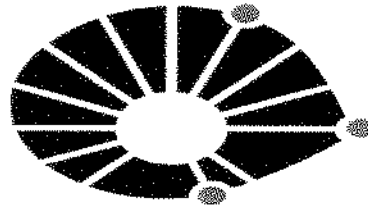


Faculdade de Odontologia de Piracicaba



UNICAMP

**“EFEITO DA DENSIDADE E DA ÁREA
OCUPADA PELOS TÚBULOS DENTINÁRIOS
NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO”**

MARCELO GIANNINI

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica, área de concentração em Dentística.

Piracicaba

1999

Faculdade de Odontologia de Piracicaba



**“EFEITO DA DENSIDADE E DA ÁREA
OCUPADA PELOS TÚBULOS DENTINÁRIOS
NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO”**

MARCELO GIANNINI

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83
CCPG. 710/08/1999

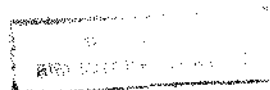
Assinatura do orientador

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica, área de concentração em Dentística.

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS ROBERTO MARCONDES MARTINS

Piracicaba

1999



3015/96

UNIDADE	BC
N.º	
DATA	38628
VALOR	229/99
	61x
	R\$ 11,00
	01/09/99
N.º	

CM-00125827-B

Ficha Catalográfica

G348e Gianni, Marcelo.
 Efeito da densidade e da área ocupada pelos túbulos dentinários na resistência à tração. / Marcelo Gianni. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 1999.
 132p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins.
 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Dentes - Morfologia. 2. Dentina. 3. Adesivos dentários. I. Martins, Luís Roberto Marcondes. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB / 8 – 6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba / UNICAMP.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 26 de Julho de 1999, considerou o candidato MARCELO GIANNINI aprovado.

1. Prof. Dr. LUIS ROBERTO MARCONDES MARTINS

2. Prof. Dr. RICARDO CARVALHAES FRAGA

3. Prof. Dr. SERGIO DE FREITAS PEDROSA

4. Prof. Dr. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO

5. Prof. Dr. JOSE ROBERTO LOVADINO

... aos meus pais,

pelo amor, carinho e por nunca medirem esforços para educação e formação profissional, acompanhando e apoiando cada etapa.

... à Adriana,

que tem estado ao meu lado nestes últimos tempos, apoiando e vivendo os meus desafios. Pelo carinho, amor e compreensão nos momentos ruins.

... ao Prof. Dr. Ricardo Marins de Carvalho,
pela confiança depositada na realização deste trabalho.
Exemplo de competência, seriedade e dedicação na condução
dos seus estudos.

... ao Prof. Dr. Luís Roberto Marcondes Martins,
pela confiança, apoio e incentivo sempre ressaltado nas suas
palavras. Orientador e acima de tudo amigo.

... ao Prof. Dr. Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo,
exemplo de dedicação à docência e franqueza. Amigo nos
momentos difíceis.

... ao Prof. Dr. José Roberto Lovadino,
chefe do Departamento de Odontologia Restauradora e
companheiro de sala.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. David Pashley do Department of Oral Biology/Physiology, Medical College of Georgia, Augusta, USA, pela oportunidade de expansão dos meus conhecimentos.
- Ao Prof. Dr. E. W. Kitajima do NAP/MEPA-ESALQ/USP, onde foram realizadas as análises microscópicas.
- Ao Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum, diretor da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.
- À Profa. Dra. Altair Antoninha Del Bel Cury, pela direção da Pós-Graduação.
- Ao Prof. Dr. Raul Sartini Filho, por toda confiança em mim depositada.
- Aos demais da Profs. Drs. da Área de Dentística, Luiz André Freire Pimenta, Mônica Campos Serra e Giselli Maria Marchi.
- Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, Departamento de Ciências Exatas – ESALQ/USP, pela análise estatística.
- À todos amigos do Curso de Pós-Graduação.
- Aos amigos de verdade Paulo Moreira Vermelho, Ariovaldo Stefani, Carlos Eduardo Pena, Fábio Augusto Melo, Paulo César Couto , Pedro Peri Moreira Neto, Sérgio Siqueira Jr., Roberto Pires Jr., Reginaldo Bruno Gonçalvez e Rodrigo da Silva, “irmãos” em todos os momentos.
- Às empresas Dentsply Ind. e Com. Ltda e Kuraray Co. LTD., pela doação dos materiais estudados.
- Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora, Ana Carolina Ferraz, Denize Lumena de Pinho e Reinaldo José Casagrande, pela atenção, presteza e contribuição dispensada durante o curso.

SUMÁRIO

	Página
LISTAS.....	1
I. Tabelas.....	3
II. Quadros.....	4
III. Figuras.....	4
IV. Siglas e Abreviaturas.....	6
V. Palavras estrangeiras.....	8
RESUMO e ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1- Estudo piloto	59
3.2- Delineamento experimental.....	59
3.3- Coleta, armazenamento, e preparo dos dentes.....	59
3.4- Aplicação dos sistemas adesivos, inserção do compósito e obtenção dos espécimes.....	62
3.5- Ensaio de tração.....	63
3.6- Preparo das amostra para microscopia eletrônica de varredura.....	64
3.7- Cálculo da densidade e da porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários.....	65
3.8- Análise estatística.....	66
4. RESULTADOS.....	69
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	83
6. CONCLUSÕES.....	95
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
OBRAS CONSULTADAS.....	115
ANEXOS.....	119

LISTAS

I. Tabelas:

Tabela 1. Números de dentes e profundidades utilizadas por sistema adesivo (Materiais e Métodos).

Tabela 2- Nome comercial, composição e fabricante dos materiais utilizados (Materiais e Métodos).

Tabela 3- Delineamento experimental (Materiais e Métodos).

Tabela 4. Teste de Múltiplas Variáveis de Duncan para os valores de resistência à tração do sistema adesivo Prime & Bond 2.1 (Resultados).

Tabela 5. Análise de Variância dos valores de resistência à tração para os sistemas adesivos Prime & Bond 2.1 e Clearfil Liner Bond 2 V (Resultados).

Tabela 6. Análise de variância dos valores de resistência à tração do sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V (Anexo 3).

Tabela 7. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e densidade de túbulos dentinários por mm^2 (Anexo 4).

Tabela 8. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e porcentagem da área ocupada em $1 \mu\text{m}^2$ (Anexo 5).

Tabela 9. Análise de variância dos valores de resistência à tração do sistema adesivo Prime & Bond 2.1 (Anexo 7).

Tabela 10. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e densidade de túbulos dentinários por mm^2 (Anexo 8).

Tabela 11. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e porcentagem da área ocupada em $1 \mu\text{m}^2$ (Anexo 9).

Tabela 12. Análise de variância dos valores de resistência à tração em dentina superficial (Anexo 10).

Tabela 13. Análise de variância dos valores de resistência à tração em dentina média (Anexo 11).

Tabela 14. Análise de variância dos valores de resistência à tração em dentina profunda (Anexo 12).

II. Quadros:

Quadro 1. Técnica de aplicação dos sistemas adesivos segundo recomendações dos respectivos fabricantes (Anexo 1).

Quadro 2. Valores obtidos de resistência adesiva, densidade de túbulos dentinários e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários em 1 mm^2 , das amostras nas quais foram empregadas o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V (Anexo 2).

Quadro 3. Valores obtidos de resistência adesiva, densidade de túbulos dentinários e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários em 1 mm^2 , das amostras nas quais foram empregadas o sistema adesivo Prime & Bond 2.1 (Anexo 6).

III. Figuras:

Figura 1. Seccionamento superficial dos dentes (Materiais e Métodos).

Figura 2. Seccionamento na região média da coroa dos dentes (Materiais e Métodos).

Figura 3. Seccionamento em região profunda da coroa dos dentes (Materiais e Métodos).

Figura 4. Cortes no sentido médio-distal para obtenção dos espécimes (Materiais e Métodos).

Figura 5. Cortes no sentido vestibulo-lingual para obtenção dos espécimes (Materiais e Métodos).

Figura 6. Espécime fixado no dispositivo de microtração (Materiais e Métodos).

Figura 7. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e densidade de túbulos dentinários por mm^2 (Resultados).

Figura 8. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e porcentagem da área ocupada em $1 \mu\text{m}^2$ (Resultados).

Figura 9. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e densidade de túbulos dentinários por mm^2 (Resultados).

Figura 10. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e porcentagem da área ocupada em $1 \mu\text{m}^2$ (Resultados).

Figura 11. Fratura na interface de união do espécime testado. Nota-se os componentes do “espécime”: na extremidade esquerda resina composta e na extremidade oposta dentina (Resultados).

Figura 12. Aspecto microscópico da dentina com densidade de 43.169,40 túbulos/ mm^2 (1000X) e ocupando uma área de 50,5% (calculado na fotomicrografia de 4000X) (Resultados).

Figura 13. Aspecto microscópico da dentina com densidade de 33.879,78 túbulos/mm² (1000X) e ocupando uma área de 28,3% (calculado na fotomicrografia de 4000X) (Resultados).

Figura 14. Aspecto microscópico da dentina com densidade de 14.189,19 túbulos/mm² (1000X) e ocupando uma área de 9,5% (calculado na fotomicrografia de 4000X) (Resultados).

Figura 15. Interface de união do adesivo CFLB 2 em dentina superficial (1000X) (Resultados).

Figura 16. Interface de união do adesivo P & B 2.1 em dentina superficial (1000X) (Resultados).

Figura 17. Interface de união do adesivo CFLB 2 em dentina média (1000X) (Resultados).

Figura 18. Interface de união do adesivo P & B 2.1 em dentina média (1000X) (Resultados).

Figura 19. Interface de união do adesivo CFLB 2 em dentina profunda (1000X) (Resultados).

Figura 20. Interface de união do adesivo P & B 2.1 em dentina profunda (1000X) (Resultados).

IV. Siglas e Abreviaturas:

SiC - *carbureto de silício*

FENIL-P - *2-metacriloxietil fenil hidrogênio fosfato*

GM - *gliceril metacrilato*

EDTA - *ácido etileno diamino tetra-acético*

PENTA - *monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato*

5-NMSA - *N-metacriloil – 5 ácido amino-salicílico*

10-MDP - *10-metacriloiloxidecil di-hidrogênio fosfato*

HEMA - *2-hidroxi-etil-metacrilato*

Bis-GMA - *bisfenol-A glicidil-metacrilato*

TEGDMA - *trietilenoglicol de dimetacrilato*

4-META MMA TBB – *4-metacriloxietil trimelitato anidrido metil metacrilato tri-n butili borano*

% - *porcentagem*

mm - *unidade de comprimento (milímetro)*

µm - *unidade de comprimento (micrometro)*

°C- *unidade de temperatura (graus Celsius)*

pH- *potencial hidrogeniônico*

µg- *unidade de massa (micrograma)*

kgf – *unidade de força (carga aplicada)*

MPa – *unidade de pressão (força / área)*

Kg/cm²- *unidade de pressão (massa / área)*

mm² – *unidade de área (milímetro quadrado)*

µm² – *unidade de área (micrômetro quadrado)*

mW/cm²- *unidade de densidade de energia (miliwatts por centímetro quadrado)*

mm/min – *unidade de velocidade (milímetro por minuto)*

V. Palavras Estrangeiras:

et al. - abreviatura de "et alii" (e outros)

gaps – lacuna, vácuo, fenda, brecha, distância mínima entre planos.

tag – adesivo resinoso penetrado na luz do túbulo dentinário^{26,107}

smear layer - camada de 1 a 5 μm de espessura, parcialmente porosa, depositada sobre a dentina que oblitera os túbulos dentinários, resultado da ação de instrumentos rotatórios e constituída por bactérias, saliva, sangue, partículas de esmalte e dentina^{6,37,60}

in vivo – experimento desenvolvido na cavidade oral

in vitro - experimento desenvolvido em ambiente laboratorial

primer – agente de união dentinário, que contém um ou mais monômeros resinosos em solventes como álcool, acetona e água, e que apresentam dois grupamentos funcionais, um hidrófilo que possui afinidade pela dentina umedecida e outro hidrófobo que tem afinidade pela resina^{26,86}

***RESUMO E
ABSTRACT***

O propósito deste estudo foi o avaliar efeito da densidade (DT) e da área ocupada pelos túbulos dentinários (AO) na resistência à tração (RT) de dois sistemas adesivos: Clearfil Liner Bond 2/Kuraray (LB) e Prime & Bond 2.1/Dentsply (PB). Dezenove terceiros molares humanos foram abrasionados a partir da superfície oclusal com lixas de SiC (granulação 600), para exporem uma superfície plana em 3 diferentes níveis de profundidade dentinária: profunda, média e superficial. Os sistemas adesivos foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes e coroas de compósito (Z-100/3M) com altura de 10 mm foram confeccionadas nessas superfícies. Após 24 horas de armazenamento em solução salina a 37° C, secções foram realizadas paralelamente ao longo eixo das amostras nos sentidos méso-distal e vestibulo-lingual. De cada amostra foram retirados três espécimes, os quais foram submetidos ao teste de microtração com velocidade de 0,5mm/min. Os espécimes que fraturaram na interface de união, tiveram sua superfície em dentina polida (Al₂O₃-1000) e condicionada com ácido fosfórico 37% por 15 segundos, para serem observados em MEV em magnificações de 1000X e 4000X. Os valores médios de RT, em MPa, foram: LB:26,04 ± 10,25 e PB: 42,64 ± 15,20. A análise de regressão linear mostrou, para o adesivo PB, uma significante relação inversa (p<0,05), entre DT e RT (r²=0,6309); e AO e RT (r²=0,6638). Nenhuma correlação estatisticamente significante (p>0,05) foi observada entre os dois parâmetros (TD X RT - r²=0,0508 e AO X RT - r²=0,2066) para o adesivo LB. Os resultados sugerem que quanto maior a DT e AO, menor a RT para o adesivo PB. O adesivo PB apresentou valores médios de RT superiores em relação ao adesivo LB.

Palavras Chave: densidade de túbulos, área tubular, resistência adesiva, microtração

The purpose of this study was evaluate the influence of tubule density (TD) and the area they occupy (AO) on tensile bond strength (BS) to dentin of two adhesive system: Prime & Bond 2.1/Dentsply (PB) and Clearfil Liner Bond 2/Kuraray (LB). Nineteen extracted human third molars were abraded with SiC paper discs (600-grit) from the occlusal surface to expose superficial, middle or deep dentin. The adhesive systems were applied to the flat exposed surfaces according to the manufacturer's instructions and resin build-up "crowns" approximately 10.0 mm high were constructed incrementally with resin composite (Z-100/3M). After 24 hours storage in physiological saline at 37^o C, the bonded specimens were serially sectioned in both "x" and "y" directions transversally to the bonded interface to obtain three repetitions of bonded sticks, per tooth. Each bonded stick was tested under tension in a DL-500 (Emic) tester at 0,5mm/min. The specimens which failed adhesively at an interface, had their bonded dentin surface briefly abraded (1000-grit Al₂O₃) and etched with 37% phosphoric acid for 15 seconds. This was, to permit SEI to be taken at 1000X and 4000X (DSM 940-A/Zeiss) and the DT and AO to be calculated per area (mm²). Mean bond strength of specimens tested were, in MPa LB: 26.04 ± 10.25 e PB: 42.64 ± 15.20. For PB the linear regression showed a significant (p<0.05) inverse relationship between the DT and BS (r²=0.6309); and AO and BS strength (r²=0.6638). No statistically significant correlation was observed between the two parameters for LB (TD X BS - r²=0.0508 e TA X BS - r²=0.2066). Results suggest that the greater the TD and greater the TA, the lower the BS of PB adhesive system to dentin. PB showed significantly high bond strengths than LB.

Key Words: tubule density, tubule area, bond strength, microtensile

1. INTRODUÇÃO

A promoção da saúde bucal, o desenvolvimento dos sistemas adesivos e das resinas compostas alteraram a tática restauradora tendo como objetivo principal a conservação da estrutura dental sadia^{48,49}. Com isso, os padrões de preparos cavitários sofreram mudanças significativas na sua conformação com a finalidade de se adaptar as novas técnicas restauradoras^{13,86} e das exigências estéticas por parte dos pacientes^{46,103}. Apesar de suas limitações, as restaurações estéticas estão indicadas para restaurações anteriores e posteriores e a sua longevidade está relacionada com a efetividade dos sistemas adesivos de união, pois a falta de adesividade e a carência de um selamento marginal adequado, pode levar ao fracasso da restauração e ao comprometimento do dente^{31,48,61}. Um adequado selamento marginal é obtido no esmalte^{21,81}, como emprego da técnica do condicionamento ácido⁷, porém a mesma qualidade adesiva não é observada nas margens dentinárias^{26,31,61,79,86}.

O mecanismo de união à dentina depende da infiltração de monômeros resinosos em uma zona desmineralizada, formando a camada híbrida e os “tags” de resina, os quais são responsáveis pela retenção micromecânica. Essa união depende das características regionais da dentina, sendo assim, os fatores intrínsecos como a não uniformidade morfo-funcional e o dinamismo desse substrato^{26,39,48,49,54,61,62,67,83,86}, as características do adesivo e do tratamento superficial utilizado, podem determinar a qualidade da adesão à dentina^{2,24,25,52,57,74}.

O esmalte dental é constituído basicamente de conteúdo mineral arranjado regularmente nos prismas, conferindo assim as características de um substrato uniforme^{1,86}. Por outro lado, a dentina é formada por 70% de matéria inorgânica, 18% de matriz orgânica e 12% de água⁵⁴. Os odontoblastos são responsáveis pela produção do colágeno⁹⁴ que

corresponde a 90% da matriz orgânica⁵⁴. O processo de mineralização da dentina²⁷ faz com que a sua composição inorgânica apresente-se dependente da idade do dente e de outros processos fisiológicos e patológicos^{10,39,48,49,54,96}. A dentina é conectada intimamente com o tecido pulpar através de numerosos túbulos ou canaliculos dentinários, que dispostos de maneira radial, originam-se na periferia da polpa e vão em direção ao limite amelo-dentinário^{5,10,96}. Os túbulos dentinários são preenchidos pelo fluido tissular proveniente da polpa e pelos prolongamentos citoplasmáticos dos odontoblastos, que são responsáveis pela condução dos estímulos provocados pela movimentação do fluido tissular^{61,62}. Cada túbulo apresenta formato cônico, onde o maior diâmetro localiza-se próximo a polpa diminuindo em direção a região periférica⁶⁴. Circundando a luz de cada túbulo, encontra-se a dentina peritubular que é altamente mineralizada apresentando maior espessura na região próxima a junção amelo-dentinária^{5,54}. Separando esses túbulos, situa-se a dentina intertubular, menos mineralizada, rica em colágeno, cuja área varia também em função da proximidade com a câmara pulpar^{32,94}. Outras características importantes apresentadas pela dentina, podem limitar a infiltração dos agentes adesivos, tais como a permeabilidade e a umidade regional^{62,65}, que variam de acordo com o número e o diâmetro dos túbulos dentinários⁴⁴, portanto também estão relacionados com a morfologia e a localização onde se dará a adesão³⁰.

Por apresentar diferenças morfológicas, a dentina tem despertado grande interesse científico que procura avaliar o conteúdo de cálcio^{2,59}, a microdureza^{2,59}, o grau de mineralização^{9,56,70,106}, a espessura de dentina remanescente^{9,15,28,41,52,53,57,68,71,74,83,84,87,88,104,105}, a permeabilidade^{62,65,74,87} e o diâmetro dos túbulos² e suas influências na qualidade adesiva, para se estabelecer o melhor procedimento adesivo. Embora exista uma

variabilidade regional dentinária, seria interessante que os sistemas adesivos promovessem uma união forte e duradoura, insensível a esta composição heterogênea e, conseqüentemente um mecanismo de adesão eficiente e independente do substrato utilizado.

Assim, o propósito deste estudo foi avaliar, em função da profundidade, o efeito da densidade e área ocupada pelos túbulos dentinários na resistência à tração de dois adesivos odontológicos que utilizam diferentes técnicas de aplicação, condicionamento total e o sistema autocondicionante.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As primeiras observações que apontaram alterações estruturais no substrato dentinário pela aplicação de um adesivo, foram descritas por KRAMER & MCLEAN⁴⁵ em 1952. Ao estudar as alterações pulparens frente a diferentes materiais restauradores, os autores relataram a formação de uma camada de alguns micrometros, identificada pelos corantes histológicos, somente na interface entre a resina Sevriton e a dentina. Essa camada era formada devido a ação do adesivo resinoso aplicado previamente na dentina.

