



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



HUGO MITSUO SILVA OSHIMA
Cirurgião – Dentista

**RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE RESTAURAÇÕES EM
AMÁLGAMA DE PRATA ASSOCIADAS À RETENÇÕES
AUXILIARES EM DENTINA E SISTEMAS ADESIVOS**

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

**Piracicaba – SP
1999**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
 FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



HUGO MITSUO SILVA OSHIMA
 Cirurgião – Dentista

**RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE RESTAURAÇÕES EM
 AMÁLGAMA DE PRATA ASSOCIADAS À RETENÇÕES
 AUXILIARES EM DENTINA E SISTEMAS ADESIVOS**

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

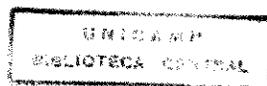
*Este exemplar foi devidamente corrigido,
 de acordo com a Resolução CCPG-036/83
 CPG, 27/04/99*

[Handwritten signature]
 Assinatura do Orientador

Orientador: Prof. Dr. Mario Fernando De Goes

Piracicaba - SP
 1999

9912618



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
V. Ex.	
TOMADO	50/37981
PROG.	229/99
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	98,14,00
DATA	18/06/99
N.º CPD	

CM-00125382-2

Ficha Catalográfica

Os26r Oshima, Hugo Mitsuo Silva.
 Resistência à tração de restaurações em amálgama de prata associadas à retenções auxiliares em dentina e sistemas adesivos. / Hugo Mitsuo Silva Oshima. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 1999. 135p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Mario Fernando de Goes.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Adesivos dentários. 2. Dentina. 3. Amálgamas dentários. 4. Materiais dentários. 5. Odontologia. I. Goes, Mario Fernando de. 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 MESTRADO, em sessão pública realizada em 01 de Março de 1999, considerou o candidato HUGO MITSUO SILVA OSHIMA aprovado.

1. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

2. Prof. Dr. JOÃO FELIPE MOTA PACHECO

3. Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI

Dedico este trabalho

À **Deus**, por tudo.

Aos meus pais, **KUSUO** e **MARIA EUNICE**, que fizeram da educação dos filhos, o objetivo maior de suas existências.

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

Agradecimentos Especiais

Ao Prof. Doutor **MARIO FERNANDO DE GOES**, Adjunto da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, cuja dedicação, seriedade e competência científica proporcionaram segura orientação na realização deste trabalho.

Ao Prof. Doutor **SIMONIDES CONSANI**, Titular da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pelos ensinamentos básicos durante o desenvolvimento do curso de Pós-Graduação.

Meus sinceros agradecimentos

Agradecimentos

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. **ANTÔNIO WILSON SALLUM** e do Diretor Associado Prof. Dr. **FRAB NORBERTO BOSCOLO**.

Aos Profs. da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, Dr. **LOURENÇO CORRER SOBRINHO** e Dr. **MÁRIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI**, pela amizade e ensinamentos durante o curso.

Ao técnico especializado da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, Engenheiro **MARCOS BLANCO CANGIANI**, pelo auxílio durante a realização do ensaio mecânico e obtenção das fotomicrografias.

Ao Profs. Drs. **ELLIOT W. KITAJIMA** e **BRENO LEITE** do NAP-ESALQ, por permitirem a utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura.

À **SILVÂNIA MACHADO**, Bióloga do NAP-ESALQ, pelo auxílio durante o preparo das amostras.

À Sra. **SELMA A. B. SOUZA**, técnica da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela atenção prestada durante o curso.

À Prof.^ª Dr.^ª **ROSANA ONO**, da Unidade de Odontologia Social e Preventiva da Universidade Federal de Uberlândia, por ter incentivado o meu ingresso no Curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. **VANDERLEI LUIZ GOMES**, Titular da Área de Prótese Total da Universidade Federal de Uberlândia, pelas oportunidades oferecidas durante o curso de graduação e pelo incentivo na carreira docente.

Ao Prof. **ÁLVARO DELLA BONA**, da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, pela doação do material Amalgambond Plus.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq**, pela concessão da bolsa de estudos que permitiu a realização do Curso de Pós-Graduação.

