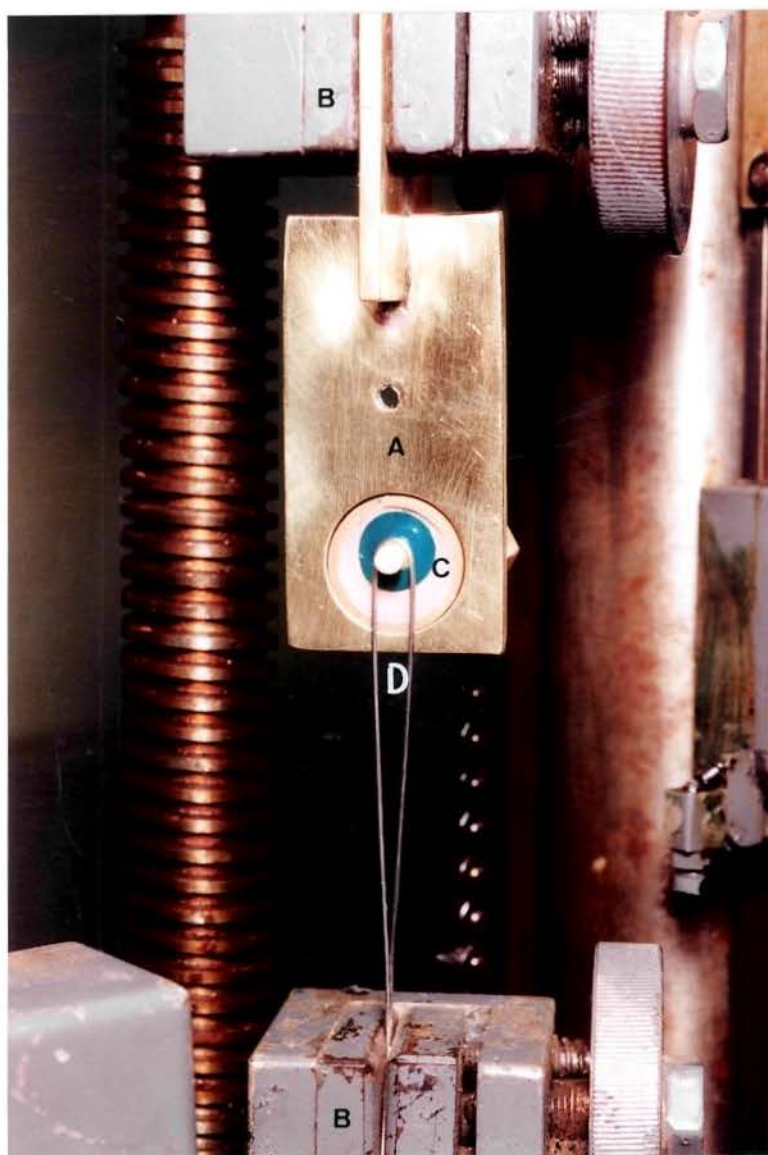


Figura 8 - Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de cisalhamento. A, luva metálica; B, mordente da máquina de ensaio universal; C. corpo-de-prova; D, fio ortodôntico.

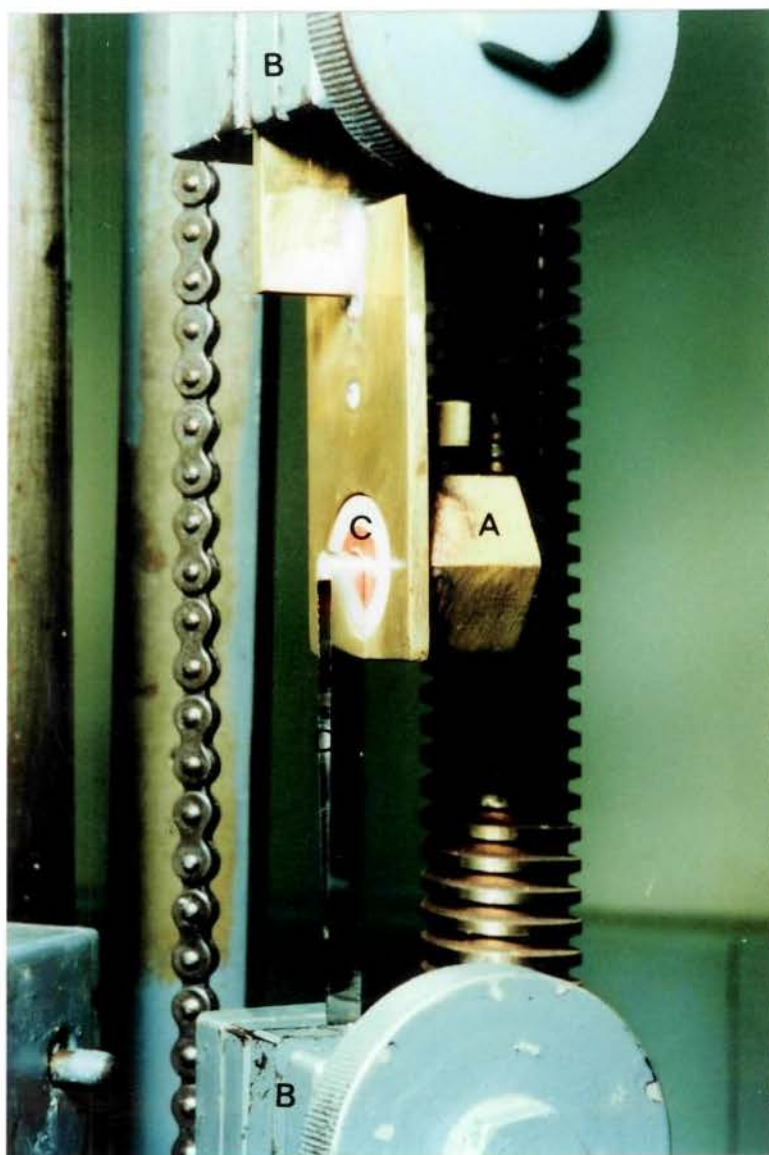


Figura 9 - Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de cisalhamento. A, luva metálica; B, mordente da máquina de ensaio universal; C. corpo-de-prova; D, fita metálica.

6.2.3 - Análise da região fraturada em Microscopia Eletrônica de Varredura.

Neste estudo, foram utilizadas 4 amostras fraturadas, escolhidas ao acaso e representativas de cada grupo de tipo de carregamento. Logo após a realização dos ensaios de resistência de união ao cisalhamento, as superfícies da interface dental foram revestidas com ligas de ouro-paládio, sob alto vácuo (Balzers-SCD 050 sputter coater, Germany), para observação em Microscópio Eletrônico de Varredura (Zeiss DSM 960, Germany), com o objetivo de se verificar o tipo de falha ocorrida e a morfologia da região fraturada.