Em 1955, BRADFORD⁵, estudou as interpretações microscópicas do substrato dentinário. Utilizando diferentes técnicas de descalcificação e inclusão foi possível conservar vários componentes da dentina. Assim, o autor definiu que os túbulos dentinários nos tecidos calcificados "in vivo", são ocupados pelos prolongamentos protoplasmáticos dos odontoblastos e o diâmetro varia entre 1 a 5 μm , tendo na sua maior extensão 1,5 μm de diâmetro. Os túbulos, nos espécimes descalcificados, também apresentaram variações de 1 a 5 μm , mas na maior parte do comprimento o diâmetro foi de 4 μm , explicado pela contração da matrix orgânica durante o processo de descalcificação.

Através de um simples método, BUONOCORE⁷, em 1955, relatou aumento no tempo, em que materiais restauradores acrílicos ficaram aderidos à superfície do esmalte. Soluções ácidas promoveriam uma alteração química no esmalte, facilitando a ação do agente de união. Os resultados deste estudo mostraram que a utilização do ácido fosfomolibídico oxálico e do ácido fosfórico a 85% aplicado por 30 segundos na superfície do esmalte, proporcionou maior retenção da resina acrílica quando inserida nas

irregularidades provocadas pelas desmineralização seletiva.

No ano seguinte, BUONOCORE; WILEMAN; BRUDEVOLD⁸ reportaram a primeira tentativa de união à dentina. Foi investigado o comportamento dos valores de resistência adesiva quando a superfície dentinária era tratada inicialmente com ácido clorídrico a 7% por um minuto, seguido da aplicação de um adesivo. A resina adesiva investigada era à base de ácido glicerofosfórico dimetacrilato e os resultados mostraram que a adesão foi aproximadamente o dobro, quando comparados aos grupos em que não se realizou o tratamento dentinário. O armazenamento em água por um longo período produziu significativa redução na resistência adesiva. No grupo em que a superfície dentinária não foi tratada, os valores de resistência adesiva inicial foi de 2,74 MPa, sendo reduzida para 1,47 MPa, após três meses de armazenamento. O tratamento da superfície dentinária mostrou valores de resistência adesiva inicial de 5,19 MPa, diminuindo para 2,74 MPa, após 5 meses de armazenamento. Os autores sugeriram que o mecanismo de união era devido à possível combinação química entre um dos constituintes da resina e a matriz orgânica da dentina.

Testes de resistência à tração das estruturas dentais e de alguns materiais restauradores, realizados por BOWEN & RODRIGUES⁴, em 1962, mostraram que o esmalte dental (10,1 MPa) era menos resistente que o substrato dentinário (51,0 MPa), porém mais resistente que o cimento de silicato. O módulo de elasticidade do cimento de silicato foi semelhante ao do esmalte e maior que a de dois materiais restauradores. Um material restaurador experimental contendo 70% de material inorgânico e 30% de

polímeros orgânicos apresentou módulo de elasticidade semelhante ao da dentina e resistência à tração entre os valores de resistência da dentina e esmalte.

A resistência ao cisalhamento dos tecidos dentais mineralizados foram determinados por SMITH & COOPER⁸², em 1971. A mensuração foi realizada em secções planificadas dos substratos com diâmetros de 100, 200 e 300 μm . A resistência ao cisalhamento do esmalte e dentina apresentou-se variável tanto em um dente quanto entre alguns dentes testados. Em geral a dentina (132,3 MPa) mostrou-se mais resistente do que o esmalte (93,1 MPa), sendo a junção amelo-dentinária mais resistente que ambos (138,18 MPa). A dentina foi menos resistente quanto mais próximo à câmara pulpar, apresentando valores de 132,3 MPa próximo ao esmalte, 78,4 MPa em dentina média e 45,1 MPa junto a câmara pulpar.

GARBEROGLIO & BRANNSTROM³⁴, em 1976, estudaram as características dos túbulos dentinários, através de observações em microscopia eletrônica de varredura das porções coronárias fraturadas de dentes com diferentes faixas etárias. Próximo à polpa o número de túbulos por mm^2 foi de 45.000 e o diâmetro médio dos túbulos foi de 2,5 μm . Em dentina de profundidade média, a densidade de túbulos foi de 29.500 por mm^2 e o diâmetro médio foi de 1,2 μm . Nas proximidades da junção amelo-dentinária, o número de túbulos por mm^2 foi de 20.000 e o diâmetro médio dos túbulos foi de 0,9 μm . O volume médio ocupado pelos túbulos dentinários na porção coronária foi de 10% do volume da dentina. Este valor próximo à polpa, foi de 28% e próximo ao esmalte

foi de 4% do volume da dentina. Os autores não observaram grande diferença entre dentes jovens e adultos.

Em 1979, FUSAYAMA et al.³³, desenvolveram um novo aparato para testes de tração e avaliaram as propriedades adesivas de materiais restauradores e agentes de união. O experimento revelou aumento significativo nos valores de adesão quando o ácido fosfórico 40% foi aplicado em esmalte e dentina por 30 segundos. Os resultados mostraram aumento de 2,58 MPa para 10,93 MPa em esmalte e 1,65 MPa para 6,10 MPa em dentina, quando o adesivo Clearfil Bond System-F foi utilizado aplicado como agente de união.

O efeito da remoção da “smear layer” na permeabilidade dentinária foi analisada através microscopia eletrônica de varredura por PASHLEY; MICHELICH; KEHL⁶³, em 1981. As observações foram realizadas em dentina com a presença da “smear layer” e após aplicação de ácido cítrico 6% por 5, 15, 30, 45 e 60 segundos. A utilização do ácido cítrico 6% por 5 segundos foi capaz de remover a “smear layer” e expor os orifícios dos túbulos dentinários. A permeabilidade aumentou rapidamente durante o condicionamento ácido, alcançando valor máximo após de 15 segundos de condicionamento. Os autores afirmaram que a formação da “smear layer” durante o procedimento restaurador, estabelece uma barreira que oblitera os túbulos e impede a movimentação dos fluidos dos canalículos dentinários.

NAKABAYASHI; KOJIMA; MASUHARA⁵⁵, em 1982, avaliaram a efetividade do 4-META em esmalte dental e em substrato dentinário (humano e bovino).

As observações em microscopia eletrônica de varredura revelaram uma camada mista, ácido resistente, representando uma região de difusão do monômero com grupamentos hidrófobos e hidrófilos na dentina intertubular desmineralizada pela ação da solução 10-3 (ácido cítrico 10% e cloreto férrico 3%). Essa zona representada pela fibras colágenas expostas e infiltradas pelo 4-META com posterior polimerização foi denominada de híbrida e considerada responsável pelo aumento na resistência de união.

Com o objetivo de melhorar as qualidades retentivas do adesivo Scotchbond, CAUSTON¹⁵ em 1984, testou a hipótese de que a variabilidade regional dentinária teria influência na resistência adesiva de materiais restauradores. Foram preparadas amostras em dentina profunda e superficial, e antes da aplicação do adesivo dentinário foi utilizada ou não uma solução com potencial mineralizador - ITS. Os valores de resistência ao cisalhamento foram significativamente menores em dentina profunda do que em dentina superficial. No entanto, quando aplicou-se a solução ITS, houve um aumento significativo na resistência adesiva somente em dentina profunda. Os resultados mostraram que o mecanismo de adesão do Scotchbond era dependente do nível de cálcio no substrato.

Utilizando microscopia eletrônica de varredura, CARRIGAN et al.¹⁰, em 1984, examinaram túbulos dentinários humanos de acordo com faixas etárias (20 a 34 anos, 35 a 44 anos, 45 a 54 anos, 55 a 79 e 80 anos em diante) em regiões específicas dos dentes (apical, porção mediana da raiz, cervical e coronária). Os resultados mostraram que os valores médios do número de túbulos dentinários por milímetro quadrado nas diferentes faixas etárias foram: 40.462,5 (20 a 34); 38.383,3 (35 a 44); 32.625,0 (45 a 54); 30.983,3

(55 a 79) e 24.837,5 (80 em diante). Os dados obtidos de acordo com as localizações dentinárias foram (túbulos/mm²): 8.190 (apical); 39.010 (porção mediana da raiz), 42.360 (cervical) e 44.243 (coronária). Os autores concluíram que o número de túbulos dentinários decresceu com o aumento da idade e que houve diferença estatisticamente significativa entre a densidade de túbulos na porção apical e na coroa dental.

Em 1985, PASHLEY; OKABE; PARHAM⁶⁴, determinaram a possível correlação entre microdureza Knoop e densidade de túbulos dentinários. Os espécimes foram obtidos através de secções paralelas na porção coronária e perpendicularmente ao longo eixo do dente. As fatias apresentavam amostras de dentina localizadas desde a junção amelo-dentinária até próximo da câmara pulpar. Os resultados mostraram que a correlação entre densidade de túbulos dentinários e microdureza foi altamente significativa do ponto de vista estatístico. A densidade de túbulos aumentou de acordo com a proximidade da câmara pulpar. Esse aumento da densidade foi associado ao decréscimo da microdureza Knoop, presumidamente devido a diminuição da quantidade de dentina intertubular e o aumento do diâmetro dos túbulos dentinários.

STANFORD; SABRI; JOSE⁸³, em 1985, compararam a efetividade dos adesivos dentinários: Dentin-Adhesit, Scotchbond, Creation, Den-Mat Bonding System, Clearfil Bond System-F e Clearfil New Bond, através de ensaios de tração e cisalhamento. Foi analisado também, o comportamento de um dos adesivos em relação a profundidade dentinária. Os resultados mostraram que a resistência à tração ou ao cisalhamento foi aproximadamente o dobro quando alguma forma de tratamento dentinário foi utilizado.

Quando a adesão do material Scotchbond foi realizada em dentina próxima a junção amelo-dentinária, os valores de resistência ao cisalhamento e à tração foram significativamente superiores quando comparados aos valores médios obtidos das regiões próximas da polpa dental. Os autores concluíram que certos fatores podem afetar os valores resistência adesiva obtidos laboratorialmente, entre eles: o tratamento dentinário, a contração de polimerização do compósito e a variabilidade regional dentinária.

Em 1986, MITCHEM & GRONAS⁵³, utilizaram o ensaio de cisalhamento para determinar a resistência de união de seis adesivos dentinários, e ainda o efeito do tempo de armazenamento de dentes após sua extração e da profundidade dentinária. Os adesivos Durafil Dentin Adhesive, Scotchbond, Scotchbond LC, Bondalite, Dentin Adhesit e J & J Dentin Adhesive apresentaram valores médios de resistência adesiva entre 1,6 a 6,3 MPa. O efeito do tempo de armazenamento, entre 4 e 26 dias após a extração dos dentes, não influenciou nos valores de resistência adesiva. No entanto, a adesão decresceu significativamente com a utilização do substrato dentinário próximo da polpa, ou seja, com uma distância de 0,75 mm da polpa o valor médio de resistência adesiva foi de 3,4 MPa, enquanto que a 1,5 e 2 mm da câmara pulpar os valores foram, respectivamente, 5,2 e 6,1 MPa.

Diante da grande variabilidade nos valores de adesão encontrados na literatura no início da década de 80, SUZUKI & FINGER⁸⁴ em 1988, propuseram-se avaliar o efeito do local utilizado para adesão na resistência de união à dentina de três sistemas adesivos: Clearfil New Bond, Gluma Dentin Bond e Scotchbond. Após o ensaio

de cisalhamento, a espessura dentinária foi mensurada entre a superfície adesiva e a polpa dental. A análise da área de dentina sólida (intertubular) do sítio da adesão foi calculada através da densidade de túbulos dentinários. A resistência ao cisalhamento mostrou-se de 30% a 40% inferior em dentina próxima à polpa, quando comparada a adesão em dentina periférica. Os autores concluíram que os valores de resistência adesiva foram diretamente proporcionais à área de dentina sólida.

Em 1988, TAO & PASHLEY⁸⁸, avaliaram o comportamento do substrato dentinário quando submetido a diferentes tratamentos superficiais, além da sua profundidade e posição, utilizando sistema adesivo restaurador Scotchbond/Silux. A “smear layer” foi obtida pela ação de lixas de SiC (320) e por brocas em baixa rotação, assim a resistência ao cisalhamento foi tomada em dentina com a “smear layer” e após o tratamento com ultra-som, EDTA 0,2% ácido cítrico 6% e ácido fosfórico 37%. A dentina foi analisada em três níveis: superficial, média e profunda, sendo o adesivo também aplicado sobre os cornos pulpares e no centro da dentina. Este estudo mostrou que não houve diferenças significativas na resistência adesiva em dentina superficial, média e profunda, quando a “smear layer” era removida. Entretanto, quando a “smear layer” foi removida através do condicionamento ácido os resultados de adesão eram significativamente maiores em dentina superficial, seguida pela dentina média e profunda.

Preocupados com a carência de valores de adesão consistentes, VAN NOORT et al.⁹⁸, em 1989, relataram uma crítica aos testes de cisalhamento e tração, que podem levar a ambíguas interpretações dos dados. Essas variações nos valores de adesão

estão sendo usualmente consideradas por relatos de diferentes procedimentos. Os resultados mostraram que os testes de cisalhamento e tração são altamente dependentes da geometria dos aparatos e materiais envolvidos. Durante a aplicação da carga, no ensaio de cisalhamento, verificou-se uma distribuição não uniforme do estresse. Os autores concluíram que há necessidade de se padronizar estes procedimentos, para que possa comparar a diferentes resultados obtidos universalmente.

TAGAMI; TAO; PASHLEY⁸⁷, em 1990, correlacionaram profundidade e permeabilidade dentinária com a força de união de sistemas adesivos, utilizando incisivos bovinos. Os adesivos Superbond C&B, Scotchbond e Clearfil New Bond foram investigados em quatro profundidades preestabelecidas, através de ensaio de cisalhamento. Os resultados mostraram que em dentina profunda a permeabilidade aumenta com ou sem presença da “smear layer”. Também em dentina profunda os valores de adesão diminuem significativamente para os três adesivos. Enquanto os adesivos Clearfil New Bond e Scotchbond não sofreram influência da permeabilidade dentinária, o adesivo Superbond C&B apresentou baixos valores de adesão quando a permeabilidade era alta. Apesar disto, este adesivo mostrou valores superiores, em todos níveis de profundidade testados, quando comparados aos outros adesivo avaliados.

Em 1991, PASHLEY⁶¹, descreveu a importância da estrutura dentinária como tecido mineralizado constituído por inúmeros canaliculos, que são preenchidos por fluidos pulpares. O esmalte e o cimento são responsáveis pelo vedamento dos túbulos dentinários e uma vez removidos, permitem a difusão bidirecional de substâncias

endógenas e exógenas. Além disso, a movimentação de fluidos pode provocar sensação dolorosa segundo a teoria hidrodinâmica. Em regiões próximas a polpa dental, a umidade intrínseca da dentina pode interferir na resistência adesiva permitindo a formação de “gaps”, microinfiltração, sensibilidade pós-operatória e até irritação pulpar. Todos esses problemas clínicos, segundo o autor, apresentam um denominador comum: a estrutura e função do substrato dentinário.

VAN NOORT et al.⁹⁹, 1991, preocupados com a padronização dos ensaios adesivos, estudaram o efeito da distribuição do estresse na interface dentina-compósito durante a tração. Os autores observaram que os detalhes geométricos da interface adesiva, em duas diferentes formas de aplicação do adesivo, podem produzir diferenças significativas nos valores de resistência adesiva.

Em 1992, FOSSE; SAELE; EIDE³², utilizaram um novo método para calcular a densidade e o diâmetro, e ainda estudar o padrão de distribuição dos túbulos dentinários através de secções próximas a junção amelo-dentinária, em dentina de profundidade média e próximo à câmara pulpar. Observaram que a densidade de túbulos dentinários era três vezes maior em dentina profunda (17.000 → 52.000), e que o diâmetro da dentina peritubular decresceu um décimo em dentina superficial. Além disso, a distância entre os centros dos túbulos reduziu-se a metade a partir do limite amelo-dentinário até a polpa dental, reduzindo também a área de dentina intertubular. O padrão de distribuição dos túbulos apresentava-se com formato de distintas e curtas fileiras e na dentina profunda, a

distância entre eles era uniforme em todas direções.

PRATI et al.⁷³, em 1992, mensuraram a resistência à tração de sistemas adesivos em dentina planificada e em restaurações classe I, e compararam esses valores com o grau de microinfiltração exibido pelos mesmos materiais nas restaurações. Os resultados demonstraram uma inversa relação entre resistência à tração e microinfiltração para os adesivos Scotchbond DC e Scotchbond 2. A resistência de união obtida na dentina planificada foi maior do que em cavidades tridimensionais classe I.

A resistência à tração de quatro sistemas adesivos foi mensurada em diferentes profundidades dentinárias, por McCABE & RUSBY⁵², em 1992. Os adesivos Gluma, Tenure, Scotchbond 2 e Tripton foram testados em quatro profundidades diferentes a partir da junção amelo-dentinária: 0mm; 0,5 mm; 1,0 mm e 1,5 mm. Houve uma significativa diferença nos valores de resistência adesiva entre quatro produtos, particularmente na dentina superficial. Apesar de diferentes formulações, foi observado para todos os adesivos, um significativo decréscimo na força de união com o aumento da profundidade.

A importância do substrato dentinário umedecido, para aplicação dos sistemas adesivos, foi descrita por KANCA III⁴⁰ e SWIFT JR. & TRIOLO JR.⁸⁵, em 1992. Nesses estudos, a utilização de adesivos dentinários contendo “primers” hidrófilos foi importante para o aumento da resistência de união entre a dentina e a resina composta, pois quando a superfície dentinária apresentava-se umedecida através da remoção dos excessos

de água com papel absorvente, valores superiores de resistência ao cisalhamento foram obtidos. Quando a dentina foi ressecada pela ação de jatos de ar ocorreu redução na resistência adesiva. A secagem excessiva pode causar colapso das fibras colágenas, diminuindo os espaços entre as mesmas, reduzindo assim a infiltração do "primer" e resultando em baixos valores de adesão. A presença de solventes voláteis com alta afinidade por água, como a acetona, pode funcionar como um "carreador" do monômero resinoso durante a infiltração na dentina. Altos valores de adesão obtidos em dentina úmida, exibiram fraturas coesivas nesse substrato.

A estrutura dentinária em três diferentes níveis de profundidade, próximo ao esmalte, região central e próximo à polpa, foi examinada por OLSSON; OILO; ADAMCZAK⁵⁸, em 1993. A superfície dentinária foi avaliada através de microscopia eletrônica de varredura interligada a um computador. Este estudo utilizou discos de dentina obtidos das faces oclusais e vestibulares. De cada dente foram retirados três fatias em diferentes profundidades. Os discos de dentina profunda, apresentaram maior número de túbulos dentinários por área ($51.100/\text{mm}^2$), assim como, maior diâmetro. Na face oclusal, em geral observou-se um maior número de túbulos dentinários e uma maior área ocupada pelos túbulos abertos. A variabilidade regional encontrada nos discos da face oclusal foi igualmente encontrada na face vestibular, do mesmo dente. Esta variação foi acentuada com o aumento da profundidade. Os discos obtidos em dentina superficial das faces vestibulares, apresentaram uma maior área em dentina sólida, ou seja, uma área dentinária com baixa densidade de túbulos e ocupada em sua maior porção pela dentina intertubular.

PANIGHI & G'SELL⁵⁹, em 1993, estudaram o efeito da microestrutura dentinária na resistência ao cisalhamento do adesivo Scotchbond, em superfícies planificadas de esmalte e dentina. As características investigadas foram a concentração mineral, dureza Vickers e a superfície do sítio da adesão. O esmalte mostrou valores de resistência adesiva entre 10,4 a 23,9 MPa e a dentina entre 0 a 5,0 MPa. A concentração de cálcio no esmalte variou entre 23,2 a 37,8% e na dentina entre 18,5 a 28,2%. A microdureza do esmalte variou entre 205 a 378 VHS e da dentina entre 37 a 98 VHS. Após o condicionamento ácido, a área de contato entre o adesivo e a superfície do esmalte aumentou duas vezes. Na dentina, a área utilizada na adesão é de 75% da área total e correspondente à área ocupada pela dentina intertubular. Este trabalho mostrou correlação positiva entre microdureza e concentração de cálcio, microdureza e resistência adesiva e entre concentração de cálcio e resistência adesiva. Os autores concluíram que a performance adesiva depende das características da microestrutura local.