SUMÁRIO

1 – LISTA	1
1.1 - Tabela	3
1.2 - Figura	4
1.3 - Abreviaturas e siglas	7
2 – RESUMO	9
3 - ABSTRACT	13
4- INTRODUÇÃO	17
5 – REVISÃO DA LITERATURA	23
6 – PROPOSIÇÃO	67
7 - MATERIAIS E MÉTODO	71
7.1 - MATERIAIS	73
7.2 - MÉTODO	75
7.2.1 - Preparação das amostras	75
7.2.2 - Preparação da superfície das amostras	76
7.2.3 - Confecção dos orifícios em dentina (“Amalgapins”)	78
7.2.4 - Preparação dos corpos-de-prova para o ensaio de tração	83
7.2.5 - Análise da região fraturada em Microscopia Eletrônica de Varredura	90
8 – RESULTADOS	93
8.1 - Ensaio de resistência à tração	95
8.2 – Análise morfológica da superfície fraturada após o ensaio de resistência à tração	98
9 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	103
10 - CONCLUSÃO	113
11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
12 - ANEXO	125

1 – LISTA

1 – LISTA

1.1 – Tabela

<i>Tabela 1 - Materiais utilizados no estudo, fabricantes e lotes.</i>	73
<i>Tabela 2 - Descrição dos sistemas adesivos utilizados no estudo.</i>	74
<i>Tabela 3 - Grupos experimentais e forma de retenção</i>	77
<i>Tabela 4 – Seqüência de manipulação e aplicação para os materiais Amalgambond Plus e Scotchbond Multi-Usó Plus.</i>	84
<i>Tabela 5 – Análise de variância para os valores de resistência à tração da união obtida entre a estrutura dentinária e o amálgama de prata empregando os diversos tratamentos.</i>	95
<i>Tabela 6 – Médias de resistência à tração após a utilização dos sistemas adesivos e retenções mecânicas, individualmente ou em associação (kg/cm²).</i>	96
<i>Tabela 7 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento Pin.</i>	127
<i>Tabela 8 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento Scotchbond Multi-Usó Plus.</i>	127
<i>Tabela 9 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento Pin + Scotchbond Multi-Usó Plus.</i>	128
<i>Tabela 10 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento Amalgambond Plus.</i>	128
<i>Tabela 11 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento Pin + Amalgambond Plus.</i>	129

1.2 - Figura

- Figura 1 - Amostra posicionada na base metálica para o procedimento de desgaste. (A) base metálica; (B) amostra, (C) parafuso lateral para fixação da amostra. _____ 76**
- Figura 2 – Orifícios confeccionados na dentina (“amalgapins”). (A) orifícios vestibulares; (B) orifícios linguais. _____ 80**
- Figura 3 – Guia plástico posicionado sobre a superfície dentinária para demarcar os orifícios. (A) guia plástico (B) resina acrílica; (C) cilindro de plástico. _____ 80**
- Figura 4 – Desenho esquemático dos orifícios confeccionados em dentina com suas respectivas dimensões e distâncias. _____ 81**
- Figura 5 – Dispositivo utilizado para confecção dos orifícios em dentina. (A) turbina de alta rotação com a broca acoplada; (B) dispositivo para fixação da turbina de alta rotação; (C) amostra; (D) dispositivo para fixação da amostra; (E) parafuso para deslocamento da amostra no sentido ântero-posterior; (F) parafuso para deslocamento da amostra no sentido látero-lateral; (G) parafuso para movimentação da turbina de alta rotação no sentido vertical. _____ 81**
- Figura 6 – Broca carbide nº 330 posicionada sobre as marcações para confecção dos orifícios em dentina. (A) broca; (B) marcação com grafite na superfície dentinária _____ 82**
- Figura 7 – Broca carbide nº 4 posicionada para confecção do bisel na embocadura dos orifícios. (A) broca; (B) orifício confeccionado na dentina. _____ 82**
- Figura 8 - Área da superfície dental (A) delimitada pela fita adesiva (B) no cilindro de plástico preenchido com resina acrílica ativada quimicamente (C). _____ 87**
- Figura 9 – Amostra e porção inferior do dispositivo metálico fixados à haste metálica presa à bancada de trabalho. (A) amostra; (B) porção inferior do dispositivo metálico; (C) parafuso para fixação da amostra; (D) haste metálica. _____ 87**
- Figura 10 - Posicionamento da matriz de teflon na porção superior do dispositivo metálico e fixação do conjunto à porção inferior do dispositivo metálico. (A) matriz de teflon; (B) orifício na matriz de teflon; (C) porção superior do dispositivo metálico; (D) parafusos para fixação da**