7 - RESULTADOS

7 - RESULTADOS

7.1 - Ensaio de Resistência ao Cisalhamento

Os resultados obtidos no ensaio de resistência ao cisalhamento na união entre a dentina e o sistema adesivo, de acordo com o tipo de carregamento e ciclagem térmica, estão registrados nas tabelas 3, 4 e 5 (apêndice).

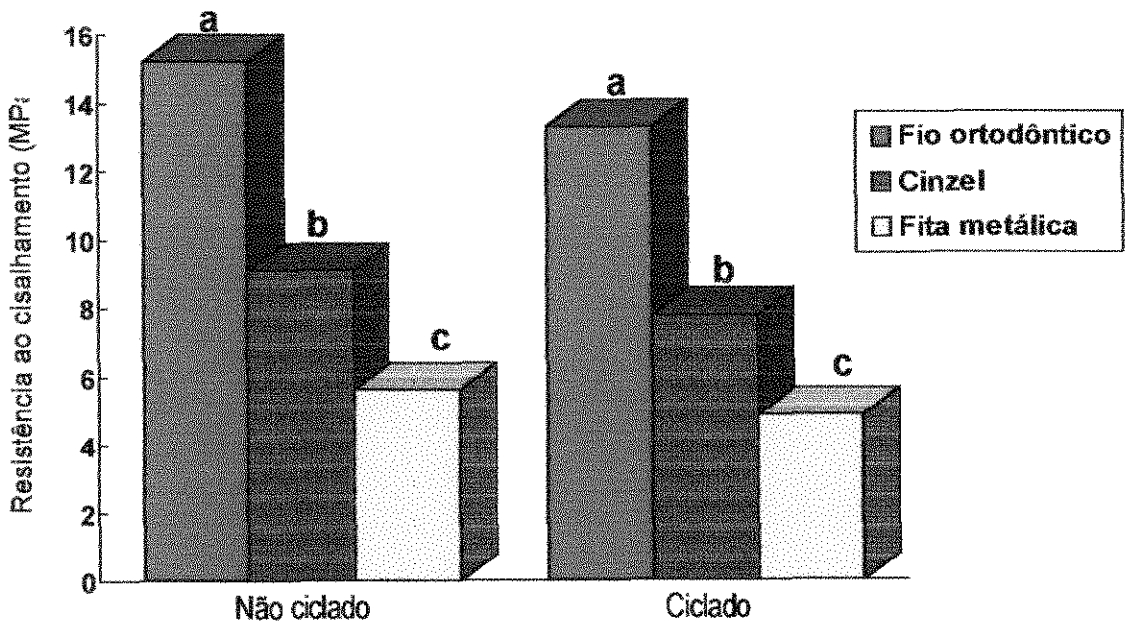
Esses valores foram submetidos à análise da variância com esquema fatorial, cujos fatores foram: Carregamento, que analisa o tipo de carregamento e, Tratamento, que avalia a utilização ou não da ciclagem térmica. De acordo com o Quadro 1 (apêndice), os fatores Carregamento e Tratamento apresentaram diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e estão apresentados nas Tabelas 6 e 7, e ilustrados nas Figuras 10 e 11.

Tabela 6 - Médias de resistência de união ao cisalhamento após a utilização dos diferentes métodos de carregamento (MPa).

Tipo de Carregamento	Não Ciclado			Ciclado		
	Média		D.P.*	Média		D.P.*
Fio ortodôntico	15,23	a	1,43	13,33	a	0,77
Cinzel	9,10	b	1,14	7,81	b	0,64
Fita metálica	5,63	c	0,45	4,87	c	0,41

* Desvio Padrão
D.M.S. 5% = 1,08244
Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey



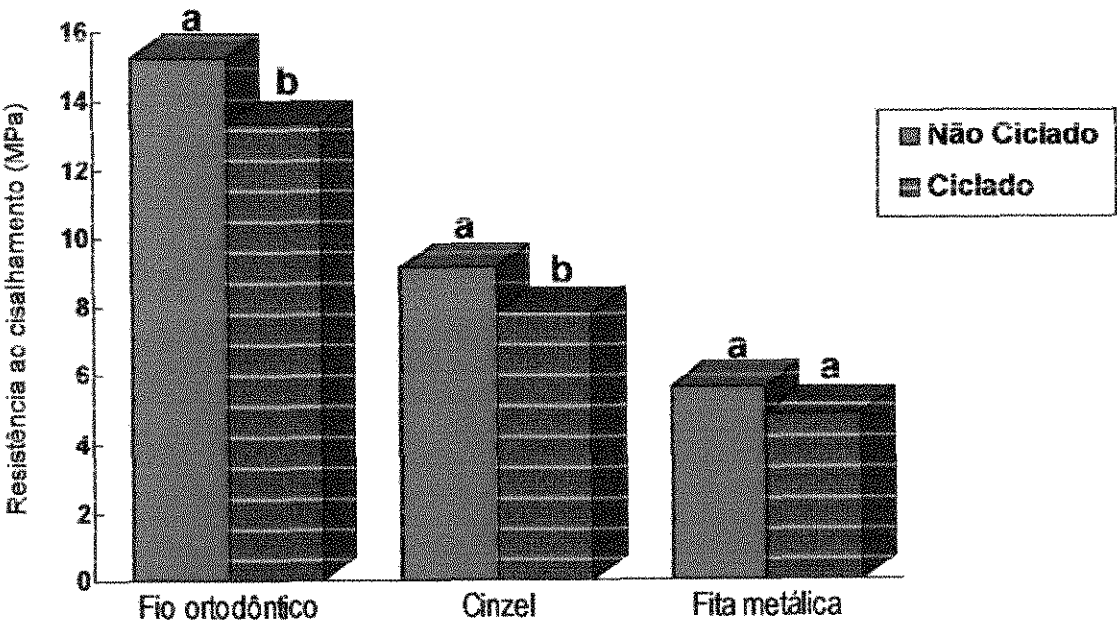
Barras seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Figura 10- Ilustração gráfica dos valores médios de resistência ao cisalhamento após a utilização dos diferentes tipos de carregamento, em MPa.

Tabela 7 - Médias de resistência de união ao cisalhamento dos corpos-de-prova submetidos ou não à ciclagem térmica (MPa).

Procedimento	Fio ortodôntico		Cinzel		Fita metálica	
	Média	D.P.*	Média	D.P.*	Média	D.P.*
Não Ciclado	15,23 a	1,43	9,10 a	1,14	5,63 a	0,45
Ciclado	13,33 b	0,77	7,81 b	0,64	4,87 a	0,41

* Desvio Padrão
D.M.S. 5% = 0,90004
Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey



Barras seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Figura 11 - Ilustração gráfica dos valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos-de-prova submetidos ou não à ciclagem térmica, em MPa.

7. 2 - Análise morfológica da superfície da dentina na região fraturada após o ensaio de resistência de união ao cisalhamento .