Dentes de cães, foram utilizados por PASHLEY et al.⁶⁸, em 1993, para determinar a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos: Clearfil Liner Bond System (CL), Superbond C&B (SB), Scotchbond 2 (S2) e Tenure (TE). Após o ensaio de adesão, o qual foi realizado em molares e caninos "in vivo", os dentes foram extraídos para se determinar a profundidade dentinária. A maioria dos adesivos apresentaram valores médios superiores de resistência ao cisalhamento em dentina superficial e progressivamente menores em dentina profunda. Os valores médios de resistência adesiva foram maiores em caninos do que em molares e o adesivo CL foi o que apresentou as maiores médias de adesão. Valores acima que 10 MPa, tanto em dentina profunda quanto superficial foram

apresentados pelos os adesivos CL e SB, enquanto que os adesivos S2 e TE tiveram valores médios inferiores a 10 MPa. Em dentes molares, o comportamento dos sistemas adesivos foi similar, sendo obtidos valores superiores a 5 MPa para os adesivos CL e SB e inferiores a 5 MPa para os adesivos S2 e TE.

CARVALHO et al.¹¹, em 1994, avaliaram a resistência de união do Scotchbond MP e Variglass utilizando um novo método de ensaio chamado de microtração. Esta nova metodologia permitiu testar a resistência adesiva em pequenas áreas através do desgaste da secção transversal de espécimes com até 0,5 mm². A principal observação deste estudo foi que a resistência à tração depende da superfície da área adesiva. As superfícies adesivas variaram de 0,5 a 5,0 mm², o que é muito menor do que as superfícies adesivas utilizadas rotineiramente em testes laboratoriais. Quando foi avaliada a relação entre a espessura de dentina remanescente e resistência à tração, não houve correlação estatisticamente significativa. No entanto, foi observada uma relação inversa entre resistência à tração e a área de superfície adesiva para ambos os materiais. Deste modo, nas menores áreas testadas, o adesivo Scotchbond MP atingiu valores de até 46 MPa (em 0,48 mm²) e o material Variglass resultou em valores de até 34 MPa (em 0,58 mm²). A natureza das falhas para o adesivo dentinário foi basicamente adesiva ao contrário do material ionomérico que apresentou falhas adesivas e coesivas.

A relação entre a área adesiva e a resistência de união foi estudada por SANO et al.⁷⁷, em 1994. Espécimes contendo diferentes dimensões foram testados por meio de ensaio de microtração, utilizando os adesivos Clearfil Liner Bond 2 (CF),

Scotchbond MP (SB) e o material híbrido Vitremer (VI). Os resultados mostraram uma relação inversa entre resistência à tração e área adesiva para os três materiais, ou seja, quanto menor a área superficial utilizada na união, maior os valores de resistência adesiva. Nas áreas inferiores a $0,4 \text{ mm}^2$ os valores médios de resistência adesiva foram em MPa: CF: 55; SB: 38 e VI: 20. Nestas pequenas áreas as fraturas decorrentes do teste foram sempre adesivas. Com este novo método foi possível mensurar altos valores de resistência adesiva sem fraturas coesivas e também retirar várias amostras de um mesmo dente.

CHIGIRA et al.¹⁸, em 1994, estudaram a eficácia de “primers” autocondicionantes contendo Fenil-P associado ao HEMA ou ao GM. Foram estudados a resistência à tração, a formação de “gaps” nas margens cavitárias, a dureza Vickers. A observação em microscopia eletrônica de varredura foi usada para verificar a ação condicionadora desses “primers”. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre os valores de adesão, situando entre 16,3 e 20,7 MPa. A formação de “gaps” foi impedida pela ação do Fenil-P associado aos dois agentes de união. A redução da microdureza, devido a aplicação do “primer” autocondicionante, não apresentou correlação estatisticamente significativa com a formação de “gaps” e a resistência à tração. A análise microscópica mostrou a habilidade destas soluções em promover dissolução da fase mineral da “smear layer”, sendo que a combinação entre HEMA (35%) e Fenil-P (20%) aplicados por 10 segundos, foi capaz de remover totalmente a “smear layer”, o “smear plug” e abrir os túbulos na superfície dentinária.

A contribuição da matriz orgânica nas propriedades físicas da dentina foi estudada por SANO et al.⁷⁶, em 1994. A dentina humana da porção coronária exibiu valores médios de resistência à tração de 104 MPa, enquanto a dentina bovina mostrou valores de 91 MPa para a porção coronária e 129 MPa para dentina radicular. O módulo de elasticidade dos dentes humanos e bovinos variaram de 13 a 15 GPa. Quando a dentina foi desmineralizada pela ação do EDTA, a resistência à tração e o módulo de elasticidade foram reduzidos para 23 a 32 MPa e 0,25 GPa respectivamente, dependendo dos espécimes testados. Os resultados indicaram que o colágeno contribuiu com aproximadamente 30% na resistência à tração da dentina mineralizada.

O aumento da concentração de Fenil-P em solução de HEMA 30% foi testada por WATANABE; NAKABAYASHI; PASHLEY¹⁰² em 1994, para se verificar o aumento da resistência adesiva à dentina. Na concentração de 5% de Fenil-P em solução de HEMA 30% a resistência à tração mostrou valor médio de 4,7 MPa, que foi semelhante a resistência à tração do Fenil-P a 10% (6,4 MPa), também em solução de HEMA 30%. Essa mesma solução adicionada a 20, 30 e 40% de Fenil-P apresentou valores médios de 10,4; 9,7 e 10,6 MPa respectivamente. Quando a concentração de Fenil-P em solução de HEMA 30% foi superior a 20%, valores superiores de resistência à tração foram obtidos. As fotomicrografias mostraram que a acidez produzida pelo Fenil-P 20% foi suficiente para desmineralizar a dentina, através da criação de canais de dissolução na "smear layer" que estavam contíguos com os canais da matriz dentinária subjacente. Os túbulos dentinários ficaram impregnados com a mistura de monômero e "smear layer". Esta investigação mostrou que este sistema adesivo incorpora a "smear layer" na camada híbrida e a acidez

não consegue remover totalmente o “smear plug”, mantendo assim a permeabilidade dentinária relativamente baixa, durante o procedimento adesivo.

COX & SUZUKI²⁰, em 1994 revisaram os aspectos clínicos e biológicos da utilização de protetores pulpaes sobre a superfície dentinária preparada. Foi abordado as vantagens e desvantagens do cimento de hidróxido de cálcio ou de bases aplicadas em preparos cavitários profundos. O processo evolutivo dos sistemas adesivos tem possibilitado pela técnica do condicionamento total, a confecção, em alguns casos, de restaurações em resina composta sem proteção pulpar. Os autores reforçam os novos conceitos de proteção pulpar, em que o sistema adesivo seria responsável pelo vedamento marginal da restauração e selamento dos túbulos.

A descrição dos métodos para mensurar a resistência de união a dentina, foi feita por WATANABE & NAKABAYASHI¹⁰¹, em 1994. Fatores como o substrato dentinário, condições de armazenamento e metodologia do ensaio adesivo provocam variações nos valores de resistência adesiva. Os autores relataram que o teste de tração é usualmente utilizado para analisar o mecanismo de união, e para sua realização é necessário um aparato especial onde há dificuldade em se aplicar a força perpendicularmente à superfície dental. O teste de cisalhamento tem a vantagem de possuir aparato e metodologia mais simples e com menor influência de variações na durante a aplicação da carga. Outro ensaio que pode ser empregado para mensurar a resistência de união é o “push-out”. A importância de padronizar os ensaios “in vitro”, está relacionada principalmente com simulação dos procedimentos clínicos empregados.

BURROW et al.⁹, em 1994, investigaram a influência da idade e profundidade dentinária na resistência à tração de três sistemas adesivos: Scotchbond MP, Superbond D-Liner e Liner Bond II. Em todas as situações os valores de adesão excederam 10 MPa. A influência na resistência de união somente foi notada quando o adesivo Superbond D-Liner foi aplicado em dentina profunda e de idade inferior a 30 anos, quando comparada a dentina superficial e com idade superior a 50 anos.

Utilizando o substrato dentinário de molares decíduos e pré-molares, KOUTSI et al.⁴⁴ em 1994, estudaram o efeito da permeabilidade em várias profundidades de dentina em relação à polpa e a correlacionaram com a densidade e o diâmetro dos túbulos através microscopia eletrônica de varredura. Os dados mostraram que a permeabilidade de ambos grupos de dentes aumentaram com o decréscimo da espessura dentinária. A “smear layer” reduziu significativamente a permeabilidade dentinária nos dois casos, tanto em dentina superficial quanto em dentina profunda. A remoção da “smear layer” resultou em aumento na permeabilidade de ambos dentes. Entretanto, a permeabilidade da dentina em pré-molares foi significativamente maior do que nos dentes decíduos em dentina de profundidade média e próxima à polpa. A densidade e o diâmetro dos túbulos dentinários foram menores em molares decíduos quando comparados aos dentes permanentes, fato que talvez possa explicar a menor permeabilidade dos dentes decíduos.

Clearfil Photo Bond, adesivo contendo éster fosfonado, foi avaliado por PERDIGÃO & SWIFT JR.⁶⁹, em 1994, que o testaram sem condicionamento ácido da dentina e após condicionamento com ácido fosfórico 40%, 32%, 10% (com sílica) e 10% (com polímero), e também após condicionamento com solução de ácido cítrico 10% e cloreto de cálcio 20%, associado ao SA “primer” (5-NMSA) do adesivo Clearfil Liner Bond. Os valores médios de resistência ao cisalhamento variaram de 1,3 (sem condicionamento) a 15,9 MPa (com o 5-NMSA). As diferentes concentrações do ácido fosfórico não afetaram a resistência adesiva cujos valores variaram entre 5 a 8 MPa. O adesivo Clearfil Photo Bond apresentou aumento significativo da resistência adesiva, quando foi utilizado o “primer” (5-NMSA) do Clearfil Liner Bond.

Para testar a hipótese da existência de mecanismo de união micromecânica na estrutura dentinária, promovido pela anastomose dos prolongamentos de resina nos canais laterais dos túbulos dentinários, CHAPPEL et al.¹⁶ em 1994, examinaram a interface adesiva em microscopia eletrônica de varredura. Para a realização deste trabalho foram envolvidos os adesivos Scotchbond MP (SB), C & B Metabond (CB), All-Bond 2 aplicado com (AC) ou sem condicionamento ácido prévio (AS), Tenure Solution (TS) e XR-Bond (XR). A polimerização do adesivo nos canais laterais foi mais prevalente nos adesivos SB, CB, AC. Os autores concluíram que a rede formada por “tags” de resina que se intercomunicam, talvez possam contribuir para o desenvolvimento de uma forte união entre a resina composta e a dentina.

Em 1995, BARKMEIER; LOS; TRIOLO³, avaliaram o adesivo autocondicionante Clearfil Liner Bond 2, em esmalte e dentina, através da resistência ao cisalhamento e da microinfiltração marginal. O valor médio de resistência adesiva em esmalte (28,2 MPa) foi superior ao obtido em dentina (19,4 MPa), não sendo observada microinfiltração nas margens em esmalte. Apenas três dentes dos 50 utilizados no estudo apresentaram mínima infiltração nas margens em dentina, não havendo diferença estatisticamente significativa quando comparado ao esmalte. A porcentagem de fraturas coesivas (32% - esmalte; 28% - dentina) foram similares para os dois grupos. A análise de microscopia eletrônica de varredura mostrou penetração de material resinoso nos túbulos dentinários.

Os testes para mensurar a resistência adesiva à dentina foram revisados por PASHLEY et al.⁶⁶ em 1995, onde a importância da padronização destes ensaios e suas variáveis foram amplamente discutidas. Inicialmente os autores comentam a variabilidade do substrato dentinário seguido das diferenças no condicionamento ácido, aplicação do sistema adesivo, armazenamento dos dentes e finalmente os ensaios adesivos. O desenvolvimento dos adesivos dentinários tem resultados em valores de adesão na ordem de 20 a 30 MPa. Esses altos valores tem sido mensurados, nos testes convencionais, através fraturas coesivas em dentina. Desta forma, não se pode medir a verdadeira resistência de união produzida na interface dentina/resina. O método de microtração possui a vantagem de estudar a resistência adesiva em diferentes e pequenas localidades dentinárias, produzindo em quase sua totalidade fraturas adesivas.

A micromorfologia da interface adesiva foi observada através de microscopia óptica e eletrônica em três diferentes técnicas de preparo das amostras por TAY et al.⁹³, em 1995. A camada híbrida apresentava espessura de 5 a 8 μm e 75% do remanescente dentinário mostrou-se penetrado pelos “tags” de resina, sendo visíveis a 50 μm da polpa. Os “tags” de resina situavam-se perpendicularmente a camada híbrida, com formato de um cone sólido, apresentando rugosidade na sua superfície externa. A morfologia, o comprimento e a adaptação dos “tags” de resina foram indicativos do grau de umidade no qual o “primer” hidrófilo foi utilizado.

O estudo de NERY; McCABE; WASSELL⁵⁷, em 1995, avaliou a interação entre três adesivos odontológicos (Scotchbond 2, All Bond 2 e Panavia Ex), dois materiais restauradores (P-50 e Talladium V - liga metálica de Ni-Cr-Be) em três diferentes profundidades dentinárias. Os adesivos Scotchbond 2 e Panavia Ex mostraram seus valores de resistência ao cisalhamento significativamente reduzidos em dentina média e profunda, quando comparados à dentina superficial. Entretanto a união produzida pelo All Bond 2, entre a resina P-50 ou entre a liga metálica e a dentina, não foi afetada pela variação da profundidade dentinária. Fraturas coesivas em dentina foram freqüentemente observadas com o uso de adesivos dentinários.

PRATI et al.⁷⁴ em 1995, relacionaram duas características dentinárias - permeabilidade e espessura de dentina remanescente com a força de união de quatro sistemas adesivos - All Bond 2, Clearfil Liner Bond, Scotchbond MP e XR-Bond.

Correlações significantes foram observadas somente para o adesivo XR-Bond, o qual foi sensível a permeabilidade e espessura dentinária remanescente. Os demais sistemas adesivos não mostraram correlação entre as duas características dentinárias e a força de adesão. Além disso, apresentaram os mais altos valores médios de resistência adesiva, formação de camada híbrida e fraturas coesivas em dentina dos espécimes testados.

A força de união de um suposto adesivo dentinário hidrófilo, foi calculada em função da profundidade dentinária para avaliar a importância das variáveis em um modelo simples. A hipótese testada por PASHLEY et al.⁶⁷, em 1995, foi a de que a resistência total de união era o resultado da soma das resistências obtidas pela camada híbrida, “tags” e a adesão de superfície. Foi considerado as propriedades físicas da dentina mineralizada, do colágeno e do monômero resinoso, estimando a contribuição de cada um desses processos adesivos na adesão total, em dentina superficial, média e profunda. Isso é explicado pela a área ocupada pelo túbulos dentinários e dentina intertubular, que variam significativamente com esta profundidade. Deste modo, a quantidade de “tags”, seus respectivos calibres e a área disponível para a formação da camada híbrida também variam de acordo com a profundidade da dentina. Considerando os fatores supracitados, foi calculado que em dentina superficial a camada híbrida contribuiria com 55,7% da adesão total, na adesão de superfície com 37,2% e os “tags” com apenas 7,1%. Em dentina profunda, os “tags” de resina contribuiriam de forma mais significativa (40,3%), restando 35,8% para a formação da camada híbrida e 23,9% para a adesão de superfície. Os cálculos foram baseados em condições ideais, considerando que os “tags” estariam perfeitamente aderidos às paredes internas dos túbulos dentinários.

A difusão dos íons e moléculas na camada híbrida em restaurações sem formação de “gaps”, foi identificada por SANO et al.⁷⁹, em 1995, por meio de um novo método descrito como nanoinfiltração. Com auxílio de microscopia eletrônica, os autores examinaram a interface entre dentina e resina composta de sistemas adesivos submetidos a imersão em solução de nitrato de prata. De acordo com os padrões de infiltração, os adesivos autocondicionantes exibiram os menores escores que os demais sistemas adesivos. A importância da determinação, localização e morfologia das porosidades nanométricas da camada híbrida, pode permitir melhor compreensão da hidrólise das fibras colágenas e degradação dos monômeros resinosos, pela infiltração de fluidos na interface adesiva.

AMORY & YVON², em 1995, realizaram um estudo para verificar o efeito das características dentinárias na resistência ao cisalhamento dos adesivos All Bond 2 (AB2) e Scotchbond 2 (SB2). Os autores estudaram a densidade tubular, diâmetro dos túbulos, área de dentina intertubular, dureza Vickers e as concentrações de Ca e P. O adesivo AB2 apresentou valor médio de 9,1 MPa, superior ao adesivo SB2 (3,2 MPa), sendo esta diferença significativa originário do mecanismo de adesão de cada sistema. As amostras revelaram a ocorrência de fraturas coesivas da dentina e a conclusão foi de que a força de união excedeu a resistência coesiva da dentina, resultando na fratura da mesma. A dureza Vickers foi dependente da área de dentina intertubular e concentração de Ca. A resistência adesiva não foi dependente das características dentinárias.

A avaliação da resistência adesiva e da morfologia da interface de união, de dois sistemas adesivos em dentina superficial e profunda, foi realizada por YOSHIYAMA

et al.¹⁰⁵ em 1995. A microscopia eletrônica de varredura mostrou que os adesivos All Bond 2 e Imperva Bond, aplicados após condicionamento ácido, formam uma camada híbrida mais espessa (4-8 μ m) em dentina profunda do que em dentina superficial (2-4 μ m). Os mesmos adesivos aplicados sem condicionamento ácido, formaram uma fina camada de resina infiltrada (menor que 0,5 μ m) em ambas profundidades dentinárias. Os adesivos aplicados com condicionamento ácido apresentaram valores superiores a 20 MPa de resistência à microtração. Sem tratamento ácido os valores de resistência adesiva, para ambos adesivos, foram superiores em dentina superficial quando comparados a dentina profunda.

A dentina afetada por cárie foi sujeita a análise de adesão por NAKAJIMA et al.⁵⁶, em 1995. Foram aplicados sobre a dentina normal e sobre a dentina cariada os sistemas adesivos Clearfil Liner Bond 2, Scotchbond MP e All Bond 2 e o teste aplicado foi de microtração. Os valores médios de resistência adesiva para os adesivos Clearfil Liner Bond 2 e All Bond 2 foram significativamente menores quando aplicados em dentina afetada por cárie. Os autores concluíram que as variações morfológicas e químicas sofridas pela dentina durante o processo de cárie podem determinar uma redução da qualidade adesiva e que esse efeito é dependente do sistema adesivo empregado.

SWIFT JR.; PERDIGÃO; HEYMANN⁸⁶ em 1995, publicaram uma revisão de literatura onde foi abordado o histórico e os novos conceitos da odontologia restauradora adesiva. Os autores relataram que a técnica do condicionamento total para adesão de resinas

compostas às estruturas dentais revolucionou a prática da dentística operatória, provocando mudanças substanciais nos preparos cavitários e proporcionando uma opção estética para o tratamento, além de promover uma odontologia com maior conservação de tecidos dentais saudáveis. Ao contrário do esmalte, a adesão à dentina é ainda alvo de inúmeros estudos e críticas, embora a sua aplicabilidade tem aumentado com a evolução dos adesivos. Os problemas da adesão ao substrato dentinário são decorrentes de uma estrutura histológica complexa e composição variável.

Em 1996, FERRARI et al.²⁹ investigaram e compararam a capacidade de formação da camada híbrida, “tags” e prolongamentos laterais de resina, utilizando três sistemas adesivos em amostras preparadas sob condições “in vivo” e “in vitro”. Os adesivos Prime & Bond 2.0 (G1) e o Scotchbond MP (G2) foram aplicados de acordo com suas respectivas recomendações e o “primer” adesivo Clearfil Liner Bond 2 aplicado por 30 (G3) e 60 segundos (G4). Todos os grupos apresentaram formação de camada híbrida e a sua morfologia foi semelhante tanto “in vivo” quanto “in vitro”. Em diversas regiões, nas amostras dos grupos G1, G2 e G4 apresentavam prolongamentos laterais de resina com formato de cone invertido, ao contrário do grupo G3 onde foram encontrados em pouca quantidade. O comprimento dos “tags” nos grupos G1 e G2 foi maior do que os encontrados nos grupos G3 e G4.

A influência da desidratação no módulo de elasticidade da dentina desmineralizada, foi objetivo do estudo de CARVALHO et al.¹² em 1996. Barras retangulares de dentina da porção coronária foram desmineralizadas por 72 horas em 0,5 M

de EDTA. Os espécimes foram desidratados em acetona, em HEMA ou expostos ao ar, para serem testados por meio de ensaio de tração. Os três métodos de desidratação produziram significativo aumento no módulo de elasticidade da dentina em relação aos espécimes desmineralizados em armazenados em água. A desidratação ao ar provocou o maior aumento de módulo, seguidos dos espécimes desidratados em acetona e, finalmente os espécimes desidratados em HEMA. A mudança das propriedades mecânicas da dentina desmineralizada promovida pelos solventes orgânicos, tais como acetona e HEMA podem alterar a permeabilidade da área condicionada aos agentes adesivos levando a alterações no processo adesivo à dentina.