<i>porção superior e inferior do dispositivo metálico; (E) parafuso para fixação da matriz de teflon; (F) haste metálica.</i>	88
<i>Figura 11 – Matriz de teflon posicionada sobre a região dentinária delimitada com fita adesiva. (A) matriz de teflon; (B) superfície dentinária (C) porção superior do dispositivo metálico (D) parafuso para fixação da matriz de teflon; (E) parafusos de fixação da porção superior e inferior do dispositivo metálico.</i>	88
<i>Figura 12 – Disposição seqüencial dos dispositivos e matriz utilizados para confecção do corpo-de-prova. (A) amostra; (B) porção inferior da matriz metálica; (C) porção superior da matriz metálica; (D) matriz de teflon; (E) parafusos de fixação; (F) corpo-de-prova.</i>	89
<i>Figura 13 – Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de tração. (A) haste metálica do dispositivo de tração; (B) rolamento axial; (C) garra metálica; (D) haste metálica.</i>	89
<i>Figura 14 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração após a realização dos respectivos tratamentos (kg/cm²).</i>	96
<i>Figura 15 – Aspecto morfológico da interface dentina-adesivo evidenciando a formação da “camada híbrida” quando foi utilizado o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus (500X). (M) camada de adesivo, (N) “camada híbrida”, (O) “tags” de resina.</i>	99
<i>Figura 16 – Aspecto morfológico da interface dentina-adesivo evidenciando a formação da “camada híbrida” quando foi utilizado o sistema adesivo Amalgambond Plus (500X). (M) camada de adesivo, (N) “camada híbrida”, (O) “tags” de resina.</i>	99
<i>Figura 17 – Aspecto morfológico da superfície de dentina na região de fratura, após o ensaio de tração utilizando o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus (1000X). Notar os resíduos de adesivo (a) próximos à região onde ocorreu desprendimento do adesivo e remoção dos “tags” de resina (b).</i>	100
<i>Figura 18 – Aspecto morfológico da superfície de dentina na região de fratura, após o ensaio de tração utilizando o sistema adesivo Amalgambond Plus (1000X). Notar o recobrimento completo da superfície dentinária pelo sistema adesivo (a).</i>	100

Figura 19 – Aspecto morfológico da superfície do amálgama de prata na região de fratura, após o ensaio de tração utilizando os sistemas adesivos (1000X). Notar os resíduos de adesivo (a) no interior do amálgama de prata (b). _____ 101

Figura 20 – Aspecto morfológico da região fraturada no amálgama de prata evidenciando que os “amalgapins” falharam coesivamente na entrada dos orifícios em dentina (500X). Notar a presença do adesivo (a) penetrando no amálgama de prata (b), condensado no interior dos orifícios confeccionados em dentina (c). _____ 101

1.3 - Abreviaturas e siglas

%	- por cento
µm	- micrometro
4-META	- 4 Metacriloxietil Trimelitato Anidro
AMB	- Amalgambond Plus
Bis-GMA	- Bisfenol-A Glicidil Metacrilato
cm/min.	- centímetro por minuto
cols.	- colaboradores
et al.	- abreviatura de <i>et alii</i> (e outros)
g	- grama
HCL	- Ácido Clorídrico
HEMA	- Hidroxietil Metacrilato
HPA	- High Performance Additive (Aditivo de Alta Performance)
kg/cm²	- quilograma por centímetro quadrado
kg/mm²	- quilograma por milímetro quadrado
kgf	- quilograma força
Ltda.	- limitada
M.E.V.	- Microscopia Eletrônica de Varredura
mm	- milímetro
mm/min.	- milímetro por minuto
MMA	- Metil Metacrilato
MOD	- Mésio-Ocluso-Distal
MPa	- Mega Pascal

N	- Newton
NaOCl	- Hipoclorito de Sódio
nº	- número
°	- grau
°C	- grau Celsius
P.V.C	- Poli Vinil Cloreto rígido
p<0,05	- probabilidade menor que 5 por cento
p>0,05	- probabilidade maior que 5 por cento
pH	- potencial hidrogeniônico
Pin	- amalgapin
PMMA	- Poli Metil Metacrilato
PSI	- Libras por polegada ao quadrado
r.p.m	- rotações por minuto
SBMUP	- Scotchbond Multi-Usó Plus
TBB	- Tri Butil Borano