As fotomicrografias feitas sobre a superfície da dentina quando foi utilizada a fita metálica mostraram que a falha sempre foi do tipo coesiva no adesivo (Fig. 12). A Figura 13 ilustra os túbulos dentinários preenchidos com adesivo que fraturou junto à superfície da dentina, bem como resíduos de adesivo sobre esta superfície. Quando foi utilizado o fio ortodôntico, a falha mais comumente observada foi do tipo coesiva no compósito (Fig. 16). A Figura 17 mostra resíduos do adesivo e do compósito Z-100 unidos à superfície dentinária (como exemplo de falha mista). Já, quando foi utilizado o cinzel, a falha mais observada foi do tipo mista, ou seja, tanto o adesivo quanto o compósito fraturaram-se coesivamente (Fig. 14). A Figura 15 mostra resíduos de adesivo e compósito unidos à superfície dentinária.

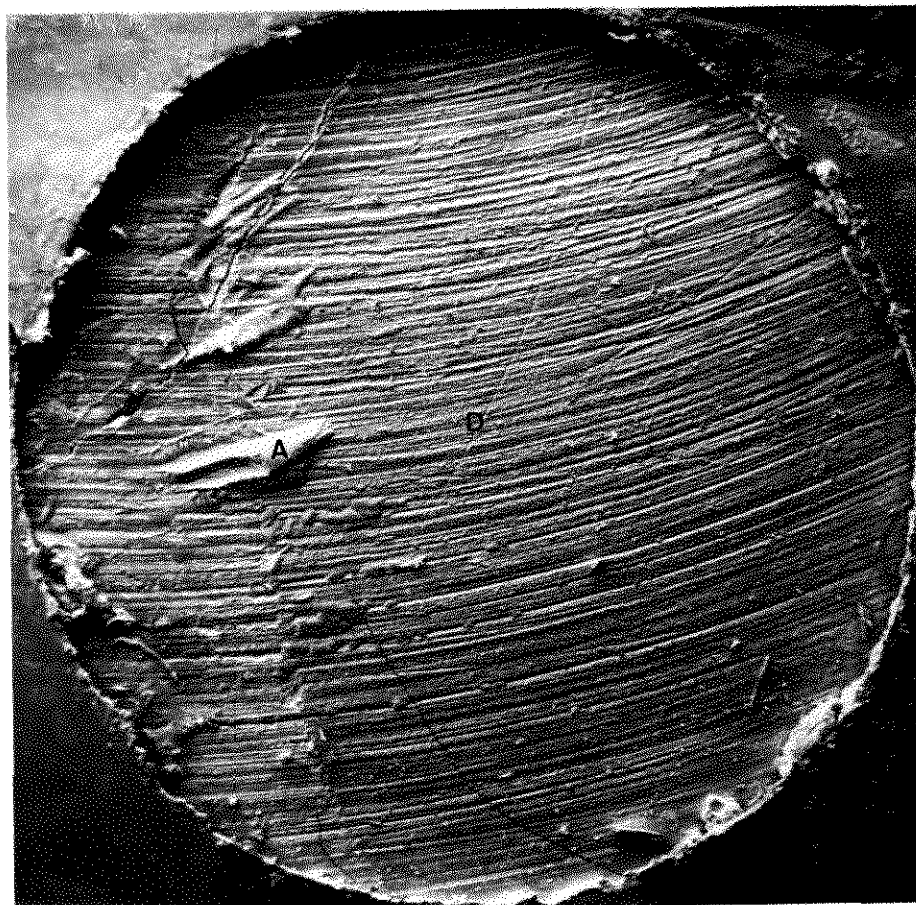


Figura 12 - Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando a fita metálica (20x). Resíduos de adesivo (A) aderido na superfície dentinária (D).

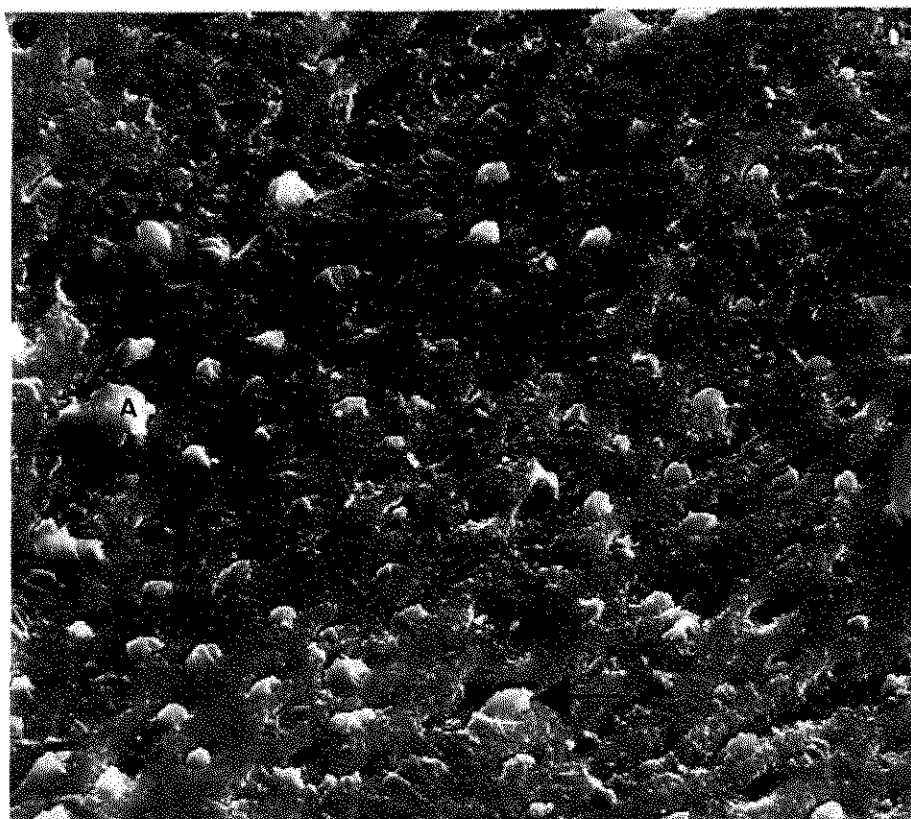


Figura 13 - Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando a fita metálica (1000x). Na letra A, restos de adesivo sobre a superfície dentinária. A seta mostra a entrada de um túbulo dentinário preenchida com adesivo.