Utilizando metodologia semelhante ao do estudo anterior, MACIEL et al.⁴⁷ em 1996, testaram a hipótese de que a desidratação por variados métodos aumenta o módulo de elasticidade da dentina desmineralizada. Os resultados indicaram que o módulo de elasticidade da dentina descalcificada foi menor quando os espécimes foram imersos em água sem desidratação. O aumento do módulo foi observado quando os espécimes foram expostos a agentes químicos ou físicos para desidratação e a rápida reversão dos valores de módulo foi obtida pela imersão em água, menos para os espécimes expostos ao glutaraldeído.

GARCIA-GODOY et al.³⁵, em 1996, avaliaram a resistência ao cisalhamento de dois diferentes adesivos dentinários. Os resultados, em MPa, foram: Prime & Bond- 21,35 e Clearfil Liner Bond 2- 21,65. Não houve diferenças significativas entre os dois sistemas adesivos. Falhas coesivas na resina composta e em dentina foram observadas

nos espécimes testados.

A distribuição do estresse na interface adesiva, produzida durante o teste de cisalhamento, foi investigada por VERSLUIS & DOUGLAS⁹⁷, em 1996. Os resultados mostram que apesar da resistência da interface adesiva ser inferior ao do substrato dentinário, a resultante da distribuição do estresse pode levar a fratura coesiva na dentina

KINNEY et al.⁴², em 1996, determinaram a dureza e módulo de elasticidade da dentina peritubular e intertubular em função de duas localidades. A dureza da dentina peritubular apresentou resultados independentes da localização e variou entre 2,23 a 2,45 GPa, enquanto que na dentina intertubular, a dureza foi superior na região a 1 mm da junção amelo-dentinária (0,49-0,52) do que na região próxima a polpa (0,12-0,18). O módulo de Young da dentina peritubular desidratada foi de 29,8 GPa, enquanto que o módulo da dentina intertubular foi de 21,1 GPa a 1 mm da junção amelo-dentinária e de 17,7 GPa próxima a polpa.

As observações microscópicas da aplicação de “primer” hidrófilos em dentina com quantidade excessiva de umidade superficial, foram avaliadas por TAY; GWINNETT; WEI^{90,91,92} em 1996. Observações em microscopia óptica, eletrônica de varredura e transmissão sugeriram que o grau de umidade da dentina é muito importante para a formação do processo adesivo. Assim, o excesso de água provoca, após evaporação do solvente, uma separação de fase dos componentes do “primer”, além de sua dissolução e formação de micelas, que dificultam o selamento dos túbulos dentinários e comprometem o

mecanismo de adesão.

O estresse desenvolvido pela contração de polimerização de resinas compostas em diferentes preparos cavitários, foi estudado por CARVALHO et al.¹³, em 1996. Os autores mostraram que o estresse ocorrido nos diferentes desenhos cavitários são proporcionais a configuração cavitária chamado de fator - C. Esse fator é calculado pela razão entre número de faces utilizadas na adesão e o número de faces externas não utilizadas na adesão. Assim, a resina composta aplicada em uma superfície plana apresenta fator-C igual a 1 e quando inserida em uma cavidade classe I o fator é igual a 5. Maior é a compensação do estresse quanto menor for o fator-C, com isso preparos classe I são mais desfavoráveis neste aspecto.

Lesões cervicais classe V naturais e artificiais foram alvo de investigações por YOSHIYAMA et al.¹⁰⁶ em 1996. Nestas cavidades foram aplicados os adesivos All Bond 2, Scotchbond MP e Clearfil Liner Bond 2, mensurando-se a resistência adesiva e a espessura da camada híbrida formada, através de teste de microtração e microscopia eletrônica de varredura respectivamente. As lesões naturais, compostas de dentina esclerótica, exibiram valores de adesão inferiores para os três adesivos e a espessura da camada híbrida formada pelo adesivo Clearfil Liner Bond 2 mostrou-se a mais delgada entre os adesivos.

MASON et al.⁵¹, em 1996, realizaram testes “in vivo” e “in vitro” de resistência ao cisalhamento de 4 sistemas adesivos: All Bond 2 (A), Scotchbond MP (S),

Clearfil Liner Bond (C) e Optibond (O). O teste “in vitro” foi realizado em substrato dentinário obtido de dentes extraídos, enquanto que no teste “in vivo”, as amostras foram preparadas em dentina, após desgaste da face oclusal de terceiros molares, que foram cuidadosamente extraídos após 1 semana. Os resultados (MPa) foram os seguintes: “in vivo”, A- $14,1 \pm 1,6$; S- $16,5 \pm 1,9$; C- $12,3 \pm 2,7$ e O- $14,6 \pm 1,5$; “in vitro”, A- $9,8 \pm 2,7$; S- $18,7 \pm 2,0$; C- $11,1 \pm 2,0$ e O- $12,5 \pm 3,0$. O adesivo Scotchbond MP apresentou “in vitro” valores estatisticamente superiores aos demais materiais utilizados. Não houve diferenças estatisticamente significantes “in vivo” entre os adesivos S, A e O. Somente o adesivo All Bond 2 apresentou diferença significativa na força de união entre estudos “in vivo” e “in vitro”. Fraturas adesivas, coesivas e associações destas foram observadas nos espécimes testados, sendo que as fraturas coesivas em dentina foram relacionadas aos altos valores de adesão. Os autores concluíram que os resultados “in vivo” confirmam a validade dos testes “in vitro” para os adesivos estudados.

O efeito da orientação dos túbulos dentinários, em diversas localizações da porção coronária na resistência coesiva da dentina foi determinada através do ensaio de cisalhamento, por WATANABE; MARSHALL JR; MARSHALL¹⁰⁰, em 1996. Inicialmente foram testadas amostras da região central da coroa com duas diferentes orientações dos túbulos. Em seguida, testou-se amostras da região central e abaixo do esmalte nas regiões de cúspides. Os resultados mostraram que no primeiro estudo não houve diferenças significativas entre amostras retiradas nas posições paralelas e perpendiculares ao longo eixo do dente ($72,5$ MPa e $78,4$ MPa). Na segunda etapa, as amostras retiradas da região central da dentina, com túbulos orientados paralelamente ao

plano da aplicação da carga não diferiram significativamente quando a força era aplicada na mesma direção, porém com os túbulos orientados perpendicularmente (53,5 MPa). Quando foi testado amostras com túbulos paralelos ao longo eixo do dente e a carga aplicada perpendicularmente em relação a orientação dos túbulos, este apresentou valores de resistência superiores (78,0 MPa) as amostras anteriores. Amostras retiradas das três diferentes orientações na região de base de cúspide não mostraram diferenças estatísticas entre elas (83,6; 85,2 e 91,8 MPa). As áreas de cúspides apresentam superior resistência ao cisalhamento em duas das três orientações. Os autores concluíram que a resistência ao cisalhamento da dentina é muito superior à resistência ao cisalhamento de adesivos dentinários e que as fraturas coesivas em dentina obtidas nos testes adesivos, são resultados de uma falha ou concentração de estresse na dentina.

Em 1997, EICK et al.²⁶ revisaram o mecanismo de união proporcionado pelos sistemas adesivos aplicados após condicionamento ácido total. Os autores ressaltaram a importância da “smear layer”, dos agentes condicionadores e das características da estrutura dentinária, como a permeabilidade, no desenvolvimento da adesão. A análise de fotomicrografias mostraram “tags” de resina preenchendo a luz dos túbulos dentinários e entre os “tags” a dentina desmineralizada da embocadura dos túbulos, notou-se a presença de uma zona de resina infiltrada na dentina desmineralizada, ou seja, os “tags” pareciam estar fisicamente aderidos as paredes via hibridização da resina no colágeno adjacente. A formação de uma zona de interdifusão do monômero do “primer” no colágeno da dentina intertubular desmineralizada, comumente chamada de camada híbrida, associada a formação dos “tags” foram características dos sistemas adesivos estudados.

Estudos sobre a biocompatibilidade dos sistemas adesivos, em 1997, mostraram que quanto maior a espessura do remanescente de dentina entre o assoalho da cavidade e a polpa, menor era o grau de reação provocado pelo sistema adesivo. Quando aplicado diretamente sobre a polpa provocou perda da capacidade de organização levando a necrose pulpar. HEBLING et al.³⁸ & COSTA et al.¹⁹ concluíram que esses materiais odontológicos eram extremamente citotóxicos, quando aplicados em dentina profunda ou diretamente sobre a polpa.

A espessura da zona de interdifusão resina-dentina foi mensurada em função da orientação dos túbulos e profundidade da dentina a partir da utilização de três diferentes sistemas adesivos por MARSHALL; TOMSIA; MARSHALL⁵⁰, em 1997. Os adesivos Scotchbond MP (S), One Step (O) e Clearfil Liner Bond 2 (C) foram aplicados em dentina superficial e profunda paralelamente a câmara pulpar. Em dentina superficial e perpendicularmente a câmara pulpar, somente foi utilizado o sistema adesivo S. A espessura da interface de união, em micrometros dos adesivos S, O e C foram respectivamente: em dentina superficial- $4,5 \pm 0,8$; $3,7 \pm 1,3$ e $1,3 \pm 0,6$; e em dentina profunda- $7,6 \pm 0,6$; $2,8 \pm 0,8$ e $0,5 \pm 0,2$. O valor médio na interface paralela ao longo eixo do dente foi de $4,7 \pm 1,1$. O adesivo S mostrou uma camada adesiva mais delgada em dentina superficial. A interface produzida pelo adesivo C foi mais delgada do que a zona formada pelos adesivos S e O em dentina superficial e todos sistemas adesivos produziram espessuras significativamente diferentes em dentina profunda.

YOSHIKAWA et al.¹⁰⁴, em 1997, avaliaram o efeito do preparo cavitário, fator-C, e profundidade dentinária na resistência à tração de três adesivos dentinários: Clearfil Liner Bond 2 (LB), One Step (OS) e Superbond D-Liner (SD). Foram utilizadas as seguintes profundidades e formatos cavitários: área plana em dentina superficial (C=1), área plana em dentina profunda (C=1) e superfície da parede pulpar em preparo cavitário classe I (C=3). O adesivo LB não teve a resistência adesiva afetada pela profundidade dentinária, no entanto o fator-C foi responsável pela redução da resistência de união. Os adesivos OS e SD foram afetados pela profundidade dentinária e fator-C.

A importância da permeabilidade dentinária na qualidade adesiva, foi objetivo do estudo de PASHLEY & CARVALHO⁶², em 1997. A permeabilidade intratubular e a intertubular, da dentina condicionada, foi considerada indispensável na penetração da resina para o interior dos túbulos e na rede de fibras colágenas expostas. A infiltração do monômero resinoso na dentina intertubular é altamente dependente da porosidade obtida após o ataque ácido. Os autores ressaltaram que o procedimento de secagem após o condicionamento pode levar a uma diminuição nas dimensões dos espaços entre as fibras colágenas, que por contração, podem ocasionar o colapso das mesmas. A perda da conformação espacial das fibras colágenas diminui a permeabilidade comprometendo a formação da camada híbrida. Com isso, o reumedecimento da dentina desidratada pelo ar e a dentina visivelmente úmida são procedimentos clínicos essenciais. A densidade tubular tem grande importância na difusão radial do monômero através da luz do túbulo dentinário. Assim, em dentina profunda que possui maior quantidade de túbulos,

ocorre uma maior difusão do monômero em relação a dentina superficial. A utilização de adesivos autocondicionantes aplicados diretamente na “smear layer” relativamente seca, evitam problemas associados com a umidade dentinária após o condicionamento, facilitando desta maneira o uso clínico. Estes adesivos aumentam simultaneamente a permeabilidade dentinária, pela sua acidez intrínseca, e a infiltração de resina nas porosidades da dentina. O substrato dentinário que promove um processo dinâmico em relação ao procedimento adesivo poderá apresentar resistências adesivas não uniformes em função de diferenças regionais na densidade de túbulos dentinários, permeabilidade dentinária, concentração de cálcio, presença de dentina esclerótica e variação de espessura da “smear layer”. Esta variabilidade regional resultará em uma não uniformidade no condicionamento ácido, conseqüentemente, em uma não uniformidade na infiltração de dentina e distribuição de estresses.

A influência da profundidade dentinária, em várias localidades da coroa dental, na resistência ao cisalhamento da dentina foi determinada por KONISHI et al.⁴³, em 1997. A dentina foi analisada a 1mm da polpa dental, 1 mm da junção amelo-dentinária (JAD) e na região central, das faces vestibular e lingual. Os autores concluíram que a dentina próxima a polpa (51,8 MPa) é menos resistente que a dentina em outras duas profundidades (84,5 MPa – média e 78,7 MPa – 1mm JAD) e que a dentina é mais resistente ao cisalhamento do que a resistência reportada dos adesivos dentinários.

FERNANDES²⁸, em 1997, utilizando ensaio de microtração, determinou a resistência de união de dois sistemas adesivos, empregando como substrato superfícies

oclusais planas em dentina profunda (P) e superficial (S). Os valores médios, em MPa, foram: Clearfil Liner Bond 2 – P: 35,15 e S: 35,02; One Step – P: 52,47 e S: 60,94. Não houve diferenças estatísticas quando a profundidade dentinária foi alterada para o mesmo adesivo. Diferenças significantes foram observadas no fator material, com o sistema adesivo One Step fornecendo valores de resistência adesiva mais elevados.

A resistência de união do adesivo One Step foi avaliado em esmalte e dentina, sob diferentes condições por KANCA III⁴¹, em 1997. Este estudo utilizou o teste de cisalhamento para analisar a aplicação do adesivo após diferentes agentes condicionadores, tempos de condicionamento, tempo de lavagem do ácido, padrões de umidade do substrato entre outras condições. Quando não houve aplicação do adesivo no esmalte e quando o adesivo foi aplicado em dentina ressecada e em esmalte sem condicionamento os valores de resistência adesiva foram estatisticamente inferiores Nas demais condições, entre elas em dentina profunda, os valores de resistência adesiva, tanto em esmalte quanto dentina, mostraram valores médios semelhantes entre 23 a 29 MPa.

PEREIRA et al.⁷¹, em 1997, avaliaram através o teste de microtração o efeito da umidade e diferença regional na resistência adesiva em dentina. Os adesivos One Step e Clearfil Liner Bond 2 foram aplicados em dentina ressecada, na ausência e presença de pressão pulpar. Os valores de resistência adesiva para o One Step foi significante menor em dentina localizada próxima ao corno pulpar que nas regiões central e periférica. O adesivo Clearfil Liner Bond 2 não apresentou diferenças estatísticas na resistência adesiva quando foi aplicado nas diferentes localidades. Quando a dentina foi ressecada, não foi observada

diferença entre as regiões ou materiais. Os autores relataram que o adesivo autocondicionante foi menos sensível tanto a variação regional do substrato dentinário, quanto na presença de fatores ligados a umidade superficial.

O tamanho da amostragem para o ensaio de microtração foi determinado por CHAPPELL et al.¹⁷, em 1997. Os autores empregaram uma área adesiva de 1,7 mm² e o valor médio de resistência à tração para o adesivo Scotchbond MP, aplicado em substrato dentinário, foi de 30,1 MPa. Vinte e sete espécimes ou 6 dentes foram suficientes para determinar uma amostragem correta e uma distribuição normal para os testes de microtração.

MARSHALL JR. et al.⁴⁹, também em 1997, estudaram a estrutura e as propriedades do substrato dentinário utilizados na adesão de resinas compostas. A dentina é um tecido vital mineralizado e hidratado com componentes estruturais e propriedades que variam de acordo com a sua localização. Outras variações são causadas por alterações fisiológicas e patológicas, que fazem surgir diferentes formas de dentina primária, secundária, reparativa, esclerótica, transparente, desmineralizada, remineralizada e hipermineralizada. Assim, os autores concluíram que a microestrutura dentinária e suas propriedades são os principais determinantes de quase todos procedimentos restauradores.

Quatro sistemas adesivos foram avaliados comparativamente quanto à penetração na dentina e suas respectivas camadas híbridas e profundidade de descalcificação, por YOUSSEF et al.¹⁰⁷, em 1998. Foram utilizados os adesivos

Scotchbond MP, Prime & Bond 2.0, Super D-Liner II e Clearfil Liner Bond II, observados em microscopia eletrônica de varredura. Os três primeiros adesivos apresentaram “tags” longos e camadas híbridas relativamente espessas quando comparados ao adesivo Clearfil Liner Bond II. Os autores concluíram que o adesivo Clearfil Liner Bond II apresentou uma camada híbrida menos espessa e “tags” mais curtos, em virtude da menor descalcificação provocada por esse sistema, uma vez que o mesmo não realiza condicionamento ácido prévio.

O formato da área submetida ao estresse durante o ensaio de microtração, foi estudada por PHRUKKANON, BURROW; TYAS⁷², em 1998. A maioria dos espécimes cilíndricos, com área adesiva de 1,1 a 1,5 mm², exibiu falhas adesivas. Nenhuma diferença foi determinada entre os espécimes com formato cilíndrico e retangular. Os resultados indicaram que o teste de microtração, utilizando pequenas áreas adesivas, produziu valores médios de adesão superiores quando comparados ao ensaio com área adesiva de 3,1 mm².

Os testes de microtração e cisalhamento foram comparados e o modo de fratura avaliados por SCHREINER; CHAPPELL; EICK⁸⁰, em 1998. Foram testados 5 sistemas adesivos nos dois ensaios de adesão e os resultados mostraram que os adesivos no teste de cisalhamento não apresentaram diferenças significativas. O adesivo Clearfil Liner Bond apresentou mais falhas coesivas da dentina e do compósito no teste de microtração. O teste de cisalhamento obteve superior número de falhas em dentina e compósito do que o teste de microtração. Fraturas na interface adesiva foram observadas em maior quantidade no ensaio de microtração.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1- Estudo piloto:

O início deste trabalho experimental constituiu-se de um estudo piloto onde os resultados apontaram uma significativa relação inversa ($p < 0,05$ e $r^2 = 0,63$) entre número de túbulos dentinários/mm² e resistência à tração do adesivo Prime & Bond 2.1. A partir de 6 terceiros molares extraídos e seccionados em 3 profundidades diferentes (superficial, média e profunda), obteve-se 20 espécimes que foram testados e apresentaram valor médio de resistência à tração de $37,8 \pm 12,1$ MPa³⁶.

3.2- Delineamento experimental:

Os fatores em estudo foram as correlações entre a densidade e a força de união e entre a área ocupada pelos túbulos dentinários e a força de união em dois níveis de adesivos (Clearfil Liner Bond 2V e Prime & Bond 2.1), dois níveis de morfologia dentinária (densidade e área ocupada pelos túbulos dentinários) e em três níveis de profundidade (superficial, média e profunda). A variável resposta foi a resistência à tração verificada em 57 unidades experimentais constituídos por paralelepípedos formados de dentina e resina composta, num delineamento inteiramente ao acaso.

3.3- Coleta, armazenamento e preparo dos dentes:

Vinte terceiros molares recém extraídos, foram obtidos no Centro Cirúrgico da área de Cirurgia Buco Maxilo Facial da FOP-UNICAMP. Os dentes foram armazenados em solução de formol^a a 2% pH 7^{23,75}, por um período máximo de 2 semanas, após esse

^a Merck S. A.

período de tempo foram raspados com curetas^β para eliminação dos remanescentes de tecido periodontal, e a limpeza final foi realizada com jatos de bicarbonato de sódio^χ, seguido da lavagem com água destilada^δ.

Os dentes foram separados de maneira aleatória e seccionados na porção coronária, perpendicularmente ao seu longo eixo, em três profundidades diferentes, isto é próximo da junção amelo-dentinária, na porção média e próximo a câmara pulpar, através de cortadeira de precisão^ε com disco diamantado de alta concentração^φ (figura 1, 2 e 3). A “smear layer” foi criada a partir do abrasionamento destas superfícies com lixas de SiC 600 em polítrix refrigerada a água^θ. Foram utilizados dez dentes para o sistema adesivo Prime & Bond 2.1^η assim distribuídos: 3 dentes seccionados em dentina próximo da junção amelo-dentinária, 4 dentes seccionados na porção média da dentina e 3 dentes seccionados em dentina próximo da câmara pulpar. Para o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V^ι houve a perda de um dente durante a confecção das amostras, por isto a distribuição ficou com o mesmo número de dentes por profundidade (tabela 1). A tabela 2 apresenta o nome comercial, composição básica e o fabricante dos materiais adesivos e restauradores utilizados neste estudo.