2 – RESUMO

2 - RESUMO

A proposta deste estudo foi avaliar "in vitro", a resistência à tração de restaurações de amálgama de prata unidas à estrutura dental, através de retenções auxiliares em dentina e sistemas adesivos. A característica morfológica da interface foi observada por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura. Foram utilizados 50 terceiros molares humanos hígidos e recém-extraídos, os quais tiveram suas coroas incluídas em tubos plásticos com resina acrílica ativada quimicamente. A face oclusal foi desgastada com lixas d'água de granulação 220 e 400, respectivamente, até a obtenção de uma superfície plana em dentina. Os dentes foram divididos em cinco grupos de 10 dentes cada e executados os seguintes procedimentos: Grupo A – retenções auxiliares seguida pela restauração em amálgama de prata (Permite C – SDI); Grupo B - Scotchbond Multi-Use Plus (3M Co.) aplicado sobre a superfície de dentina seguido pela restauração em amálgama de prata; Grupo C - Amalgambond Plus (Parkell) aplicado sobre a superfície de dentina seguido pela restauração em amálgama de prata; Grupo D - retenções auxiliares associadas ao sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus aplicado sobre a superfície de dentina seguida pela restauração em amálgama de prata; Grupo E - retenções auxiliares associadas ao sistema adesivo Amalgambond Plus aplicado sobre a superfície de dentina seguida pela restauração em amálgama de prata. As retenções auxiliares confeccionadas na superfície de dentina dos Grupos A, D e E, mediam 2mm de profundidade e 1mm de diâmetro. O amálgama de prata e os sistemas adesivos empregados no estudo foram manipulados de acordo com as recomendações dos respectivos fabricantes. Os corpos-de-prova foram armazenados a 37°C e 100% de umidade relativa,

durante 1 hora, e posteriormente armazenados em água destilada a 37°C, por 23 horas. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em uma máquina de ensaio universal Instron, à uma velocidade de 1,0mm/min. Posteriormente, os corpos-de-prova de cada grupo foram revestidos com ouro-paládio sob alto vácuo para observação da interface de união em Microscopia Eletrônica de Varredura. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey em nível de 5% de significância. Os valores médios foram: Grupo A= 12,20kg/cm²; Grupo B: 4,47 kg/cm²; Grupo C= 12,98 kg/cm²; Grupo D= 15,01 kg/cm²; Grupo E= 41,33 kg/cm². O Grupo E foi superior estatisticamente em relação aos demais grupos ($p < 0,05$). Os Grupos A, C e D não apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$), mas apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação ao Grupo B. As fotomicrografias da interface fraturada mostraram predominância de falha coesiva no adesivo nos Grupos C e E. Para os Grupos B e D houve predominância de falha coesiva na “camada híbrida”.

Palavras-chave: Adesivos Dentários
Dentina
Amálgama de prata
Odontologia
Tração – Materiais dentários

3 - ABSTRACT

3 – ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate "in vitro" the tensile bond strength of amalgam restorations retained to tooth structure by amalgapins, adhesive systems or amalgapins in conjunction with adhesive systems. Scanning electron microscopy was used to observe the failure pattern occurred in tooth/amalgam interface. Fifty human extracted third molars, were mounted in self-curing acrylic resin and the occlusal surfaces were ground wet by using 220 and 400 grit silicon carbide paper to provide a flat dentin surface. The specimens were randomly divided into five groups of 10 teeth, and submitted to following procedures: amalgapins (Group A); Scotchbond Multi-Purpose Plus (Group B); Amalgambond Plus (Group C); amalgapins + Scotchbond Multi-Purpose Plus (Group D); and amalgapins + Amalgambond Plus (Group E). The specimens of groups A, D and E, received four amalgapins 2mm in depth, 1mm in diameter with a beveled entrance. The specimens in groups B and D were treated with Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M Co.), and specimens in groups C and E were treated with Amalgambond Plus (Parkell) in accordance to the respective manufacturer's instructions. The amalgam Permite C (SDI) was triturated mechanically and condensed into Teflon molds with a conic retentive central cavity. The samples were stored in 100% relative humidity and 37°C for 1 hour, and then, in water at 37°C for 23 hours. After the storage time, the samples were loaded in tension in an Instron Universal Testing Machine at a crosshead speed of 1mm/min. until failure. Representative specimens from each group were coated with gold-palladium and examined by Electron Scanning Microscopy. The values were submitted to

ANOVA and Tukey's test at the 5% significance level. The mean values were: Group A= 12.20 kg/cm²; Group B= 4.47 kg/cm²; Group C= 12.98 kg/cm²; Group D= 15.01 kg/cm²; and Group E= 41.33 kg/cm² . The Group E was superior statistically in relation to other groups (p<0.05). The groups A, C and D, did not differ among themselves (p>0.05) but showed statistically difference in relation to group B. The photomicrographs showed the predominance of cohesive failure in adhesive layer in groups C and E. The groups B and D showed the predominance of cohesive failure in the "hybrid layer".