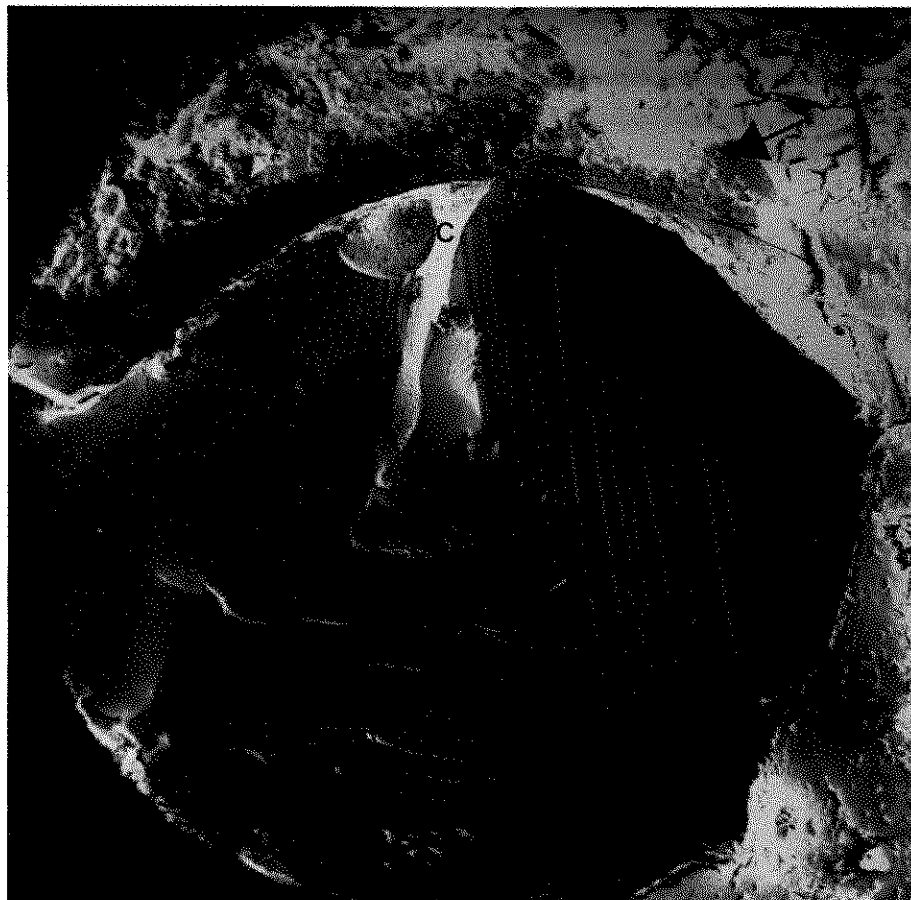


Figura 14 - Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o cinzel (20x). Resíduos de adesivo (A) e compósito (C) sobre a superfície da dentina. A seta indica área de punção.

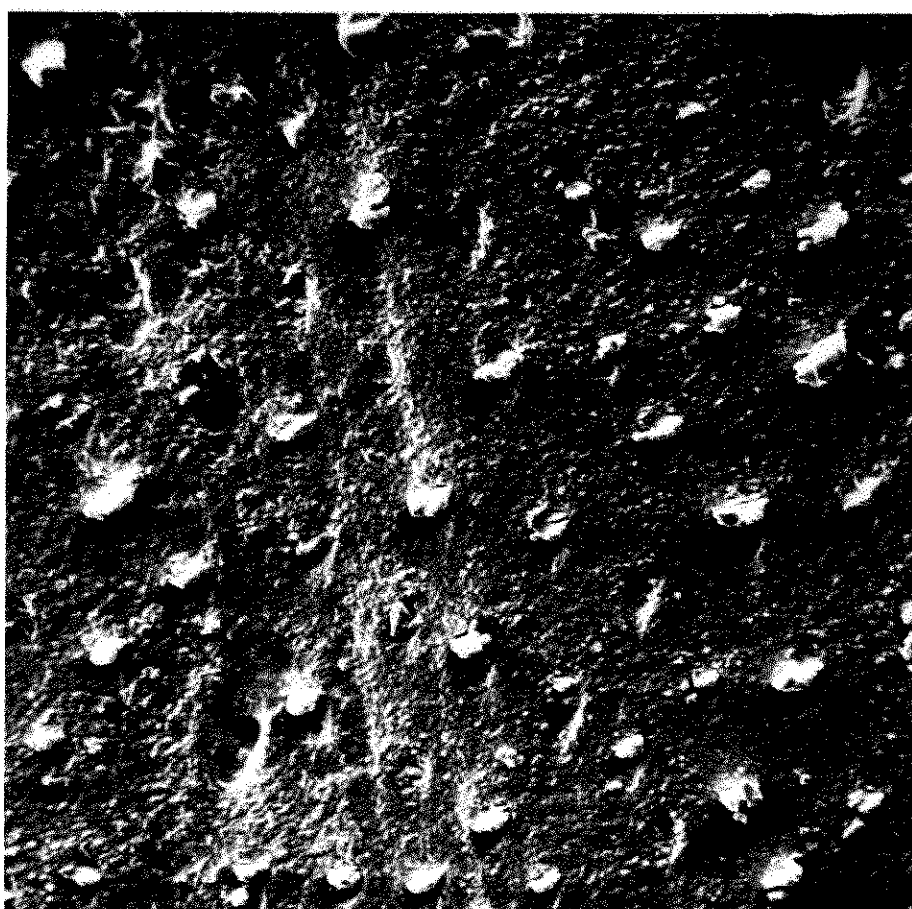


Figura 15 - Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o cinzel (1000x). Num aumento maior da área aparentemente livre de resina, nota-se os túbulos dentinários preenchidos com adesivo aquém da superfície.