^β Hu-Friedy

^χ Profi II - Dabi Atlante S. A.

^δ Permutation Ltda.

^ε Impitech PC 10 - Equilan

^φ Extec Corp.

^η Dentsply Ind. Com. Ltda.

^ι Kuraray Co., LTD.

Tabela 1. Números de dentes e profundidades utilizadas por sistema adesivo.

Sistema Adesivo	Número de dentes	Dentina superficial	Dentina média	Dentina Profunda	Número de repetições
Clearfil Liner Bond 2V	9	3	3	3	27
Prime & Bond 2.1	10	3	4	3	30

Tabela 2. Nome comercial, composição e fabricante dos materiais utilizados.

Material (classificação)	Composição	Fabricante (lote)
Clearfil Liner Bond 2 V (sistema adesivo autocondicionante)	- "Primers" A e B: Fenil-HEMA, etanol, água e canforoquinona - Adesivo: Bis-GMA, 10-MDP, HEMA e micropartículas	P, 5-NMSA, Kuraray Co., LTD. Osaka – Japão (61126)
Prime & Bond 2.1 (sistema adesivo de frasco único)	- Condicionador: gel de ácido fosfórico 36% - Resinas de dimetacrilato elastoméricas - PENTA - Fotoiniciadores - Estabilizantes - Hidrofluoreto de cetilamina - Acetona	Dentsply Ind. e Com. Ltda Petrópolis – RJ - Brasil (40293)
Z-100 (compósito micro híbrido –cor A2)	- Parte orgânica: Bis-GMA e TEGDMA - Carga mineral sintética de zircônia / sílica (100% homogênea) - 84,5% de carga e 71% em volume (sem silano) - tamanho médio das partículas de 0,6 µm (tamanho máximo de 4,5 µm)	3M Produtos Dentários St. Paul – MN – USA (7KE)

3.4- Aplicação dos sistemas adesivos, inserção do compósito e obtenção dos espécimes:

Os sistemas adesivos foram aplicados na superfície de dentina planificada dos dentes respeitando-se as recomendações do seu respectivo fabricante (anexo - 1). Em seguida, a resina composta Z-100¹ foi inserida^o em incrementos, fotopolimerizando^o por 40 segundos (450mW/cm²) cada camada de 1 mm de espessura. Assim confeccionou-se uma “coroa” de compósito com 10 mm de altura.

As amostras foram armazenadas por 24 horas a 37 ± 1 ° C em solução fisiológica. Decorrido esse período os dentes foram fixados individualmente em um dos vértices de placas de acrílico (3mm x 3cm x 3cm) a partir da resina composta, utilizando-se em primeiro lugar um adesivo^k e depois cera pegajosa^l. Este aparato foi devidamente fixado a uma cortadeira de precisão^o, onde um disco diamantado de alta concentração^h seccionou as amostras a partir da raiz, paralelamente ao seu eixo e nos sentidos méso-distal (figura 4) e vestibulo-lingual (figura 5). Posteriormente, os dentes foram removidos da cortadeira de precisão^o e da placa acrílica, para que os espécimes, constituídos de resina composta unida à dentina na forma de um paralelepípedo, fossem

¹ 3M – Produtos Dentários

^o N° 1 – Duflex Inox

^o Degulux - Degussa

^k Super Bond – Loctite Brasil Ltda.

^l Kerr Manufacturing Company (Sybron)

^h Imptech - Equilan

selecionados. Os espécimes foram removidos com auxílio de um disco diamantado de dupla face^u, adaptado em peça de mão^x e apreendidos cuidadosamente com pinça clínica^o. A partir de cada dente foram retirados três espécimes para serem testados, obtendo-se com isso 27 corpos de prova para o adesivo Clearfil Liner Bond 2 e 30 corpos de prova para o adesivo Prime & Bond 2.1¹⁷.

3.5- Ensaio de tração:

Os espécimes selecionados, eram armazenados em solução fisiológica até o momento em que foram submetidos ao teste de tração, sendo que o mesmo foi realizado imediatamente após o seccionamento do último dente. Com auxílio de uma cola a base de cianoacrilato^o, os espécimes foram fixados pelas suas extremidades, nos “grips” do dispositivo de microtração^p (figura 6) que estava acoplado à uma máquina universal de ensaio^ψ. O tracionamento foi conduzido com velocidade de 0,5 mm/min até a ruptura da amostra e os valores de resistência adesiva foram obtidos em kilograma. A carga necessária

^u K G Sorensen Ind. e Com. Ltda

^x Dabi Atlante S. A.

^o Duflex Inox

^o Zapit – D.V.A.

^p Cometa

^ψ DL 500 - Emic

para a fraturar os espécimes, em Mega Pascal (MPa), foi calculada após a mensuração da área adesiva com um paquímetro digital⁸.

3.6- Preparo das amostra para microscopia eletrônica de varredura:

As extremidades em dentina dos espécimes, que tiveram sua superfície unida ao compósito e posteriormente rompida pelo teste de tração, foram polidas manualmente com lixa de Al₂O₃ granulação 1000^r e 1200^u, sob refrigeração a água. Em seguida, esta mesma superfície foi condicionada com ácido fosfórico a 37%¹¹ por 15 segundos, lavadas com água por 20 segundos, para serem cobertos com uma fina camada de ouro¹² e observados em microscopia eletrônica de varredura^{5 10}. As fotomicrografias foram feitas das regiões mais expressivas das superfícies testadas e fotografadas em magnitudes de 1000X e 4000X.

Para se observar a interface adesiva, nos três níveis de profundidade dentinária, foram utilizados mais seis terceiros molares restaurados de acordo com os itens 3.3 e 3.4. Os dentes foram seccionados no sentido méso-distal e a interface adesiva polida

⁸ Starrett

^r Carborundum Abrasivos

^u 3M

¹¹ Dentsply Ind. Com. Ltda.

¹² MED 010 - Balzer

⁵ DSM 940A - Zeiss

com lixas de óxido de alumínio de granulação 1000 e 1200, e com pasta diamantada de granulações 6, 3, 1 e $\frac{1}{4}$ μm . As amostras foram metalizadas e observadas em microscopia eletrônica de varredura da mesma maneira em que foi realizada a observação dos túbulos dentinários. Fotomicrografias, em magnitude de 1000X, foram feitas das regiões mais expressivas das interfaces adesivas.

3.7- Cálculo da densidade e da porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários:

Para calcular a densidade dos túbulos dentinários, foi utilizada uma folha de papel cartão com uma área central quadrangular, vazada, medindo 10 cm x 10 cm (10.000 mm^2) e posicionado sob a fotomicrografia. O cálculo da densidade foi realizado a partir da barra de proporção da fotomicrografia de 1000X de magnitude, seguindo-se as seguintes relações matemáticas:

$$10\mu\text{m} = 13 \text{ mm (barra de proporção na fotomicrografia)}$$

$$10.000 \text{ mm}^2 \text{ (área do papel)} = 5.916,7 \mu\text{m}^2 \text{ (área real na fotomicrografia)}$$

$$\text{número de túbulos na fotomicrografia} \div 5.916,7 \mu\text{m}^2 \times 1 \times 10^6 = \text{número de túbulos por mm}^2$$

O cálculo da porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários, foi realizado através da média das áreas de quatro túbulos dentinários, na fotomicrografia de 4000X e considerando-se que todos túbulos apresentam formato circular. As seguintes relações matemáticas foram utilizadas:

2 μm = 10 mm (barra de proporção na fotomicrografia)

área média tubular (μm^2) x densidade (túbulos/ mm^2) $\div 1 \times 10^6 \times 100 = \%$ da área média ocupada

3.8. Análise estatística:

A análise estatística foi realizada segundo um delineamento inteiramente ao acaso (tabela 3).

Tabela 3. Delineamento experimental.

Coefficiente de variação	Grau de Liberdade
Sistema adesivo	1
Profundidade dentinária	2
Morfologia dentinária	1
Amostra dentro de parcela	2
Resíduo	51
Total	57



Figura 1. Seccionamento superficial dos dentes.



Figura 2. Seccionamento na região média da coroa dos dentes.



Figura 3. Seccionamento em região profunda da coroa dos dentes.



Figura 4. Cortes no sentido méso-distal para obtenção dos espécimes.



Figura 5. Cortes no sentido vestibulo-lingual para obtenção dos espécimes.

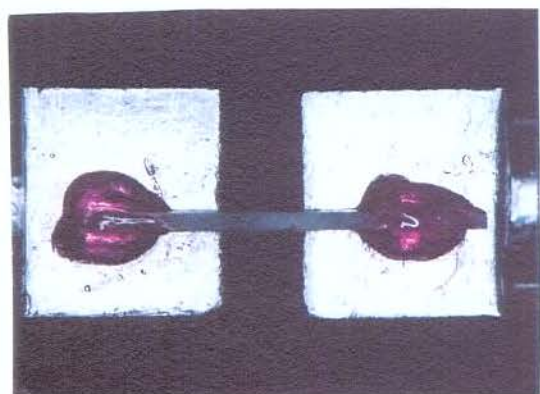


Figura 6. Espécime fixado no dispositivo de microtração.

4. RESULTADOS

Os resultados de resistência à tração, densidade de túbulos dentinários e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos em 1 mm^2 , para o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V, estão presentes no anexo 2. A análise de variância dos valores de resistência à tração para esse adesivo encontrou um F igual a 0,72 não significativo ao nível de 5% de probabilidade para os três níveis de profundidade (anexo 3).

Para se verificar a relação entre a resistência à tração e a densidade de túbulos dentinários e entre, a resistência à tração e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos em 1 mm^2 foi realizada uma análise de variância de regressão e os seus resultados são apresentados nos anexos 4 e 5. A análise de regressão linear revelou para o adesivo Clearfil Liner Bond 2 V ausência de relação significativa para os parâmetros estudados ($p > 0,05$). A relação entre resistência adesiva e densidade de túbulos dentinários por mm^2 apresentou $r = 0,2253$ (figura 7), enquanto a relação entre resistência adesiva e a porcentagem da área média ocupada em $1 \mu\text{m}^2$ apresentou $r = 0,4545$ (figura 8), indicando que não há correlação entre resistência à tração e a densidade de túbulos dentinários e entre, a resistência à tração e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos em 1 mm^2 .

Para o sistema adesivo Prime & Bond 2.1, os resultados de resistência à tração, densidade de túbulos dentinários e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários em 1 mm^2 estão presentes no anexo 6. A análise de variância para os valores de resistência à tração, demonstrou haver pelo menos uma diferença estatisticamente significativa entre os níveis de profundidade ($p < 0,01$) (anexo 7). Para evidenciar a análise de variância foi aplicado o Teste de Variáveis Múltiplas de Duncan que revelou diferença estatística significativa entre os três níveis de profundidade (tabela 4).

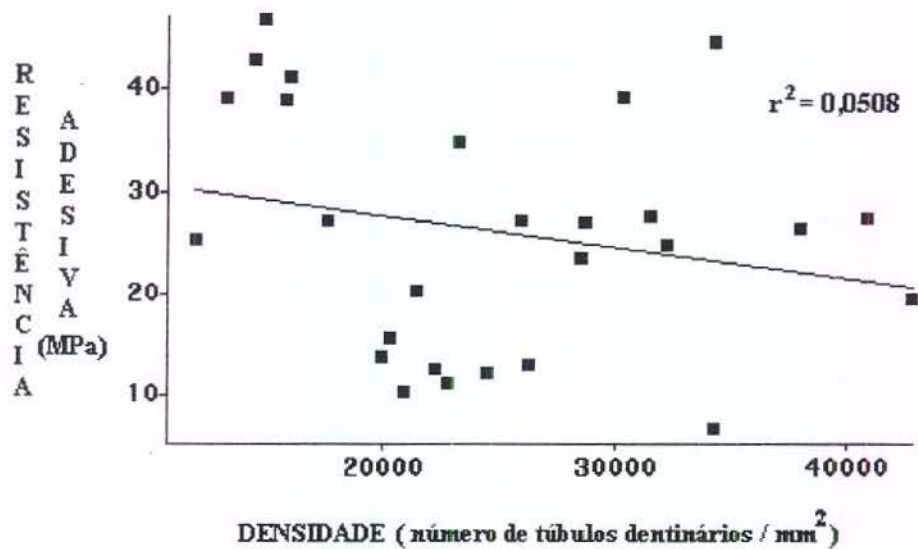


Figura 7. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e densidade de túbulos dentinários por mm².

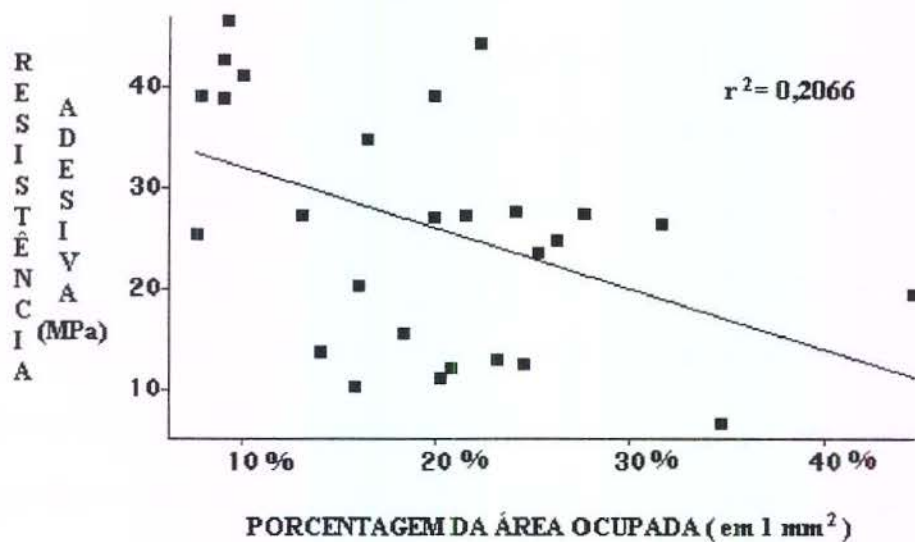


Figura 8. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e porcentagem da área ocupada em 1 μm².

Tabela 4. Teste de Múltiplas Variáveis de Duncan para os valores de resistência à tração do sistema adesivo Prime & Bond 2.1.

Profundidade	Número de espécimes	Média	Duncan
Superficial	9	61,71	a
Média	12	41,13	b
Profunda	9	25,58	c

Médias seguidas por letra distintas diferem entre si ($p < 0,01$).

A relação entre a resistência à tração e a densidade de túbulos dentinários e entre, a resistência à tração e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos em 1 mm^2 foi submetida à análise de variância de regressão e os seus resultados são apresentados nos anexos 8 e 9. A análise de regressão linear mostrou uma relação inversa significativa ($p < 0,05$) entre os parâmetros estudados. A relação entre resistência adesiva e densidade de túbulos dentinários por mm^2 apresentou $r = 0,7943$ (figura 9), enquanto a relação entre resistência adesiva e porcentagem da área média ocupada em $1 \mu\text{m}^2$ apresentou $r = 0,8147$ (figura 10), demonstrando correlação significativa entre a resistência à tração e a densidade de túbulos dentinários e entre, a resistência à tração e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos em 1 mm^2 .

Foi realizada uma análise por contraste, em que se comparou os dois sistemas adesivos independente do nível de profundidade do substrato dentinário (tabela 5). Esta análise mostrou que há diferença estatística significativa entre as médias do adesivo Clearfil Liner Bond 2 V (26,04 MPa) e as médias do adesivo Prime & Bond 2.1 (42,64 MPa). Esta análise também demonstrou, em relação aos níveis de profundidade, que o

adesivo Prime & Bond 2.1 apresenta médias superiores estatisticamente significativas, as médias do Clearfil Liner Bond 2 V nas profundidades superficial e média (anexos 10 e 11). Porém, esta análise mostrou que em dentina profunda não houve diferença estatística significativa entre as médias dos dois materiais (anexo 12).

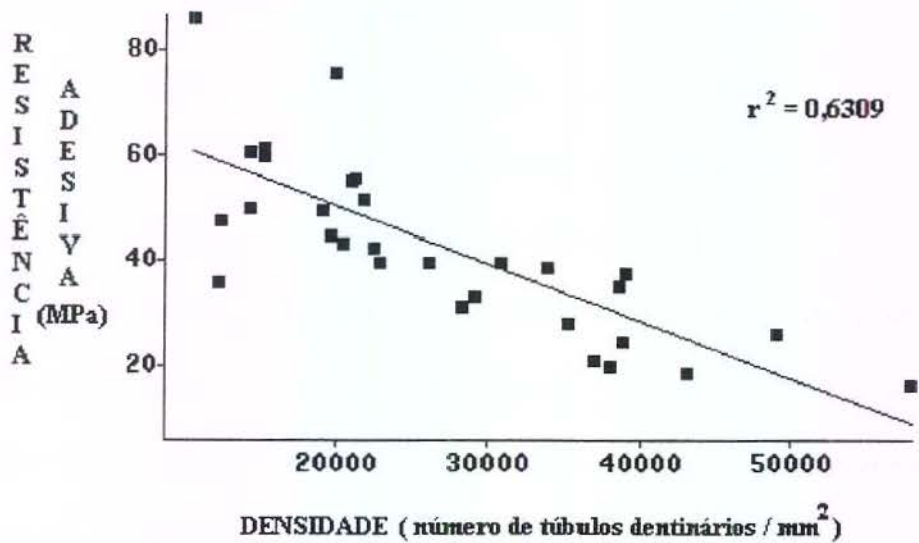


Figura 9. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e densidade de túbulos dentinários por mm².

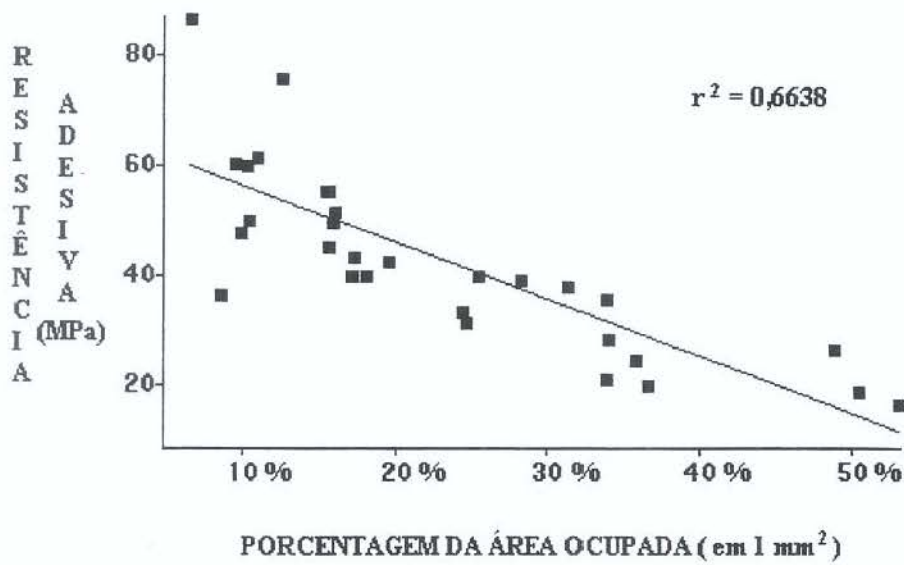


Figura 10. Gráfico de Dispersão e equação de regressão ajustada aos dados da relação resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e porcentagem da área ocupada em 1 μm^2 .

Tabela 5. Análise de Variância dos valores de resistência à tração para os sistemas adesivos Prime & Bond 2.1 e Clearfil Liner Bond 2 V.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1305.79100	1305.79100	7.61	0.0134
Error	17	2918.82065	171.69533		
Corrected Total	18	4224.61164			
	R-Square	C.V.	Root MSE	Mean	
	0.309091	37.67868	13.1033	34.7763	

A observação da interface de fratura mostrou que os espécimes dos sistemas adesivos testados, apresentaram na sua totalidade ruptura na área de união entre a resina composta e dentina, ou seja, falha adesiva (figura 11).

As figuras 12, 13 e 14 mostram os aspectos microscópicos dos diferentes níveis de profundidade dentinária, em magnitude de 1000X. Nota-se as diferenças morfológicas em relação a densidade de túbulos dentinários e da área de dentina intertubular. A interface adesiva, nos três níveis de profundidade, para os dois sistemas adesivos estão presentes nas figuras 15 a 20 (1000X). Verifica-se a formação de camada híbrida e “tags” de resina no interior dos túbulos dentinários, para ambos sistemas adesivos nas profundidades estudadas.