Keys-word: Dental adhesives

Dentin

Dental amalgam

Dentistry

Tensile – Dental materials

4- INTRODUÇÃO

4 - INTRODUÇÃO

Freqüentemente, o amálgama de prata é usado para reconstruir parte da estrutura dental perdida. Mesmo em casos de restaurações complexas, o amálgama de prata tem sido um dos materiais de escolha devido ao seu baixo custo, técnica de aplicação simples e longevidade clínica.

Para que o desempenho clínico seja satisfatório, o amálgama de prata necessita de cavidades que possuam forma de retenção e resistência²³. Em diversas situações clínicas, o comprometimento ou perda de parte da estrutura dental exige que o profissional forneça esses requisitos através de retenções adicionais. Várias técnicas têm sido sugeridas para desenvolver a forma de retenção e resistência das restaurações extensas em amálgama de prata. O maior avanço surgiu com o desenvolvimento e uso de vários tipos de dispositivos na forma de pinos, os quais têm sido largamente aceitos e utilizados⁴.

MARKLEY¹⁹ foi quem primeiro descreveu a utilização de pinos cimentados à dentina com a finalidade de aumentar a retenção de restaurações de amálgama. Posteriormente, **GOLDSTEIN**¹² descreveu um método no qual pinos eram fixados à dentina através de fricção, e **GOING**¹¹ descreveu um outro método no qual pinos auto-rosqueáveis eram fixados em pequenos orifícios confeccionados em dentina. Nos dois casos, era empregada a elasticidade da dentina para a retenção⁴. Riscos de inflamação pulpar⁹, perfuração pulpar²⁵, trincamento da dentina³² e diminuição na resistência compressiva e transversal do amálgama³³ estão entre as desvantagens da utilização destes sistemas.

Devido ao custo elevado e técnica apurada requerida pelos pinos pré-fabricados, **SHAVELL**²⁶, em 1980, desenvolveu uma técnica denominada de "amalgapin", na qual pequenos orifícios eram confeccionados em dentina com a finalidade de reter restaurações de amálgama através de extensões do próprio material. Segundo **DAVIS e cols.**⁴, quatro "amalgapins" são tão resistentes à fratura quanto seis ou oito pinos rosqueáveis.

O amálgama de prata não apresenta união à estrutura dental e segundo **EAKLE e cols.**⁸, a confecção de retenções mecânicas aumentaria a susceptibilidade à fratura do dente. Em 1987, **SHIMIZU e cols.**²⁷ propuseram que restaurações em amálgama de prata poderiam ser unidas à estrutura dental através de sistemas adesivos. A idéia da aplicação clínica da associação entre o sistema adesivo e o amálgama de prata foi baseada no conceito de que monômeros contendo grupamentos hidrófilos e hidrófobos tinham a capacidade de penetrar na superfície da dentina previamente desmineralizada por ácido e promover união mecânica com a estrutura dental. A região do tecido dentinário infiltrada pelos monômeros formava uma zona de transição ácido resistente denominada de "camada híbrida", e que foi considerada o principal mecanismo de retenção de restaurações poliméricas, de acordo com **NAKABAYASHI et al.**²¹.

STANINEC e HOLT²⁹, comprovaram através de ensaios de tração e microinfiltração, a viabilidade de aplicação clínica da associação entre sistemas adesivos e amálgama de prata. Outros autores também comprovaram a eficiência dos sistemas adesivos em aumentar a retenção e resistência em amálgama de prata^{6,7,16,28}. Em função disso, foi sugerido a associação entre sistemas adesivos e

dispositivos para retenção mecânica na forma de pinos, como uma alternativa viável para restaurar dentes extensamente destruídos.

No entanto, os melhores resultados de resistência à fratura e de união entre as restaurações complexas em amálgama de prata e substrato dentinário foram demonstrados quando da utilização de adesivos com componentes monoméricos que possuem afinidade por íons metálicos¹. Por outro lado, a popularização na aplicação do procedimento técnico tem sido extrapolada aos sistemas adesivos universais que não trazem na composição componentes com afinidade a metais e estão baseados apenas na adição de componentes químicos que tornam o sistema adesivo auto-polimerizável.

Dessa forma, o propósito deste estudo foi verificar a resistência à tração de restaurações em amálgama de prata associadas à retenções auxiliares em dentina e sistemas adesivos.