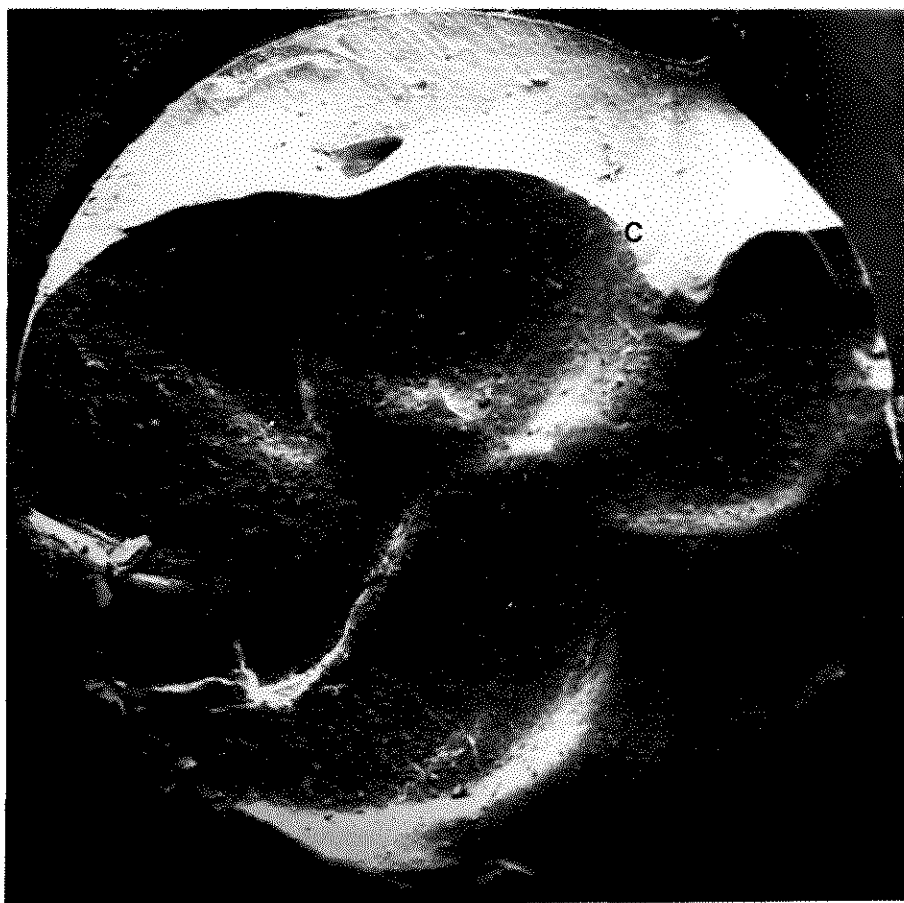


Figura 16 - Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o fio ortodôntico (20x). Restos de compósito em C (áreas esbranquiçadas) sobre a superfície da dentina.

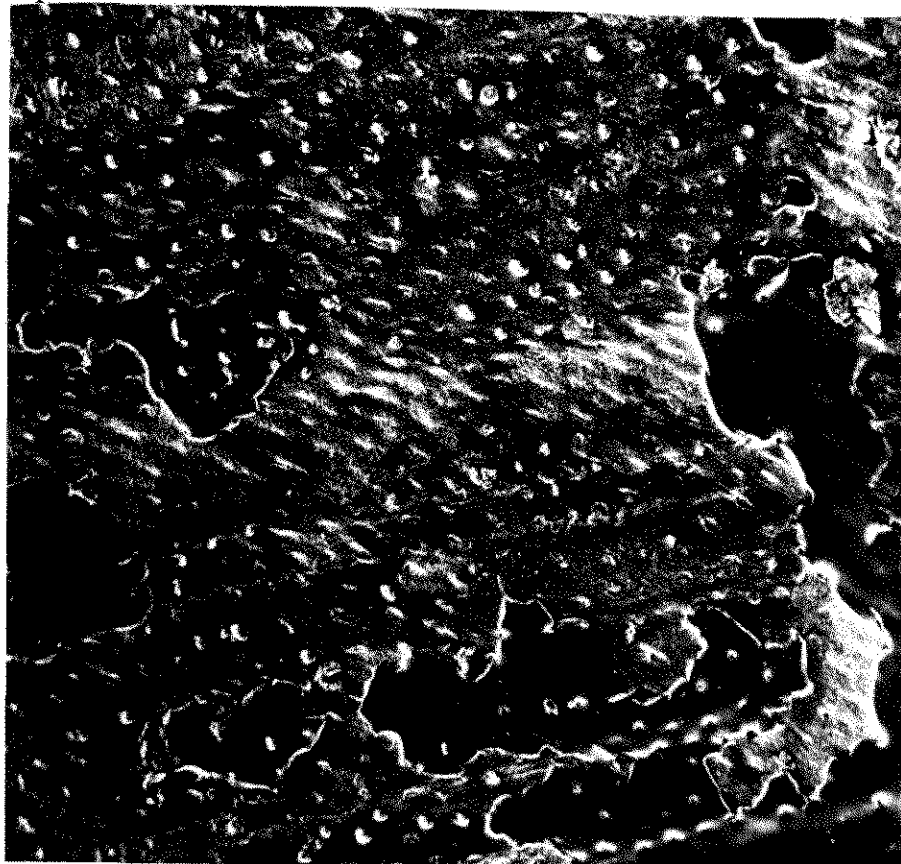


Figura 17 - Aspecto morfológico da superfície da dentina na região de fratura após o ensaio de cisalhamento utilizando o fio ortodôntico (300x). Túbulos dentinários preenchidos com adesivo aquém da superfície (A) e resíduos de adesivo (B) numa amostra com falha do tipo mista.

8 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

8 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Embora os objetivos sejam semelhantes, diferentes métodos e/ou modificações de um mesmo teste são procedimentos de rotina nas investigações científicas. Os resultados dessas investigações fornecem dados de difícil comparação por falta de padronização técnica.

Conseqüentemente, neste estudo laboratorial estas considerações também se constituíram em fatores determinantes na obtenção dos diferentes valores de resistência de união ao cisalhamento. Os dados obtidos à partir de variações no mesmo método de ensaio de resistência ao cisalhamento mostraram uma diferença significativa ($p < 0,05$). Assim, o fio ortodôntico determinou os mais altos valores de resistência de união, estabelecida na interface dentina-resina, atingindo valores médios de 15,23 MPa. A literatura apresenta inúmeros estudos onde este tipo de carregamento tem sido utilizado com freqüência por autores, como Ishioka & Caputo¹⁷ e Berry & Powers³, especificamente no campo dos adesivos dentinários.

A inspeção microscópica da superfície fraturada efetuada em nosso trabalho mostrou que as falhas de adesão ocorridas em certos corpos-de-prova submetidos ao fio ortodôntico foram coesivas na resina (Fig. 16). Isto significa o entendimento de que a resina permaneceu intimamente ligada à camada descalcificada da dentina formando a camada híbrida^{21, 22}, embora o processo de fotomicrografia eletrônica de varredura empregado não tenha sido conduzido para evidenciá-la. Em outras amostras, a falha foi do tipo mista, com

fratura coesiva no compósito e na camada de adesivo, deixando resíduos do material sobre o substrato dentinário e prolongamentos fraturados na entrada dos túbulos dentinários (Fig. 17). Nestas condições, pode-se teorizar que o fio ortodôntico, atuando sobre as amostras durante o teste de carregamento, determinou um padrão de distribuição de esforços por flexão. Nesta condição, os esforços de tração e compressão resultantes do carregamento axial estariam, nos estágios iniciais, concentrados em posições diametralmente opostas e perpendiculares à interface (Fig. 18). Posteriormente, a força de união na interface dentina-resina seria totalmente superada, promovendo fratura coesiva da resina ou desunião mista. Por outro lado, a magnitude das tensões de tração e compressão, ocorridos na interface, aumenta com o aumento da distância entre o ponto de aplicação da carga e a superfície da união. Esta situação é devida ao aumento do valor do momento de flexão, criado pelo distanciamento do ponto de aplicação da carga em relação à interface ^{10, 35, 37}.