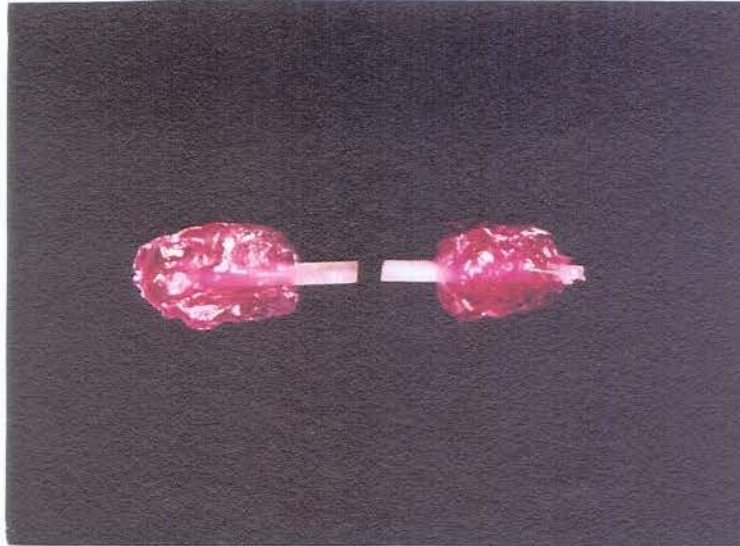


Figura 11. Fratura na interface de união do espécime testado. Nota-se os componentes do “espécime”: na extremidade esquerda resina composta e na extremidade oposta dentina.

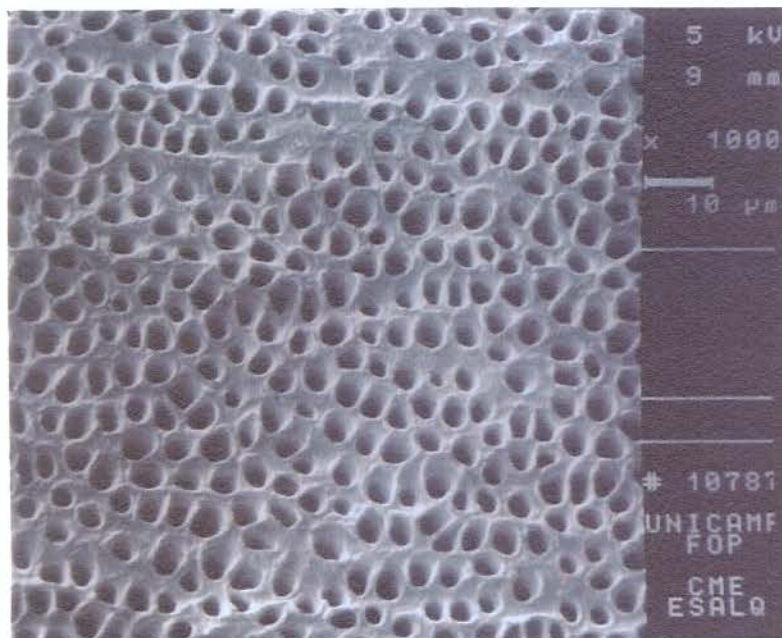


Figura 12. Aspecto microscópico da dentina com densidade de 43.169,40 túbulos/mm² (1000X) e ocupando uma área de 50,5% (calculado na fotomicrografia de 4000X).

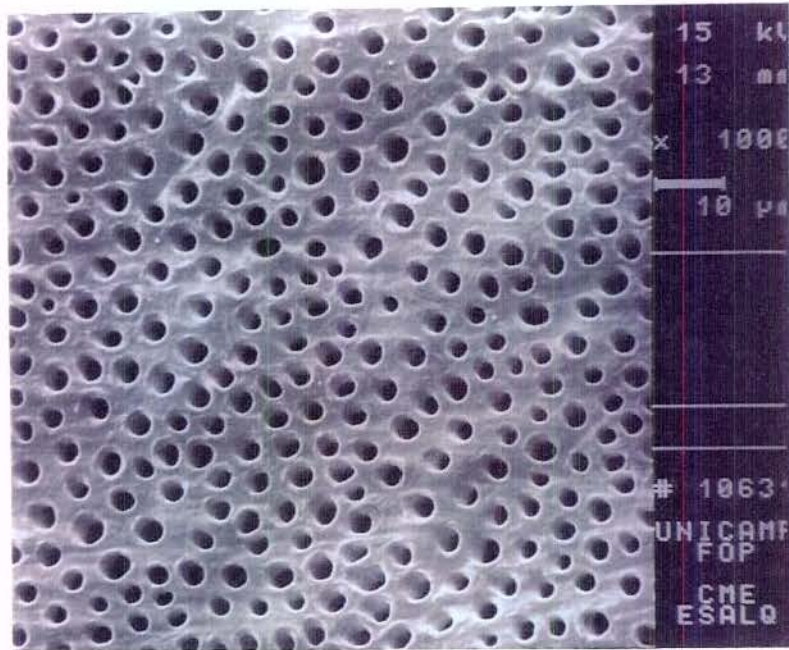


Figura 13. Aspecto microscópico da dentina com densidade de 33.879,78 túbulos/mm² (1000X) e ocupando uma área de 28,3% (calculado na fotomicrografia de 4000X).

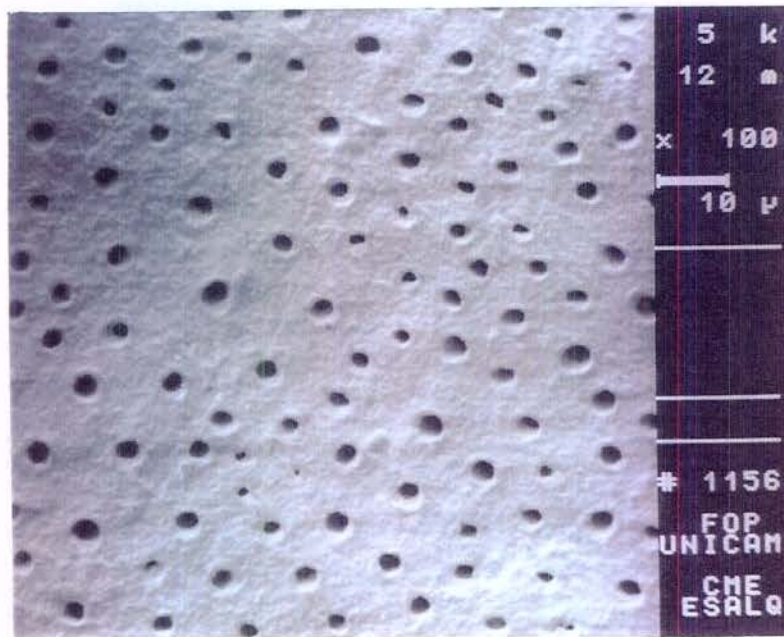


Figura 14. Aspecto microscópico da dentina com densidade de 14.189,19 túbulos/mm² (1000X) e ocupando uma área de 9,5% (calculado na fotomicrografia de 4000X).

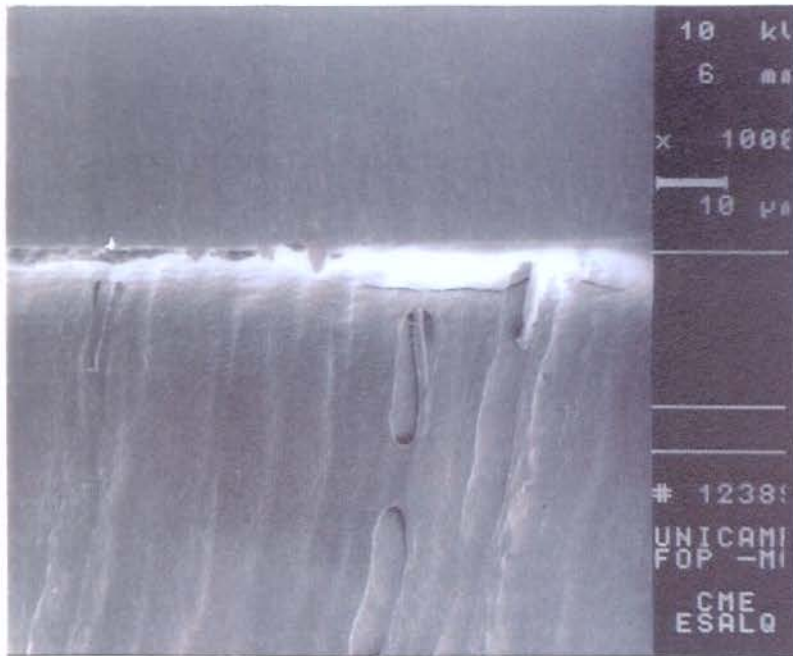


Figura 15. Interface de união do adesivo CFLB 2 em dentina superficial (1000X).

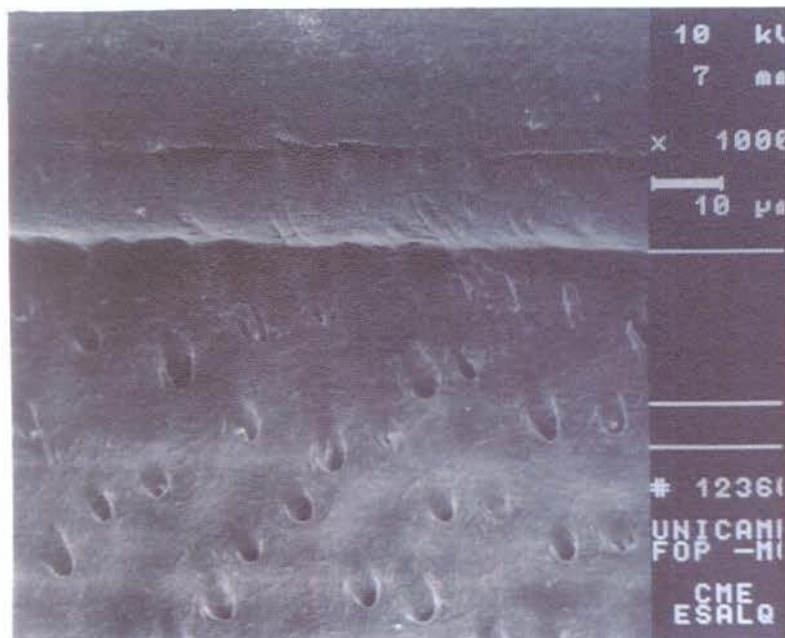


Figura 16. Interface de união do adesivo P & B 2.1 em dentina superficial (1000X).

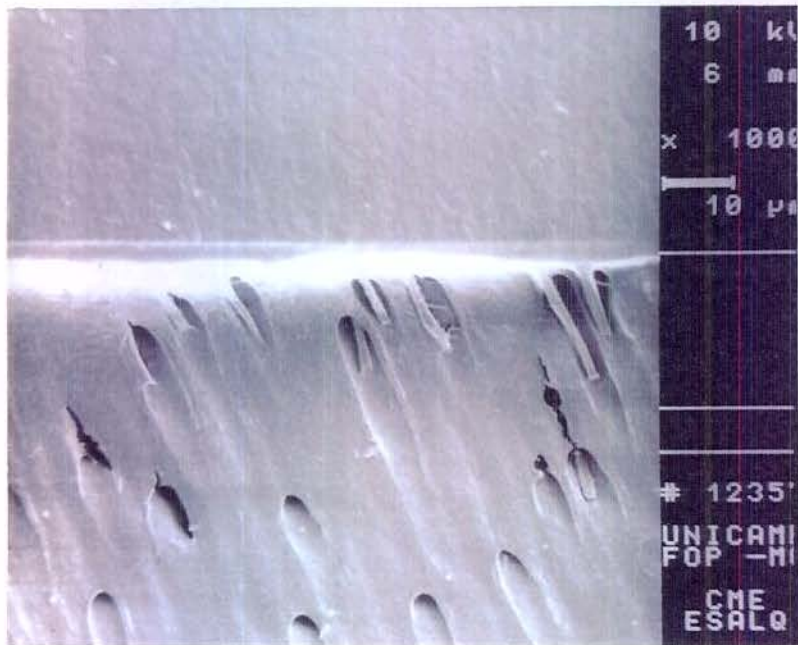


Figura 17. Interface de união do adesivo CFLB 2 em dentina média (1000X).

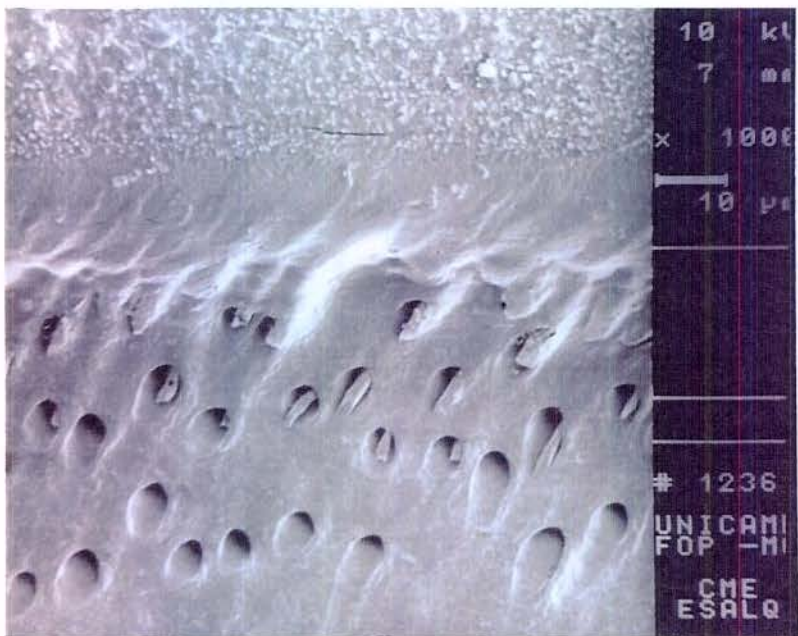


Figura 18. Interface de união do adesivo P & B 2.1 em dentina média (1000X).

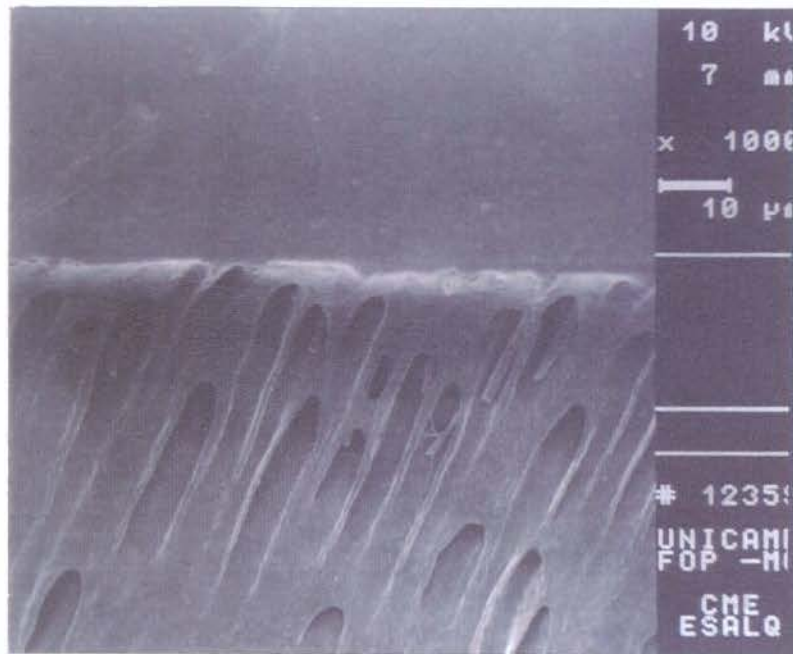


Figura 19. Interface de união do adesivo CFLB 2 em dentina profunda (1000X).

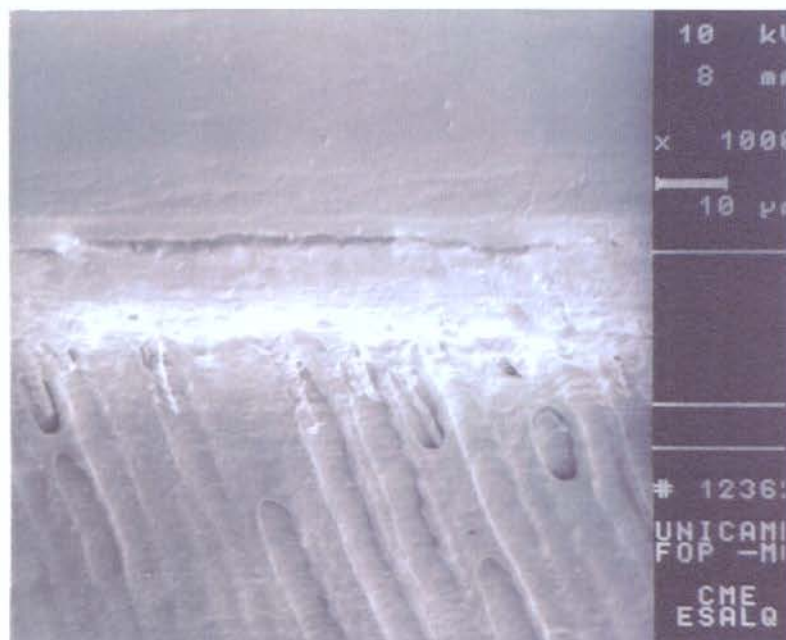


Figura 20. Interface de união do adesivo P & B 2.1 em dentina profunda (1000X).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Paralelamente ao processo evolutivo dos sistemas adesivos verifica-se que as etapas mais importantes do seu desenvolvimento estão sempre acompanhadas de um estudo mais aprofundado da morfologia e fisiologia dos tecidos dentais^{16,38,47,62,67}. O histórico dos adesivos odontológicos se inicia na década de 50^{7,8,45} e a etapa mais significativa de sua evolução ocorreu a partir do final da década de 70, onde FUSAYAMA et al.³³ preconizaram o condicionamento da superfície dentinária com ácido fosfórico, para aumentar a adesão. Alguns anos depois, o tratamento da dentina com solução de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%, previamente a aplicação de um monômero hidrófilo, 4-META, resultou na formação da camada híbrida⁵⁵, onde a infiltração desses monômeros resinosos na intimidade da dentina desmineralizada descreve o mecanismo de união dos sistemas adesivos^{26,67,74,86,93}.

Os primeiros adesivos dentinários possuíam interação apenas com a “smear layer”, conseqüentemente os valores de adesão eram limitados pela resistência coesiva da mesma ou pela sua interação com a dentina subjacente⁸⁹. Novas gerações de adesivos apresentavam em sua composição agentes condicionadores que promoviam modificação ou remoção total da “smear layer”, promovendo assim a penetração da resina na dentina subjacente^{2,74,88}. As propriedades hidrófobas, entre outras características, desses materiais faziam com que a união em regiões profundas da dentina fosse reduzida drasticamente^{15,52,53,68,74,83,84,87,88}.

A aplicação de ácido fosfórico ou de outras soluções ácidas específicas diretamente na superfície dentinária e por determinados períodos de tempo promovem a remoção total da “smear layer”, do “smear plug” e desmineralização da dentina peri e intertubular abrindo, conseqüentemente, a embocadura dos túbulos dentinários e

aumentando a permeabilidade da dentina^{33,55,69}. Dependendo da localização dentinária, essas modificações podem alterar a qualidade adesiva pela variação da morfologia local, pois a adesão à dentina se processa por meios micromecânicos de retenção, representados pela formação da camada híbrida^{62,65}.

A distribuição radial dos túbulos dentinários a partir da câmara pulpar até a junção amelo-dentinária, faz com que a densidade dos túbulos aumente com a proximidade da polpa dental, dessa forma os números apontam que a dentina profunda apresenta aproximadamente, 43.000 a 52.000 túbulos/mm² e em regiões mais superficiais da dentina ocorre a presença de 18.000 a 24.000 túbulos/mm²^{10,32,34,58,64}. A densidade dos túbulos dentinários determina a área de dentina intertubular e essa é extremamente reduzida em regiões mais profundas da dentina, pois além da alta densidade, os túbulos apresentam os maiores diâmetros nessas regiões, ocupando conseqüentemente grande área superficial^{32,54,61,64}. Os cálculos mostram que os túbulos ocupam entre 22 a 28% da superfície dentinária próxima da polpa, enquanto que próximo ao esmalte a porcentagem diminui para 1 a 4%^{34,39,61}. As figuras 8, 9 e 10 retratam de maneira clara a variabilidade regional dentinária, em termos da quantidade de dentina intertubular, densidade e diâmetros dos túbulos.