5 – REVISÃO DA LITERATURA

5 - REVISÃO DA LITERATURA

MARKLEY¹⁹, em 1958, descreveu um método para reforçar e reter núcleos e restaurações em amálgama de prata. Para tal, pinos de aço com 0,63 mm de diâmetro eram fixados a orifícios de 0,68 mm de diâmetro, previamente confeccionados na dentina com o auxílio de uma broca. Para a cimentação, o autor sugeria que fosse utilizado cimento de oxifosfato de zinco, o qual era levado aos orifícios com uma broca tipo Lentulo. Enquanto o cimento tomava presa em volta dos pinos, uma banda de cobre era fixada ao redor do dente e o amálgama de prata era inserido e condensado, sendo que a escultura era realizada logo em seguida. Para a confecção de núcleos, o passo da escultura era dispensável. O autor conclui que o método descrito é confiável para salvar remanescentes radiculares e dentes com coroas extensamente destruídas, preservando assim a função do elemento dental.

GOLDSTEIN¹², em 1966, alegando desvantagens na técnica dos pinos cimentados para reter restaurações de amálgama, desenvolveu uma técnica na qual pinos de 0,55 mm de diâmetro eram fixados sob fricção em orifícios de 0,53 mm de diâmetro previamente confeccionadas em dentina. Para demonstrar o fato de que a elasticidade da dentina garantia o sucesso desta técnica, o autor realizou um teste no qual a superfície oclusal de um molar recém-extraído foi planificada, para em seguida receber 25 pinos de 0,55 mm de diâmetro, os quais foram friccionados até uma profundidade de 3,0 mm. Posteriormente, a superfície dentinária foi observada e nenhuma trinca ou fenda pode ser encontrada próxima aos pinos. Segundo o autor,

os pinos friccionados podem ser utilizados em situações que vão desde a reconstrução de uma cúspide fraturada até restaurações tipo classe V.

Ainda em 1966, **GOING**¹¹, realizou um trabalho comparando e avaliando as técnicas do pino cimentado, pino friccionado e pino rosqueado, para reter restaurações em amálgama de prata. Segundo o autor, as três técnicas apresentam vantagens e desvantagens, sendo que nenhuma delas pode ser considerada superior em todos os aspectos. O autor ressalta ainda a necessidade de pesquisas futuras em relação aos efeitos da tração e cisalhamento sobre as restaurações de amálgama reforçadas por pinos, sendo que em restaurações extensas, estes tipos de tensão podem ser de maior importância que as forças compressivas.

WELK & DILTS³³, em 1969, realizaram um estudo para avaliar a influência dos pinos de aço sobre a resistência compressiva e transversal do amálgama de prata, bem como a retenção destes no interior do material. Para a realização do teste de resistência à compressão, pinos cimentados, pinos friccionados e pinos rosqueados, foram montados em anéis de latão que serviam de base para um molde bipartido. Em seguida, o amálgama de prata era condensado no interior dos moldes, resultando em amostras de 7 mm de comprimento por 7 mm de diâmetro. O número de pinos no interior de cada amostra variou de zero (controle) a seis. Para o teste de resistência transversal, pinos friccionados e pinos rosqueados foram colocados no interior de amostras de amálgama de prata medindo 6 mm de largura, 3 mm de espessura e 13 mm de comprimento. Foram confeccionadas amostras com zero

(controle) ou três pinos, as quais foram submetidas a um sistema de carregamento de três pontos. Para o teste de retenção, o amálgama de prata foi condensado ao redor de cada um dos três tipos de pino, os quais ficaram projetados de 1 a 6 mm da base de amálgama. As amostras assim obtidas, foram posicionadas em um sistema de alinhamento, e os pinos foram presos por meio de uma garra, à célula de carga da máquina de ensaio universal. Todos os testes foram conduzidos em uma máquina Instron, a uma velocidade de 1,0 milímetro por minuto. Os resultados mostraram que a presença de pinos diminui a resistência compressiva e transversal do amálgama de prata. O teste de retenção mostrou uma superioridade dos pinos cimentados e rosqueados, em relação aos pinos friccionados.