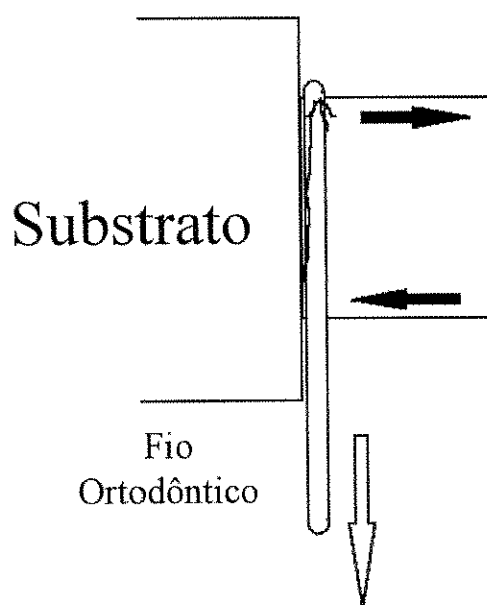


Figura 18 - Ilustração esquemática da direção de fratura ocasionada pelo esforço com o sistema fio ortodôntico.

Por outro lado, o cinzel (ISO) desenvolveu um esforço de clivagem, o qual se concentrou inicialmente na camada sub-superficial da resina (Fig. 14), aparentemente na área de punção (seta). Neste ponto, a resina fraturou-se e a propagação da clivagem atingiu a interface, promovendo o rompimento da união dente-resina (Fig. 19). De fato, este tipo de carregamento produziu esforços complexos, envolvendo clivagem, tração e compressão, instantes antes da ruptura da união, com valores médios de 9,10 MPa. Observa-se na Figura 15, que a dentina próxima à área de punção do cinzel evidencia a presença de prolongamentos resinosos no interior dos túbulos dentinários, fraturados próximos à superfície da dentina. O aspecto fractográfico também sugere que esses fragmentos resinosos parecem ter sido tracionados do interior dos túbulos. Embora não tivessem correlacionado tipo de fratura com método de carregamento, o deslocamento de prolongamentos resinosos fraturados também foi observado por Carracho et al. ⁶ e Chappell et al. ⁷ quando realizaram esforços de cisalhamento com cinzel sobre amostras de resina aderida à dentina.

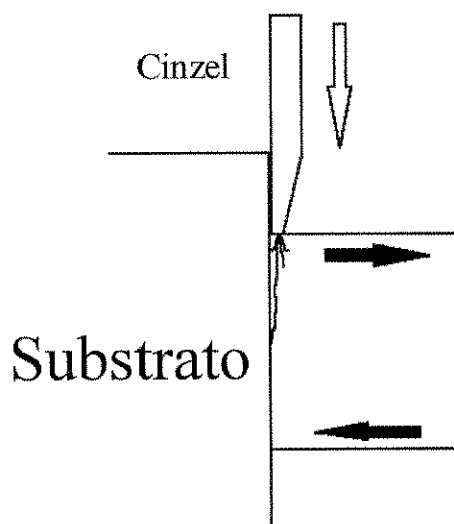


Figura 19 - Ilustração esquemática da direção de fratura ocasionada pelo esforço com o sistema cinzel.

Os mais baixos valores médios de resistência ao cisalhamento, ou seja, 5,63 MPa, foram obtidos com o método da fita de aço inoxidável, evidenciando que o mecanismo de esforço neste teste é menos complexo. Assim, diante dos fatos é possível assumir que a fita de aço promoveu as melhores condições para o estabelecimento do verdadeiro teste de esforço ao cisalhamento (Fig. 20). Os nossos resultados parecem confirmar as afirmações de Retief³⁰, ao observar que o cinzel de ponta retangular (área de contato semelhante ao da fita metálica) promovia menores valores de resistência ao cisalhamento quando comparado ao cinzel de ponta angulada, que causava carregamento de punção (menor área de contato) ao invés de carregamento de compressão.

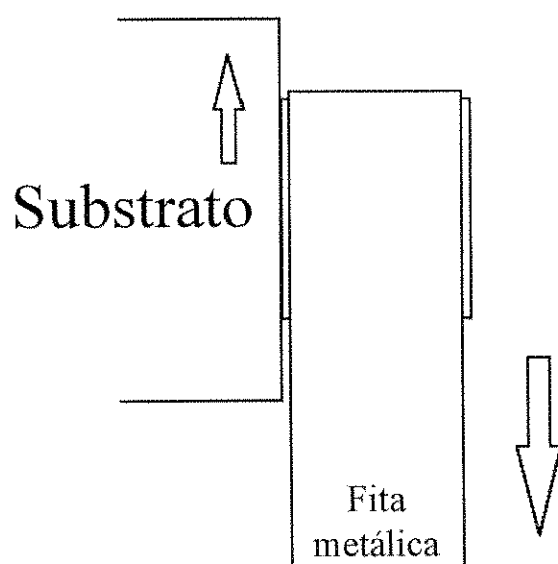


Figura 20 - Ilustração esquemática da direção de fratura ocasionada pelo esforço com o sistema fita metálica.

Portanto, como pode ser observado na Figura 12, o carregamento com fita metálica promoveu desunião do tipo coesiva na camada de adesivo,

provavelmente, sob influência dos esforços de deslizamento ocorridos ao longo da interface, resultantes da alta concentração de força tangencial (forças laterais paralelas), semelhante à encontrada no plano inclinado (deslocamento). Este tipo de esforço, se presente, não deve ser significativo nos testes com fio ortodôntico ou cinzel (ISO), quando o carregamento produziu flexão do cilindro de resina composta ou clivagem da superfície, respectivamente. Na Figura 13 pode-se observar os túbulos dentinários preenchidos com adesivo, os quais fraturaram ao nível da superfície dentinária, caracterizando falha coesiva na região de interface da camada de adesivo. Entretanto, esta situação não mostra o aspecto de deslocamento dos prolongamentos de resina para fora dos túbulos, promovido pelo esforço de flexão, como verificado nas Figuras 15 e 17.

Portanto, o fio ortodôntico e o cinzel (ISO) atuando axialmente sobre o cilindro de resina composta, sem a possibilidade de se assegurar que o ponto de aplicação de carga tenha sido idêntico em ambos os casos, estabeleceram situações diferentes de esforços e, conseqüentemente, diferentes cargas de fratura. Por essa razão é que os resultados de Van Noort et al.³⁵ demonstraram que a uniformidade da resistência à tração ou cisalhamento na interface entre dentina e resina composta não foi alcançada.

Para algumas condições de carregamento, o esforço interfacial não é uniforme, devido principalmente às alterações na geometria e no módulo de elasticidade da resina. Portanto, as falhas de união podem ser iniciadas no próprio corpo da resina composta próximo à interface, mas não necessariamente na interface, como no caso do cinzel (ISO).

O sistema de carregamento com fita metálica não produziu ponto de apoio (fulcro ou momento) no cilindro de resina composta nem clivagem superficial, porém, promoveu um deslizamento entre duas superfícies. Portanto, nesse caso, os esforços de tração e compressão produzidos perpendicularmente na interface serão menores do que os obtidos nos sistemas cinzel e fio ortodôntico. O carregamento por fita metálica talvez explique a presença de falhas do tipo coesiva na camada do adesivo, provavelmente por ser a estrutura que recebe diretamente os esforços de deslizamento.