A natureza laboratorial deste estudo permitiu avaliar os efeitos morfológicos da profundidade dentinária frente a aplicação dos sistemas adesivos, eliminando com isso a influência da umidade intrínseca local. Esses efeitos se referem a variação na densidade e da área ocupada pelos túbulos dentinários em diferentes níveis de profundidade, que podem determinar a performance adesiva de acordo com o mecanismo de união^{39,49,53}. Os efeitos da umidade somente foram considerados de origem externa, ou seja, do ambiente ou como

resultado da remoção do ácido, que podem influir durante a formação do processo adesivo, estando diretamente relacionado ao mecanismo de união de cada sistema adesivo^{40,62,85,90,91,92}.

A comparação direta dos valores de resistência adesiva deste estudo com outros da literatura, teoricamente não deve ser estabelecida, pois o ensaio de microtração tem a peculiaridade de produzir altos valores de adesão, em relação aos testes convencionais^{66,72}.

A ocorrência de uma relação inversa entre resistência adesiva e área adesiva explica os altos valores de resistência à tração⁷⁷. A área dentinária no sítio de adesão utilizada neste estudo foi inferior a 0,7 mm², enquanto que nos testes convencionais a área adesiva se aproxima de 7 a 11 mm². Nessas áreas, os valores de 15 a 30 MPa obtidos nos ensaios de cisalhamento, muitas vezes são mensurados através de falhas coesivas do compósito ou da dentina^{2,3,35,40,51,74,85,95}, os quais não permitem a mensuração correta da interface de união pois a mesma não falha. Embora a melhora da qualidade oferecida pelos sistemas adesivos, nos leve a associar esses fatos, não significa que a resistência intrínseca da dentina foi ultrapassada, uma vez que a resistência coesiva da dentina mineralizada apresenta valores entre 50 a 130 MPa^{4,43,76,82,100}. Deste modo, a natureza das fraturas coesivas se refletem provavelmente na má distribuição do estresse gerado durante a aplicação da carga, além da forma de sua aplicação, características geométricas do ensaio e tamanho da área testada, uma vez que a resistência coesiva da dentina tem sido reportada com valores muito superiores a esses^{97,98,99,101}. O teste de resistência à microtração possui a vantagem de avaliar pequenas amostras, de modo que as variações regionais possam ser abrangidas de acordo com simulação clínica^{66,104}. O resultado de se investigar pequenas áreas é o desenvolvimento de um estresse mais uniforme durante o ensaio, que se reflete na

ocorrência das fraturas adesivas, principalmente quando o espécime testado apresenta área adesiva inferior a 2 mm^{11,28,77,80}. Os resultados deste estudo corroboram com esta afirmação. Outra vantagem associada ao teste de microtração é que o mesmo permite múltiplas medidas de diferentes regiões de um único dente, fazendo com que a dificuldade de se coletar dentes extraídos na atualidade possa ser minimizada^{17,66}.

A utilização de superfícies planificadas de terceiros molares hígidos implica na condição de não haver preparo cavitário tridimensional e dos dentes não terem sofrido nenhuma alteração na sua estrutura decorrente de restaurações ou processos de cárie. Esse aspecto é importante porque o presente estudo visa a investigação das diferentes morfologias proporcionadas pela profundidade em uma dentina normal, pois a resistência de união frente a diferentes níveis de mineralização ou a alterações fisiológicas e patológicas, provocadas pela esclerose e cárie podem alterar a qualidade adesiva^{56,70,106}. Quanto ao formato cavitário, sabe-se que a aplicação do sistema adesivo em parede pulpar planificada produz valor de adesão superior em relação a parede pulpar de uma restauração confeccionada em um preparo cavitário tridimensional^{73,104}. Este fato se reflete na ausência de competição entre a resistência adesiva e a contração de polimerização provocada em um modelo cavitário^{13,22}.

Foram selecionados neste estudo dois sistemas adesivos que clinicamente reduzem os passos de aplicação e possuem dois diferentes métodos de abordagem da “smear layer”. O adesivo de frasco único Prime & Bond 2.1 é aplicado após o condicionamento prévio das estruturas dentais com ácido fosfórico a 36% por 15 segundos. A desmineralização na dentina atinge uma profundidade de aproximadamente 5 µm com

remoção total da dentina peritubular, produzindo um aspecto afunilado do túbulo na superfície⁶⁹. A remoção da porção mineral da dentina intertubular faz com que a rede de colágeno seja preenchida pela água proveniente da remoção do ácido e da permeabilidade da dentina⁶². A origem da natureza micromecânica da união dentina-resina composta se dá quando o monômero resinoso dissolvido na acetona consegue penetrar e substituir totalmente a água que circunda os espaços interfibrilares²⁶. Esse solvente orgânico, presente na composição desse adesivo, tem a finalidade de desidratar a rede de colágeno desmineralizada e substituir ao mesmo tempo a água pelo monômero resinoso, que após sua polimerização formará uma região de dentina desmineralizada infiltrada por monômeros resinosos denominada de camada híbrida⁶⁵. A presença da umidade na dentina desmineralizada tem sido reportada como aspecto fundamental na obtenção de altos valores de adesão^{40,85}, pois além de manter as fibras colágenas expandidas, a dentina desprovida da sua porção mineral apresenta baixo módulo de elasticidade^{12,47}. A desidratação excessiva produzida pela secagem com jatos de ar pode levar ao colapso das fibras colágenas que diminuem os espaços interfibrilares e dificultam a penetração do agente de união produzindo baixa resistência adesiva⁶². A secagem com papel absorvente foi realizada com intuito de eliminar excessos da água de maneira mais uniforme, pois a umidade excessiva também pode levar a alteração na qualidade adesiva^{90,91,92}. Com o controle da umidade realizado pelo operador e sem a presença da umidade intrínseca, os diferentes valores de resistência adesiva obtidos pelos Prime & Bond 2.1 são provavelmente relacionados às características regionais da dentina. Embora a presença da pressão e fluido pulpar pudessem alterar os resultados deste estudo^{74,87}, tem-se mostrado que a aplicação dos

sistemas adesivos “in vivo” e “in vitro” são semelhantes em termos de resistência adesiva e morfologia de interface^{29,51}.

O tratamento superficial utilizado pelo adesivo Clearfil Liner Bond 2 V, baseia-se na aplicação de um “primer” com acidez intrínseca na “smear layer” relativamente seca^{3,62}. Nesse sistema adesivo o passo clínico do condicionamento ácido é substituído pela aplicação de uma solução ácida de monômeros resinosos, com pH inicial em torno de 1,4³, suficiente para criar canais de dissolução através da “smear layer” e desmineralizar a superfície subjacente da dentina¹⁰². Com isso torna-se possível a infiltração desses monômeros na dentina desmineralizada e nos túbulos dentinários através do processo de incorporação da “smear layer”^{62,102}. Assim, o “primer-ácido” é responsável ao mesmo tempo pela desmineralização superficial e pela a infiltração do monômero resinoso¹⁸. Partindo do princípio que o controle da umidade superficial da dentina após o condicionamento ácido é um passo clínico difícil de ser realizado, os adesivos autocondicionantes parecem levar vantagem nesse aspecto, pois como o “primer-ácido” é aplicado na dentina sem prévio condicionamento, elimina-se a necessidade do controle da umidade. Os efeitos da umidade para esse sistema adesivo são oriundos apenas da permeabilidade da dentina e da água presente no “primer-ácido”, os quais são suficientes para ionização e ação do componente ácido. Ao considerar somente a umidade do sistema adesivo, pode-se esperar uma maior uniformidade dos resultados, uma vez que as variações morfológicas regionais apresentam-se encobertas pela “smear layer”²⁸.

A correlação inversa observada entre a densidade e a resistência à tração, e entre, a área ocupada pelos túbulos dentinários e a resistência à tração do adesivo Prime & Bond 2.1, pode ser explicado pelo modelo matemático elaborado por PASHLEY et al.⁶⁷ Os

autores calcularam a resistência adesiva em função da distância da polpa, levando em consideração as variações da área de dentina intertubular e dos túbulos dentinários. Assim, a camada híbrida contribuiria em maiores porcentagens em dentina superficial do que em dentina profunda por causa da maior área de dentina intertubular para formar o processo adesivo. Ao considerar que os túbulos dentinários ocupem grande área da dentina que está localizada próxima a polpa, devido a maior densidade e o aumento do seu diâmetro, o inverso ocorre com a formação dos “tags”. Em outras palavras, como o mecanismo de união do adesivo adesivo Prime & Bond 2.1 é dependente da área de dentina intertubular para formação da camada híbrida, a resistência adesiva fica comprometida em dentina profunda pela formação de camada híbrida mais delgada^{50,105}. Outras mudanças na estrutura da dentina, como o decréscimo da dureza e do módulo de elasticidade em regiões profundas, parecem influir na redução da resistência adesiva^{42,64}. Estudos que utilizaram outros adesivos dentinários hidrófilos, através da técnica condicionamento total em dentina profunda, relatam também redução dos valores de adesão^{9,57,71}, embora essas observações não sejam uma constante^{28,75,105}.

Associado ao decréscimo de resistência adesiva, que por si só é indesejável, a biocompatibilidade é também uma preocupação, pois quanto mais profunda é a dentina sujeita à aplicação do condicionamento ácido e sistema adesivo, maior é a reação histológica³⁸. O condicionamento ácido em regiões profundas aumenta a permeabilidade local permitindo maior difusão dos monômeros os quais são tóxicos a polpa¹⁹. A citotoxicidade e os baixos valores de adesão observados em restaurações de resina composta com parede de pulpar profunda, podem contra-indicar a aplicação clínica nessas áreas. O procedimento clínico mais adequado nessas condições baseia-se na aplicação de protetores

pulpaes como cimento de hidróxido de cálcio ou de bases ionoméricas, que impedem o contato direto entre o adesivo e a região profunda da dentina^{13,20}, visto que, os valores de adesão encontrados neste estudo para estas regiões foram estatisticamente menores não justificando a sua aplicação.

Por outro lado, o adesivo Clearfil Liner Bond 2 V não mostrou relação com os dois parâmetros estudados, revelando uma uniformidade nos seus dados quando o adesivo foi aplicado em diferentes níveis de profundidade da dentina. A insensibilidade do mecanismo de união frente a variação da microestrutura local não apresenta ainda um modelo teórico que descreva a uniformidade dos valores. Os resultados deste estudo concordam com os dados de outras investigações, os quais também mostram semelhantes valores de resistência adesiva em dentina profunda e superficial, ao se utilizar adesivos autocondicionantes^{9,28,74,104} ou quando a “smear layer” era mantida para adesivos não autocondicionantes⁸⁸. Um estudo mais completo mostrou que o adesivo Clearfil Liner Bond 2 V apresenta uniformidade da resistência adesiva quando ele é aplicado na presença ou na ausência da pressão pulpar, em diferentes níveis de umidade e em diferentes localidades da dentina⁷¹. Clinicamente esse efeito é interessante pois o material apresenta uma adesão uniforme frente a diferentes condições de umidade local e regiões dentinárias²⁸.

A análise estatística dos valores de resistência à tração, não levando-se em consideração a profundidade dentinária, demonstrou haver diferenças significativas entre esses dois materiais. O sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V mostrou valor médio de resistência à tração significativamente inferior ao valor médio para o adesivo Prime & Bond 2.1. Esse resultado pode ser analisado sob dois aspectos: o primeiro se refere a permeabilidade relativamente baixa produzida pelo “primer-ácido” do adesivo Clearfil

Liner Bond 2 V, que dificulta a infiltração dos monômeros resinosos durante o procedimento adesivo¹⁰². A baixa penetração do adesivo restringe a camada híbrida a alguns micrometros, 0,5 a 1,5 μm , fazendo com que a mesma se apresente em menor espessura e com “tags” mais curtos^{29,50,107}. A remoção da “smear layer” previamente a aplicação do adesivo Prime & Bond 2.1 aumenta drasticamente a permeabilidade local^{44,63} proporcionando melhores condições de infiltração dos monômeros adesivos na intimidade da dentina⁶². O segundo aspecto inclui a resistência coesiva do agente de união⁷⁸, em que o adesivo Prime & Bond 2.1 parece exibir maior resistência coesiva que o adesivo autocondicionante, frente a formação de um processo adesivo mais profundo e agressivo²⁸. A observação das fotomicrografias neste estudo (figuras 11 a 16) revelam que o mecanismo de união dos dois materiais implicam na formação da camada híbrida e dos “tags” no interior dos túbulos dentinários. Entretanto, a camada híbrida para o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V, nas três regiões distintas, reforçam as afirmações de que a sua espessura é mais delgada.

Ao analisar os adesivos nas diferentes profundidades dentinárias verificou-se que o sistema adesivo Prime & Bond 2.1 foi superior ao Clearfil Liner Bond 2 V, em termos de resistência adesiva, nos níveis superficial e médio. Entretanto, quando os mesmos foram aplicados em dentina profunda, notou-se que os valores de resistência adesiva eram semelhantes estatisticamente. Nesta profundidade a vantagem do adesivo Prime & Bond 2.1 em relação ao adesivo autocondicionante de apresentar maiores valores de adesão à dentina não é mantida, fato que demonstra mais uma vez a importância da dentina intertubular na formação da camada híbrida.

Fica evidenciado pelos resultados obtidos neste estudo que a morfologia dentinária em relação a densidade e área ocupada pelos túbulos dentinários tem grande influência na resistência à tração de sistemas adesivos que removem totalmente a “smear layer” para a sua união com esse substrato.

6. CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que este estudo foi desenvolvido e com base nos resultados da análise estatística aplicada aos valores obtidos, pode-se concluir que:

- O sistema adesivo Prime & Bond 2.1 apresentou valor médio de resistência à tração estatisticamente superior ao sistema adesivos Clearfil Liner Bond 2V;
- O sistema adesivo Prime & Bond 2.1 mostrou uma relação inversa significativa entre a densidade de túbulos dentinários e a resistência à tração, e entre a área ocupada pelos túbulos dentinários e a resistência à tração;
- O sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2V não mostrou nenhuma correlação estatisticamente significativa entre a densidade de túbulos dentinários e a resistência à tração, e entre a área ocupada pelos túbulos dentinários e a resistência à tração;
- Embora o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2V tenha apresentado resultado de resistência adesiva estatisticamente inferior, apresentou menor influência do substrato dentinário.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *

* De acordo com a NB-66 de 1978, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviaturas dos periódicos de conformidade com o "World List of Scientific Periodicals".

01. AASEN, S.M. History of dentinal bonding. **Esthet. Dent. Update**, Philadelphia, **1**: 43-46, 1990.
02. AMORY, C. & YVON, J. Shear bond strength of a light-cured resin-composite vs. Dentin characteristics. **Dent. Mat.**, Washington, **10**(3): 203-9, May 1994.
03. BARKMEIER, W.W.; LOS, S.A.; TRIOLO JR, P.T. Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **8**(6): 289-293, Dec 1995.
04. BOWEN, R.L. & RODRIGUEZ M.S. Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, **64**(3): 378-387, Mar. 1962.
05. BRADFORD, E.W. The interpretation of decalcified sections of human dentine. **Br. dent. J.**, London, **98**(5): 153-159, Mar. 1955.
06. BRANNSTROM, M. & JOHNSON, G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscope investigation. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, **31**: 422-430, 1974.
07. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filing materials to enamel surfaces. **J. dent. Res.**, Washington, **34**(6): 849-853, Dec. 1955.
08. BUONOCORE, M.G.; WILEMAN, W.R.; BRUDEVOLD, F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. **J. dent. Res.**, Washington, **35**(6): 846-851, Dec. 1956.

09. BURROW, M.F. et al. The influence of age and depth of dentin on bonding. **Dent. Mater.**, Washington, **10(4)**: 241-246, Jul. 1994.
10. CARRIGAN, P.J. et al. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. **J. Endod.**, Baltimore, **10(8)**: 359-363, Aug. 1984.
11. CARVALHO, R.M. et al. Determinação da resistência adesiva a dentina através de um dispositivo de micro-tração. **Revta. FOB**, Bauru, **2(3)**: 77-82, Jul./Sep 1994.
12. CARVALHO, R.M. et al. Effects dehydration on the modulus of elasticity of demineralized human dentin. **Revta. FOB**, Bauru, **4(1/2)**: 1-7, Jan./Jun. 1996.
13. CARVALHO, R.M. et al. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. **Oper. Dent.**, Seattle, **21(3)**: 17-24, Jan./Fev. 1996.
14. CARVALHO, R.M. et al. Dimensional changes of demineralized human dentine during preparation for scanning electron microscopy. **Archs oral Biol.**, Oxford, **41(4)**: 379-386, Apr. 1996.
15. CAUSTON, B.E. Improved bonding of composite restorative to dentine. **Br. dent. J.**, London, **156(11)**: 93-95, Feb. 1984.
16. CHAPPELL, R. P. et al. Dentinal tubule anastomosis: A potential factor in adhesive bonding? **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, **72(2)**: 183-188, Aug. 1994.
17. CHAPPELL, R. P. et al. Pilot study to determine samples size for micro-tensile testing. **J. dent. Res.**, Washington, **76**: 38, 1997. [abstract, 193]

18. CHIGIRA, H. et al. Self-etching dentin primers containing Phenyl-P. **J. dent. Res.**, Washington, **73**(5): 1088-1095, Mar. 1994.
19. COSTA, C.A.S. et al. A comparison of pulp response to Scotchbond MP and ZOE in mechanically exposed pulps of rats. **J. dent. Res.**, Washington, **76**(5): 958, May 1997. [divisional abstracts, 42]
20. COX, C. F. & SUZUKI, S. Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization. **J. Am. dent. Assoc.**, Chicago, **125**: 823-31, Jul. 1994.
21. CRIM, G.A. & SHAY, J.S. Effect of etchant time on microleakage. **J. Dent. Child.**, Chicago, **54**: 339-340, 1987.
22. DAVIDSON, C.L.; GEE, A.J.; FEILZER, A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J. dent. Res.**, Washington, **63**(12): 1396-1399, Dec. 1984.
23. DEWALD, J.P. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: A review of infection control considerations. **Dent. Mater.**, Washington, **13**: 74-81, Mar. 1997.
24. EICK, J.D. et al. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part II. **Quintessence int.**, Berlin, **23**(1): 43-51, Jan. 1992.
25. EICK, J.D. et al. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part III. **Quintessence int.**, Berlin, **24**(8): 571-582, Aug. 1993.
26. EICK, J.D. et al. Current concepts on adhesion to dentin. **Crit. Rev. oral Biol. Med.**, Boca Raton, **8**(3): 306-335, 1997.

27. EISENMANN, D.P. & GLICK, P.L. Ultrastructure of initial crystal formation in dentin. *J. Ultrastruct. Res.*, Duluth, **41**: 18-21, 1972.
28. FERNANDES, C.A.O. **Avaliação da influência da profundidade do substrato dentinário na resistência adesiva de dois novos sistemas adesivos.** Bauru, 1997. 102p. [Tese (Doutoramento) – FOB-USP].
29. FERRARI, M. et al. Dentin infiltration by three adhesive systems in clinical and laboratory conditions. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **9**(6): 240-244, Dec. 1996.
30. FOGEL, H.M.; MARSHALL, F.J.; PASHLEY, D.H. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J dent. Res.*, Washington, **67**(11): 1381-1385, Nov. 1988.
31. FORTIN, D. et al. Bond strength and microleakage of current dentin adhesives. *Dent. Mat.*, Washington, **10**(4): 253-58, Jul. 1994.
32. FOSSE, G.; SAELE, P.K.; EIDE, R. Numerical density and distributional pattern of dentin tubules. *Acta odont. scand.*, Oslo, **50**(4): 201-210, 1992.
33. FUSAYAMA, T. et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J dent. Res.*, Washington, **58**(4): 1364-1370, Apr. 1979.
34. GARBEROGLIO, R. & BRANNSTROM, M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archs oral Biol.*, Oxford, **21**(6): 355-362, Jun. 1976.
35. GARCIA-GODOY, F. et al. Dentin bond strength of new bonding systems. *J. dent. Res.*, Washington, **75**: 387, 1996. [abstract, 2953]

36. GIANNINI, M. et al. Effects of tubule density on bond strength to dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **78**: 148, 1999. [abstract, 340]
37. GWINNETT, A.J. Smear Layer: morphological considerations. **Oper. Dent.**, Seattle, **3**: 3-12, 1984. [supplement]
38. HEBLING, J.; GIRO, E.M.A.; COSTA, C.A.S. Pulpodentin complex response to a dentinal adhesive system. **J. dent. Res.**, Washington, **76**(5): 958, May 1997. [divisional abstracts, 41]
39. HEYMANN, H.O. & BAYNE, S.C. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, **124**: 27-36, May 1993.
40. KANCA III, J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. **Quintessence inter.**, Berlin, **23**(1): 39-41, Jan. 1992.
41. KANCA III, J. One Step bond strength to enamel and dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **10**(1): 5-8, Feb. 1997.
42. KINNEY, J.H. et al. Hardness and young's modulus of human peritubular and intertubular dentine. **Archs oral Biol.**, Oxford, **41**(1): 9-13, Jan. 1996.
43. KONISHI, N. et al. Dentin shear strength: Effect of distance from pulp. **J. dent. Res.**, Washington, **76**: 188, 1997. [abstract, 1400]
44. KOUTSI, V. et al. The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. **Pediat. Dent.**, Chicago, **16**(1): 29-35, Jan./Feb. 1994.