SCHUCHARD & REED²⁵, em 1973, realizaram um estudo para avaliar a resposta pulpar frente aos procedimentos de inserção de pinos cimentados, pinos rosqueados e pinos friccionados. Foi também objeto do estudo a profundidade empregada, o tipo de cimento e a resposta à exposição pulpar. A primeira parte do estudo envolveu 34 dentes de babuínos com idades variando entre 7 e 15 anos. Após sedação dos animais, radiografias dos dentes foram tomadas e os incisivos laterais e pré-molares inferiores foram extraídos com o objetivo de se avaliar a condição de normalidade da polpa. Em seguida, quatro dentes receberam preparos profundos, sendo que dois foram refrigerados com ar e dois refrigerados com água. Após 24 horas ou 30 dias, um dente de cada grupo foi extraído para verificar a resposta pulpar. Posteriormente, orifícios para pinos foram confeccionados no terço cervical de dentes anteriores e na superfície oclusal de pré-molares, utilizando uma broca tipo cone invertido nº 35 a

1800 r.p.m. e refrigeração a ar. Oito pinos foram fixados com cimento à base de óxido de zinco e eugenol, e treze foram fixados com cimento de fosfato de zinco sem a aplicação prévia de um forramento. Oito pinos foram friccionados sem a aplicação de um forramento e treze foram friccionados com aplicação prévia de um verniz copal. Dez dentes contendo os três tipos de pino foram extraídos em 24 horas e os remanescentes em 30 dias. Após o exame histológico, a segunda parte do estudo foi iniciada utilizando 40 dentes de dois babuínos. Vinte e oito pinos foram cimentados com óxido de zinco e eugenol, sendo que havia exposição pulpar em 15 dos orifícios. Três pinos foram cimentados com fosfato de zinco, sendo que não havia exposição pulpar em nenhum dos orifícios. Sete pinos foram friccionados, sendo que em três orifícios havia exposição pulpar e oito pinos foram rosqueados, sendo que em três orifícios havia exposição pulpar. Adicionalmente, dez orifícios com exposição pulpar foram capeados com hidróxido de cálcio e selados com óxido de zinco e eugenol. Todos os dentes foram extraídos e avaliados histologicamente após 30 dias. Após análise histológica, os autores concluíram que houve exposição pulpar em aproximadamente 30% dos dentes. A resposta pulpar frente ao preparo com refrigeração à ar ou água foi similar. O capeamento com óxido de zinco e eugenol e hidróxido de cálcio apresentou sucesso. A resposta pulpar inicial foi relacionada à proximidade entre o orifício para o pino e a polpa. O capeamento dos orifícios não reduziu a resposta pulpar quando da utilização dos pinos friccionados. O cimento de fosfato de zinco produziu a maior injúria pulpar inicial, porém a recuperação foi similar aos casos que empregaram cimento à base de óxido de zinco e eugenol.

Alegando desvantagens na utilização dos pinos pré-fabricados para a confecção de restaurações complexas em amálgama de prata, **SHAVELL**²⁶, em 1980, descreveu um método denominado de “amalgapin”. Nessa técnica, orifícios de 2 a 3 mm de diâmetro e paralelos à superfície proximal, eram confeccionados em dentina com a finalidade de reter restaurações em amálgama de prata. Para a confecção dos orifícios, o autor empregava brocas cilíndricas nº 1156, 1157 e 1158 (SS WHITE). Após a apresentação de diversos casos clínicos, o autor conclui que esta técnica se constitui em um meio rápido e confiável para reter grandes quantidades de amálgama de prata à dentes extensamente destruídos.

Em 1982, **NAKABAYASHI et al.**²¹, avaliaram a efetividade da resina 4-META na união ao esmalte e a dentina. Dentes bovinos e humanos foram desgastados e em seguida condicionados por 30 segundos, com uma solução de 1% de ácido cítrico + 1% de cloreto férrico, ou a mesma solução nas concentrações de 10% e 3% respectivamente. Os monômeros MMA ou 4-META em MMA, e TBB parcialmente oxidado, foram misturados com 0,1 g de pó PMMA para formar um cimento, o qual serviu para a fixação de cilindros de resina à superfície de esmalte ou dentina condicionados. Os corpos-de-prova assim obtidos, foram deixados por 30 minutos à temperatura ambiente, imersos em água a 37° C, e submetidos ao ensaio de tração a uma velocidade de 2 mm/min. A resistência de união à dentina atingiu 18 MPa. Segundo os autores, monômeros com grupamentos hidrofílicos e hidrofóbicos como o 4-META, infiltram-se nos tecidos duros e promovem boa adesão à estrutura dental após a polimerização. As fotomicrografias eletrônicas obtidas no estudo, sugerem

que estes monômeros possuem afinidade aos tecidos duros dentais. Ainda, segundo os autores, a boa união não foi proporcionada pelo imbricamento mecânico no interior dos túbulos dentínários como havia sido sugerido anteriormente.