Neste estudo também foi realizado o procedimento de termociclagem, com a intenção de submeter as estruturas às condições críticas durante os testes “in vitro”, na avaliação da estabilidade de união. Os valores obtidos mostraram que a termociclagem não interferiu no processo de obtenção dos resultados, ou seja, o carregamento com fio ortodôntico obteve os maiores valores médios de resistência ao cisalhamento (13,33 MPa), seguido pelos sistemas cinzel (7,81 MPa) e fita metálica (4,87 MPa), os quais foram diferentes estatisticamente entre si e inferiores ao fio ortodôntico. Já, quando se compara individualmente cada sistema de carregamento em relação ao efeito da termociclagem, pode-se observar que os carregamentos com fio ortodôntico e cinzel (ISO) mostram valores de resistência de união reduzidos significativamente ($p < 0,05$). Por outro lado, a termociclagem não teve efeito estatisticamente significativo no carregamento com fita metálica, apesar dos valores serem numericamente menores. Este resultado diferente dos demais ocorreu, provavelmente, devido ao fato desta variante (fita metálica) não estar sujeita à complexidade de esforços, a ponto de sofrer mais intensamente a ação danosa imposta pela termociclagem, como o fizeram os sistemas fio

ortodôntico e cinzel (ISO).

A maioria dos estudos mostram que há uma diminuição nos valores de resistência da união quando se realiza a termociclagem, devido à fadiga induzida pela alternância térmica e pela hidrólise do adesivo ⁶. Além disso, segundo Watanabe & Nakabayashi ³⁹, o aquecimento a 60°C pode desnaturar o colágeno da dentina, o que levaria a sugerir um possível deterioramento de toda estrutura dentinária. Já, outro estudo observou um aumento nos valores de resistência da união após a termociclagem, resultante, segundo os autores ²³, do efeito relaxante da termociclagem sobre os esforços de contração de polimerização.

As variações nos resultados obtidos nesta investigação podem ser usadas por outros pesquisadores, como uma indicação do fenômeno, com o objetivo de avaliar a significância nos valores de resistência ao cisalhamento, obtidas em diferentes testes laboratoriais.

9 - CONCLUSÃO

9 - CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que:

1. O método de carregamento através do fio ortodôntico produziu a maior média de resistência ao cisalhamento, estatisticamente superior ($p < 0,05$) quando comparado aos métodos cinzel (ISO) e fita metálica, os quais foram diferentes entre si ($p < 0,05$). Esta seqüência foi obtida tanto nas amostras com e sem ciclagem térmica.
2. A ciclagem térmica produziu uma redução estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na média de resistência ao cisalhamento, exceto para o método da fita metálica.
3. As fotomicrografias mostraram que o carregamento com fio ortodôntico promoveu falha de natureza coesiva na resina composta, embora algumas também tenham sido mistas.
4. A falha mais comumente observada no carregamento com cinzel foi do tipo mista, ou seja, coesiva na resina composta e na camada de adesivo.
5. A falha mais comum promovida pela fita metálica foi do tipo coesiva na camada de adesivo.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *

01. BARKMEIER, W.W., COOLEY, R.L. Laboratory evaluation of adhesive systems. Operative Dent., Seattle, p.50-61, July, 1992. [Supplement, 5]
02. _____, 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.
03. BERRY, E.A., POWERS, J.M. Bond strength of glass ionomers to coronal and radicular dentin. Operative Dent., Seattle, v.19, n.4, p.122-126, Aug. 1994.
04. BERTOLOTTI, R.L. Conditioning of the dentin substrate. Operative Dent., Seattle, p. 131-136, July, 1992. [Supplement, 5]
05. BUONOCORE, M.G., 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.
06. CARRACHO, A.J.L., et al. The effect of storage and thermocycling on the shear bond strength of three dentinal adhesives. Quintessence int., Berlin, v.22, n.9, p.745-752, Sep. 1991.

* De acordo com a NBR 6023, de Agosto/1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Abreviaturas de Periódicos de conformidade com o "World List of Scientific Periodicals".

07. CHAPPELL, R.P. et al. Shear bond strenght and scanning electron microscopic observation of four dentinal adhesives. Quintessence int., Berlin, v.21, n.4, p.303-310, Apr. 1990.
08. CHARLTON, D.G., BEATTY, M.W. The effect of dentin surface moisture on bond strength to dentin bonding agents. Operative Dent., Seattle, v.19, n.4, p.154-158, Aug. 1994.
09. CONSANI, S., RUHNKE, L.A., GOES, M.F. Influência do condicionamento ácido no selamento marginal das restaurações de resina composta recobertas com glase. Revta Ass. paul. Cirurg. Dent., São Paulo, v.37, n.5, p.430-435, set./out., 1983.
10. 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.
11. EICK, J.D. et al. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part II. Quintessence int., Berlin, v.23, n.1, p.43-51, Jan. 1992.
12. GOES, M.F. Efeito do tempo na qualidade do condicionamento promovido pelos ácidos fosfórico e maleico em esmalte e dentina, Tese (Livre Docência em Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, 1994.

13. GOES, M.F., et al. Effect of drying methods on resin bond strength to dentin. J. dent. Res., Orlando, v.76, p.65, Mar. 1997 [abstract 416].
14. GWINNETT, A.J., KANCA, J.A. Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. Am J. Dent., San Antonio, v.5, n.2, p.73-77, Apr. 1992.
15. 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.
16. INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION Guidance on testing of adhesion to tooth structure. ISO/TC106/SC 1 N236, Resolution 6 1. - CD TR 11405, Trieste, October, 1991.
17. ISHIOKA, S., CAPUTO, A.A. Interaction between the dentinal smear layer and composite bond strength. J. prosth. Dent., St. Louis, v.61, n.2, p.180-185, Feb. 1989.
18. KONISHI, N., et al. Dentin shear strength: effect of distance from pulp. J. dent. Res., Orlando, v.76, p.188, Mar. 1997 [abstract 1400].
19. MASON, P.N., et al. Shear bond strength of four dentinal adhesives applied *in vivo* and *in vitro*. J. Dent., Oxford, v.24, n.3, p.217-222, May 1996.

20. MOWERY Jr., A.S., PARKER, M., DAVIS, E.L. Dentin bonding: the effect of surface roughness on shear bond strength. Operative Dent., Seattle, v.12, n.3, p.91-94, Summer 1987.

21. NAKABAYASHI, N., NAKAMURA, M., YASUDA, N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. J. esthet. Dent., Ontario, v.3, n.4, p.133-138, July/Aug. 1991.

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

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

24. _____, 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.

25. OLSSON, S., ØILO, G. The structure of dentin surfaces exposed for bond strength measurements. Scand. J. dent. Res., Copenhagen, v.101, n.3, p.180-184, Jun. 1993.