45. KRAMER, I. R.H & McLEAN, J.W. Alterations in the staining reactions of dentine resulting from a constituent of a new self-polymerising resin. **Br. dent. J.**, London, **93**(6): 150-153, Sep. 1952.
46. LEINFELDER, K.F. Posterior composite resins: the materials and clinical performance. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, **126**: 663-676, May. 1995.
47. MACIEL, K.T. et al. The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. **J. dent. Res.**, Washington, **75**(11): 1851-1858, Nov. 1996.
48. MARSHALL JR., G.W. Dentin: microstructure and characterization. **Quintessence int.**, Berlin, **24**(9): 606-617, Sep. 1993.
49. MARSHALL JR., G.W. et al. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. **J. Dent.**, Oxford, **25**(6): 441-458, 1997.
50. MARSHALL, S.J.; TOMSIA, A.P.; MARSHALL JR., G.W. Resin-dentin interdiffusion zone thickness. **J. dent. Res.**, Washington, **76**: 315, 1997.
[abstract, 2415]
51. MASON, P. N. et al. Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo and in vitro. **J. Dent.**, Oxford, **24**(3): 217-222, 1996.
52. McCABE, J. F. & RUSBY, S. Dentine bonding agents – characteristic bond strength as a function of dentine depth. **J. Dent.**, Oxford, **20**(4): 225-230, Aug. 1992.

53. MITCHEM, J.C. & GRONAS, D.G. Effects of time after extraction and depth of dentin on resin dentin adhesives. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, **113**: 285-87, Aug. 1986.
54. MJOR, I.A. Human coronal dentine: Structure and reactions. **Oral Surg.**, Saint Louis, **33**(5): 810-823, May 1972.
55. NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers tooth substrates. **J. Biomed. mat. Res.**, New York, **16**: 265-273, 1982.
56. NAKAJIMA, M. et al. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-effected dentin using adhesives. **J. dent. Res.**, Washington, **74**(10): 1679-1688, Oct. 1995.
57. NERY, S.; McCABE, J.F.; WASSELL, R.W. A comparative study of three dental adhesives. **J. Dent.**, Oxford, **23**(1): 55-61, Feb. 1995.
58. OLSSON, S.; ÖLIO, G.; ADAMCZAK, E. The structure of dentin surfaces exposed for bond strength measurements. **Scand. J. dent. Res.**, Copenhagen, **101**(3): 180-184, 1993.
59. PANIGHI, M. & G'SELL, C. Effect of the tooth microstructure on the shear bond strength of a dental composite. **J. Biomed. mat. Res.**, New York, **27**: 975-981, 1993.
60. PASHLEY, D.H. Smear layer: physiological considerations. **Oper. Dent.**, Seattle, **3**:13-29, 1984. [supplement]

61. PASHLEY, D.H. Clinical correlations of dentin structure and function. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, **66(6)**: 777-781, Dec. 1991.
62. PASHLEY, D.H. & CARVALHO, R.M. Dentine permeability and dentine adhesion. **J. Dent.**, Oxford, **25(5)**: 335-372, 1997.
63. PASHLEY, D.H.; MICHELICH, V.; KEHL, T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, **46(5)**: 531-537, Nov. 1981.
64. PASHLEY, D.H.; OKABE A.; PARHAM P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. **Endod. dent. traumat.**, Copenhagen, **1(5)**: 176-179, 1985.
65. PASHLEY, D.H. et al. Permeability of dentin to adhesives agents. **Quintessence int.**, Berlin, **24(9)**: 618-631, Sep. 1993.
66. PASHLEY, D.H. et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. **Dent. Mater.**, Washington, **11(2)**: 1117-125, Mar. 1995.
67. PASHLEY, D.H. et al. Bond strength versus dentine structure: a modelling approach. **Archs oral Biol.**, Oxford, **40(12)**: 1109-1118, Dec. 1995.
68. PASHLEY, E.L. et al. Bond strengths to superficial, intermediate and deep dentin in vivo with four dentin bonding systems. **Dent. Mater.**, Washington, **9(1)**: 19-22, Jan. 1993.
69. PERDIGÃO, J. & SWIFT JR, E.J. Adhesion of a total-etch phosphate ester bonding agent. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **7(3)**: 149-152, Jun. 1994.

70. PERDIGÃO, J. et al. In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. **J. dent. Res.**, Washington, **73**(1): 44-55, Jan. 1994.
71. PEREIRA, P.R.N. et al. Effect of water and regional difference on dentin Bond Strength. **J. dent. Res.**, Washington, **76**: 20, 1997. [abstract, 56]
72. PHRUKKANON, S.; BURROW, M.F.; TYAS, M.J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. **Dent. Mater.**, Washington, **14**: 212-221, Jun. 1998.
73. PRATI, C. et al. Relationship between bond strength and microleakage measured in the same class I restorations. **Dent. Mater.**, Washington, **8**(1): 37-41, Jan. 1992.
74. PRATI, C. et al. Dentine permeability and bond quality as affected by new bonding systems. **J. Dent.**, Oxford, **23**(4): 217-226, Aug. 1995.
75. RETIEF, D.H. et al. The effect of storage media and duration of storage of extracted teeth on the shear bond strength of Scotchbond 2/Silux to dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **2**(5): 269-73, Oct. 1989.
76. SANO, H. et al. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **73**(6): 1205-1211, 1994.
77. SANO, H. et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – Evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent. Mater.**, Washington, **10**(4): 236-240, Jul. 1994.

78. SANO, H. et al. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **74**(4): 1093-1102, Apr. 1995.
79. SANO, H. et al. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hibrid layer. **Oper. Dent.**, Seattle, **20**(4): 160-167, Jul/Aug. 1995.
80. SCHREINER, R.; CHAPPELL, R.; EICK, J. Microtensile testing of dentin adhesives. **Dent. Mater.**, Washington, **14**: 194-201, Jul. 1998.
81. SHAFFER, S.E.; BARKMEIER, W.W.; KELSEY, W.P. Effects of reduced acid conditioning time on enamel microleakage. **Gen. Dent.**, Chicago, **35**: 278-280, 1987.
82. SMITH, D.C. & COOPER W.E.G. The determination of shear strength. A method using a micro-punch apparatus. **Br. dent. J.**, London, **130**(20): 333-337, Apr. 1971.
83. STANFORD, J.W.; SABRI, Z.; JOSE, S. A comparison of the effectiveness of dentin bonding agents. **Int. dent. J.**, Guildford, **35**(2): 139-44, Apr. 1985.
84. SUZUKI, T. & FINGER, W.J. Dentin adhesives: site of dentin vs. Bonding of composite resins. **Dent. Mater.**, Washington, **4**(6): 379-383, Dec. 1988.
85. SWIFT JR, E.J. & TRIOLO JR, P. T. Bond strenghts of SBMP to moist dentin and enamel. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **5**(6): 318-20, Dec. 1992.
86. SWIFT JR, E.J.; PERDIGÃO, J.; HEYMANN, H. O. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. **Quintessence int.**, Berlin, **26**(2): 95-110, Feb. 1995.

87. TAGAMI, J.; TAO, L.; PASHLEY, D.H. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. **Dent. Mater.**, Washington, 6(1): 45-50, Jan. 1990.
88. TAO, L. & PASHLEY D.H. Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. **Dent. Mater.**, Washington, 4(6): 373-378, Dec. 1988.
89. TAO, L.; PASHLEY D.H.; BOYD, L. Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths. **Dent. Mater.**, Washington, 4(4): 208-216, Aug. 1988.
90. TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. **Am. J. Dent.**, San Antonio, 9(1): 43-48, Feb. 1996.
91. TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: a scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. **Am. J. Dent.**, San Antonio, 9(3): 109-114, Jun. 1996.
92. TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: a transmission electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. **Am. J. Dent.**, San Antonio, 9(4):161-166, Aug. 1996.
93. TAY, F.R. et al. Micromorphologic relationship of the resin-dentin interface following a total-etch technique in vivo using a dentinal bonding system. **Quintessence int.**, Berlin, 26(1): 63-70, Oct. 1995.

94. THOMAS, H.F. The dentin-predentin complex and its permeability: anatomical overview. **J. dent. Res.**, Washington, **64**: 607-612, 1985. [S.I.]
95. TRIOLO JR, P. T.; SWIFT JR, E.J.; BARKMEIER, W.W. Shear bond strenghts of composite to dentin using six dental adhesives systems. **Oper. Dent.**, Seattle, **20**(2): 46-50, Mar./Apr. 1995.
96. TRONSTAD, L. Ultrastructural observations on human coronal dentin. . **Scand. J. dent. Res.**, Copenhagen, **81**: 101-111, 1973.
97. VERSLUIS, A. & DOUGLASS, W.H. Why do shear bond tests pull out dentin? **J. dent. Res.**, Washington, **75**: 177, 1996. [abstract, 1276]
98. VAN NOORT, R. et al. A critique of bond strength measurements. **J. Dent.**, Oxford, **17**(2): 61-67, 1989.
99. VAN NOORT, R. et al. The effect of local intefacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **70**(5): 889-893, May. 1991.
100. WATANABE, G.L.; MARSHALL JR, G.W.; MARSHALL, S.J. Dentin shear strength: Effects of tubule orientation and intratooth location. **Dent. Mater.**, Washington, **12**: 109-115, Mar. 1996.
101. WATANABE, I. & NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. **J. Dent.**, Oxford, **22**(2): 67-72, Apr. 1994.
102. WATANABE, I.; NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. **J. dent. Res.**, Washington, **73**(6): 1212-1220, Jun. 1994.

103. WILLEMS, G. et al. Composite resins in the 21st century. **Quintessence int.**, Berlin, **24(9)**: 641-658, Sep. 1993.
104. YOSHIKAWA, T. et al. Effect of C-factor and depth on bond strength to dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **76**: 39, 1997. [abstract, 201]
105. YOSHIYAMA, M. et al. Interfacial morphology and strength of bonds made to surfencial versus deep dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **8(6)**: 297-302, Dec.. 1995.
106. YOSHIYAMA, M. et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **75(6)**: 1404-1413, Jun. 1996.
107. YUOSSEF, M.N. et al. Estudo comparativo de quatro filosofias adesivas quanto à penetração na dentina. **Revta. Ass. Paul. Cirurg. Dent.**, São Paulo, **52(3)**: 236-239, May/Jun. 1998.

**OBRAS
CONSULTADAS**

KURARAY DENTAL. Clearfil Liner Bond 2.

DENTSPLY. Prime & Bond 2.1 moves adhesive dentistry – Technical Manual.

3M PRODUTOS DENTÁRIOS. Restaurador 3M Z 100, Perfil técnico do produto.

ANUVISE, K. J. Phillips' Science of Dental Materials. 10^a ed., W.B. Saunders Company, 1996.

VIEIRA, S. & WADA, R. Estatística - Introdução Ilustrada, Editora Atlas S. A., 1985.

TOLEDO, G. L. & OVALLE, I. I. Estatística Básica, Editora Atlas S. A., 1978.

SOLIANI, S. D. O. & SILVA, L. F. Como escrever uma dissertação ou tese, 3^a edição, FOP-UNICAMP, 1995.

SOLIANI, S. D. O. & SILVA, L. F. Referências bibliográficas NB-66 da ABNT de 1978, 3^a edição, Piracicaba, FOP-UNICAMP, 1995.

SOLIANI, S. D. O. & SILVA, L. F. Abreviaturas dos periódicos da Biblioteca da FOP-UNICAMP e locais de publicação conforme o "World List of Scientific". Piracicaba, FOP-UNICAMP, 1996.

QUIRK, R. Longman Dictionary of Contemporary English, Longman dictionaries, New Edition.

ALIANDRO, H. Dicionário Inglês-Português, Pocket Books, 1974.

SERPA, O. Dicionário Escolar Inglês-Português e Português-Inglês, 7^a edição, FENAME, 1975.

BUENO, F. S. Dicionário de Língua Portuguesa, Edições Fortaleza, 1972.

FERREIRA, A. B. H. Novo Dicionário da Língua Portuguesa, 2^a edição, 1986.

CEGALA, D. P. Novíssima Gramática de Língua Portuguesa, 37^a edição, Editora Nacional, 1994.

ANEXOS

ANEXO 1

Quadro 1. Técnica de aplicação dos sistemas adesivos segundo recomendações dos respectivos fabricantes.

Material	Técnica de aplicação
<i>Clearfil Liner Bond 2 V</i>	<ul style="list-style-type: none"> - misturar os “primers” A e B, - aplicar esta mistura, - aguardar sob repouso por 30 segundos, - secar com suaves jatos de ar (não lavar), - aplicar o “Bond”, - aplicar suaves jatos de ar, - fotopolimerizar por 20 segundos.
<i>Prime & Bond 2.1</i>	<ul style="list-style-type: none"> - ataque ácido (36%) por 15 segundos, - lavar por 15 segundos para remoção do gel, - remover excessos de água com suaves jatos de ar, - aplicar o adesivo por 30 segundos, - aguardar 30 segundos, - remover o solvente com jatos de ar[#], - fotopolimerizar por 10 segundos, - aplicar uma segunda camada, - remover os excessos com jatos de ar, - fotopolimerizar por 10 segundos.

[#] esse passo foi substituído pela secagem com papel absorvente (Klin Sport / Klabin - Fabricadora de Papel e Celulose).

ANEXO 2

Quadro 2. Valores obtidos de resistência adesiva, densidade de túbulos dentinários e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários em 1 mm², das amostras nas quais foram empregadas o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V.

Amostra	Resistência Adesiva (MPa)	Densidade (n° túbulos / mm ²)	Porcentagem da área ocupada em 1 mm ² (%)
S1	39,36	13175,67	7,9
S2	41,25	15878,38	10,0
S3	39,06	15709,46	9,0
S4	25,49	11824,32	7,6
S5	43,07	14358,11	9,0
S6	46,96	14864,86	9,3
S7	10,41	20945,94	15,8
S8	12,63	22297,30	24,6
S9	11,16	22804,05	20,3
M1	27,41	17567,57	13,0
M2	12,31	24493,24	20,8
M3	35,02	23310,81	16,4
M4	27,46	26013,51	21,6
M5	39,34	30405,40	20,0
M6	27,16	28716,22	20,0
M7	15,81	20270,27	18,4
M8	13,90	19932,43	14,0
M9	20,38	21452,70	16,0
P1	13,16	26351,35	23,2
P2	25,01	32263,51	26,3
P3	6,64	34290,54	34,8
P4	27,88	31587,84	24,2
P5	23,80	28547,30	25,3
P6	44,53	34290,54	22,3
P7	26,64	38006,76	31,7
P8	19,64	42905,40	44,7
P9	27,56	40878,38	27,7

ANEXO 3

Tabela 6. Análise de variância dos valores de resistência à tração do sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 V.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1305.79100	1305.79100	7.61	0.0134
Error	17	2918.82065	171.69533		
C Total	18	4224.61164			

R-square	C.V.	Root MSE	Mean
0.309091	37.67868	13.1033	34.7763

ANEXO 4

Tabela 7. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e densidade de túbulos dentinários por mm².

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	183.99919	183.99919	1.337	0.2585
Error	25	3440.28496	137.61140		
C Total	26	3624.28414			

Root MSE	11.73079	R-square	0.0508
Dep Mean	26.03852	Adj R-sq	0.0128
C.V.	45.05167		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	33.765546	7.05344132	4.787	0.0001
DENSIDAD	1	-0.000310	0.00026803	-1.156	0.2585

ANEXO 5

Tabela 8. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Clearfil Liner Bond 2 V e porcentagem da área ocupada em $1 \mu\text{m}^2$.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	748.74098	748.74098	6.510	0.0172
Error	25	2875.54316	115.02173		
C Total	26	3624.28414			

Root MSE	10.72482	R-square	0.2066
Dep Mean	26.03852	Adj R-sq	0.1749
C.V.	41.18828		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	38.017798	5.12884427	7.413	0.0001
PORCENT	1	-0.605807	0.23744263	-2.551	0.0172

ANEXO 6

Quadro 3. Valores obtidos de resistência adesiva, densidade de túbulos dentinários e a porcentagem da área média ocupada pelos túbulos dentinários em 1 mm², das amostras nas quais foram empregadas o sistema adesivo Prime & Bond 2.1.

Amostra	Resistência Adesiva (MPa)	Densidade (nº túbulos / mm ²)	Porcentagem da área ocupada em 1 mm ² (%)
S1	76,16	19932,43	12,5
S2	55,55	20945,94	15,5
S3	55,65	21283,78	15,4
S4	61,67	15202,70	11,0
S5	60,31	15202,70	10,2
S6	60,86	14189,19	9,5
S7	50,14	14207,65	10,4
S8	48,08	12331,08	9,8
S9	86,98	10472,97	6,4
M1	45,24	19672,13	15,6
M2	49,84	19125,68	15,8
M3	42,65	22586,52	19,5
M4	51,68	21790,54	16,0
M5	36,48	12204,01	8,5
M6	39,88	26229,51	18,0
M7	31,62	28415,30	24,6
M8	33,49	29222,97	24,4
M9	39,28	33879,78	28,3
M10	43,43	20400,73	17,2
M11	39,97	22950,82	17,1
M12	40,02	30965,39	25,5
P1	24,76	38851,35	35,7
P2	18,93	43169,40	50,5
P3	20,18	38069,22	36,6
P4	28,49	35304,05	34,0
P5	35,63	38682,43	33,9
P6	26,41	49180,33	48,9
P7	16,37	58105,65	53,3
P8	38,16	39020,27	31,4
P9	21,32	36976,32	33,9

ANEXO 7

Tabela 9. Análise de variância dos valores de resistência à tração do sistema adesivo Prime & Bond 2.1.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	2	5919.03521	2959.51761	38.53	0.0001
Error	27	2079.46686	77.01729		
C Total	29	7998.50207			

R-square	C.V.	Root MSE	Mean
0.740018	20.58101	8.77595	42.6410

ANEXO 8

Tabela 10. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e densidade de túbulos dentinários por mm².

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	4966.54285	4966.54285	45.866	0.0001
Error	28	3031.95922	108.28426		
C Total	29	7998.50207			

Root MSE	10.40597	R-square	0.6209
Dep Mean	42.64100	Adj R-sq	0.6074
C.V.	24.40368		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	72.094580	4.74590835	15.191	0.0001
DENSIDAD	1	-0.001093	0.00016136	-6.772	0.0001

ANEXO 9

Tabela 11. Análise de variância de regressão (SAS System): resistência adesiva do material Prime & Bond 2.1 e porcentagem da área ocupada em $1 \mu\text{m}^2$.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	5309.05213	5309.05213	55.273	0.0001
Error	28	2689.44994	96.05178		
C Total	29	7998.50207			

Root MSE	9.80060	R-square	0.6638
Dep Mean	42.64100	Adj R-sq	0.6517
C.V.	22.98399		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	66.430506	3.66616523	18.120	0.0001
PORCENT	1	-1.035227	0.13924500	-7.435	0.0001

ANEXO 10

Tabela 12. Análise de variância dos valores de resistência à tração em dentina superficial.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	3668.88232	3668.88232	20.66	0.0004
Error	15	2663.37618	177.55841		
Corrected Total	16	6332.25849			

R-Square	C.V.	Root MSE	Mean
0.579396	27.84150	13.3251	47.8606

ANEXO 11

Tabela 13. Análise de variância dos valores de resistência à tração em dentina média.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1794.21097	1794.21097	28.62	0.0001
Error	20	1253.60722	62.68036		
Corrected Total	21	3047.81819			

R-Square	C.V.	Root MSE	Mean
0.588687	24.07309	7.91709	32.8877

ANEXO 12

Tabela 14. Análise de variância dos valores de resistência à tração em dentina profunda.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	13.1584500	13.1584500	0.16	0.6971
Error	16	1340.4214000	83.7763375		
Corrected Total	17	1353.5798500			

R-Square	C.V.	Root MSE	Mean
0.009721	37.01398	9.15294	24.7283