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

27. PASHLEY, D.H., et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. Dent. Mater., Washington, v.11, n.2, p.117-125, Mar. 1995.
28. PERDIGÃO, J., SWIFT JUNIOR, E.J. Adhesion of a total-etch phosphate ester bonding agent. Am. J. Dent., San Antonio, v.7, n.3, p.149-152, June, 1994.
29. PHILLIPS, R.W. Skinner's science of dental materials. 9 ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991. p.215-248.
30. RETIEF, H.D. Standardizing laboratory adhesion tests. Am. J. Dent., San Antonio, v.4, n.5, p.231-236, Oct. 1991.
31. _____, et al.. Tensile bond strengths of dentin bonding agents to dentin. Dent. Mater., Washington, v.2, p.72-77, 1986.
32. RUEGGEBERG, A. Substrate for adhesion testing to tooth structure - Review of the literature. Dent. Mater., Washington, v.7, n.1, p.2-10, Jan. 1991.
33. TRIOLO Jr., P.T., SWIFT Jr., E.J. Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. Dent. Mater., Washington, v.8, n.6, p.370-374, Nov. 1992.

34. VAN MEERBEEK, B. et al. Morphological Aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. J. dent. Res., Washington v.71, n.8, p.1530-1540, Aug. 1992.

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

36. _____, 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.

37. VERSLUIS, A.; TANTBIROJN, D.; DOUGLAS, W.H. Why do shear bond tests pull out dentin? J. dent. Res., Washington v.76, n.6, p.1298-1307, June 1997.

38. 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.

39. 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.

11 - SUMMARY

11 - SUMMARY

The purpose of this study was to compare the influence of the orthodontic-looped wire, stainless steel tape, and chisel-shaped rod systems used in shear bond tests to verify the dentin-resin interface bond strength. 48 human teeth divided in 3 groups were used. The roots were sectioned and the dental crowns embedded in cold acrylic resin cure. The teeth were previously ground to obtain a smooth and plain surface, that was delimited with adhesive tape containing a 4 mm diameter hole. The limited area of dentin was treated with Scotchbond Multi-Purpose Plus adhesive system (3M) in accordance with manufacturer's instructions. Following this step, a metallic split die with 4 mm in diameter and 5 mm in height was placed over the conditioned dentin, and Z 100 composite resin (3M Dental Products, St. Paul, MN) was placed in three increments. Each increment was light cured by Visilux 2 light cure unit (3M Dental Products, St. Paul, MN), for 40 seconds. The specimens were stored at 37°C and 100% relative humidity for 24 hours. Half specimens of each group was submitted to 500 thermic cycles with baths at 5°C and 60°C, interspersed with baths at 37°C. Afterwards, the specimens were submitted to shear bond tests in an Otto Wolpert universal testing machine operated at a cross-head speed of 6 mm/min. After the failure, representative specimens from each group were examined by scanning electron microscopy. The results were submitted to variance analysis and Tukey's test at 5% significance level. It follows that small variation in test methods give different shear bond strength values. The debonding values depend on the complex combination of stresses produced during the loading of the specimens. The electronphotomicrographs showed that to the stainless steel tape

system, the failures were always cohesive in adhesive. With orthodontic-looped wire, the failures more usual were cohesive in composite. In case of chisel-shaped rod system, the failures were mixed (cohesive in adhesive and composite).

Keys-word: Adhesion

Dentin

Shear - Dental materials

12 - APÊNDICE

12 - APÊNDICE

Tabela 3 - Valores individuais e médias da resistência ao cisalhamento para o sistema de carregamento por fio ortodôntico (MPa).

Não Ciclado	Tratamento		Média
	Média	Ciclado	
15,47	15,235	13,17	13,335
13,56		13,36	
17,12		14,36	
13,48		14,44	
16,86		12,37	
16,23		13,48	
15,05		12,40	
14,11		13,10	

Tabela 4 - Valores individuais e médias da resistência ao cisalhamento para o sistema de carregamento por cinzel (MPa).

Não Ciclado	Tratamento		Média
	Média	Ciclado	
8,00	9,105	7,27	7,81125
9,02		7,76	
10,73		8,33	
9,96		7,48	
7,76		7,37	
10,35		7,14	
8,00		8,12	
9,02		9,02	

Tabela 5 - Valores individuais e médias da resistência ao cisalhamento para o sistema de carregamento por fita metálica (MPa).

Não Ciclado	Tratamento		Média
	Média	Ciclado	
5,10	5,63	5,17	4,875
6,17		4,97	
5,47		4,22	
5,49		4,67	
6,19		4,38	
5,33		5,41	
5,17		5,01	
6,12		5,17	

Quadro 1 - Análise de variância para os valores de resistência ao cisalhamento obtidos na união da superfície da dentina com os diferentes tipos de carregamento sob condições de ciclagem térmica ou não.

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Carregam (Car.)	2	671,0108881	335,5054441	442,5787	0,00001
Tratamen (Tra.)	1	20,7900877	20,7900877	26,1857	0,00005
Car.xTra	2	2,6251565	1,3125783	1,6532	0,20208
Resíduo	42	33,3458058	0,7939478		
Total	47	727,7719381			

Média geral = 9,331875
Coeficiente de variação = 9,548%

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE CARREGAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Fio Orto	16	14,285000	14,285000	a	A
Bisel	16	8,458125	8,458125	b	B
Tira Aço	16	5,252500	5,252500	c	C

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO.
D.M.S. 5% = 0,76540 D.M.S. 1% = 0,97145

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE CARREGAMENTO
DENTRO DE CICLADO DO FATOR TRATAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Fio Orto	8	13,335000	13,335000	a	A
Bisel	8	7,811250	7,811250	b	B
Tira Aço	8	4,875000	4,875000	c	C

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE CARREGAMENTO
DENTRO DE NÃO CICLADO DO FATOR TRATAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Fio Orto	8	15,235000	15,235000	a	A
Bisel	8	9,105000	9,105000	b	B
Tira Aço	8	5,630000	5,630000	c	C

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO.
D.M.S. 5% = 1,08244 D.M.S. 1% = 1,37384

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Não Ciclado	24	9,990000	9,990000	a	A
Ciclado	24	8,673750	8,673750	b	B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO.
D.M.S. 5% = 0,51964 D.M.S. 1% = 0,69370

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO
DENTRO DE TIRA DE AÇO DO FATOR CARREGAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Não Ciclado	8	5,630000	5,630000	a	A
Ciclado	8	4,875000	4,875000	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO
DENTRO DE TIRA DE BISEL DO FATOR CARREGAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Não Ciclado	8	9,105000	9,105000	a	A
Ciclado	8	7,811250	7,811250	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO
DENTRO DE TIRA DE FIO ORTO DO FATOR CARREGAMENTO

Nome	N. Repet.	Médias	Médias Orig.	5%	1%
Não Ciclado	8	15,235000	15,235000	a	A
Ciclado	8	13,335000	13,335000	b	B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO.
D.M.S. 5% = 0,90004 - D.M.S. 1% = 1,20152