DAVIS et al.⁴, em 1983, realizaram um estudo para verificar a forma de resistência fornecida à restaurações complexas em amálgama de prata, quando pinos rosqueados de dois tipos diferentes (Regular e Minim) ou "amalgapins" são utilizados. Para isso, 60 molares humanos tiveram suas superfícies oclusais desgastadas em uma politriz refrigerada à água, de modo à expor uma superfície plana em dentina a 3 mm da junção cimento-esmalte. Em seguida, as raízes de cada dente receberam entalhes para retenção e foram incluídas em bases de resina acrílica. As amostras assim obtidas, foram divididas em seis grupos de 10 amostras cada. Para os "amalgapins", orifícios com 3 mm de profundidade e situados a 0,5mm da junção amelo-dentinária, foram preparados com o auxílio de brocas nº 1157. Um bisel de 0,5 mm foi confeccionado na entrada de cada orifício de para fornecer "corpo" ao amálgama. Para os grupos que receberam pinos rosqueados, orifícios não paralelos a 0,5 mm da junção amelo-dentinária, foram confeccionados com brocas de 0,7 mm de diâmetro (pinos tipo Regular), e 0,5 mm de diâmetro (pinos tipo Minim). Após os procedimentos de preparo dos orifícios para "amalgapins" e colocação dos pinos rosqueáveis, uma banda de cobre foi colocada e estabilizada com godiva ao redor de cada dente. Em seguida, o amálgama de prata Dispersalloy (Johnson & Johnson) foi preparado de acordo com as instruções do fabricante e condensado dentro dos orifícios e ao redor dos pinos, utilizando um condensador

mecânico com uma ponta de 0,8 mm de diâmetro. Vinte e quatro horas após o término da condensação, o amálgama foi desgastado 4 mm acima da margem cavo-superficial do preparo. Em seguida, as amostras foram posicionadas em uma máquina de teste universal Instron, de modo que o longo eixo dos dentes ficasse angulado 45° em relação ao solo. Posteriormente, uma carga de teste foi aplicada a cada amostra a uma velocidade transversal de 1,0 mm por minuto até a fratura. Os autores concluíram que: (1) Quatro pinos rosqueáveis tipo Minim fornecem menor resistência que quatro, seis ou oito “amalgapins” ou seis ou oito pinos rosqueáveis tipo Regular; (2) Quatro “amalgapins” são tão resistentes quanto seis ou oito “amalgapins”, ou seis ou oito pinos rosqueáveis de tipo Regular.

PLASMANS et al.²³, em 1986, realizaram um estudo para determinar a resistência à tração de restaurações extensas em amálgama de prata, utilizando vários métodos de retenção auxiliar. Para isso, 16 molares humanos, hígidos e recém-extraídos foram armazenados em 100% de umidade relativa, exceto durante o período de teste. Em seguida, os dentes foram incluídos individualmente com resina acrílica termo-polimerizável, em um cilindro de acrílico, 2 mm coronalmente à junção amelo-cementária. Logo após, as superfícies oclusais foram reduzidas com lixa d'água de granulação nº 400, de modo a expor uma superfície plana em dentina ao nível do cilindro. Em seguida, quatro grupos de quatro amostras cada, foram selecionados aleatoriamente e designados para um método experimental diferente. Os métodos experimentais empregados foram: “amalgapin”, “slot” e “slot” circunferencial, os quais foram comparados ao grupo controle utilizando pinos rosqueáveis tipo Minim. Os

orifícios para "amalgapin" foram confeccionados nas regiões correspondentes às cúspides, a uma profundidade de 2 mm, utilizando uma broca de extremo arredondado. Posteriormente, a entrada dos orifícios foi biselada com uma broca esférica. O "slot" foi preparado na mesma localização dos orifícios para "amalgapin", à uma profundidade de 1,3 mm e 0,95 mm em diâmetro. Um bisel foi confeccionado na entrada dos slots da mesma maneira descrita para os "amalgapins". O slot circunferencial foi confeccionado de maneira contínua, seguindo a circunferência do dente, à uma profundidade de 1,3 mm e distante 0,75 mm da junção amelo-dentinária. A margem foi biselada à semelhança dos procedimentos descritos anteriormente. Para o grupo controle, 4 pinos rosqueados foram inseridos na superfície oclusal dos dentes como recomendado pelo fabricante, paralelamente à superfície externa do dente e a 1mm da junção amelo-dentinária. Para a realização dos testes, foi desenvolvida uma matriz para restaurar o dente e transmitir a força de tração. Este método, que permitiu simplificar e padronizar o procedimento experimental, utilizava uma porca modificada, em aço inox, onde o amálgama era inserido e condensado. Parte da porção interna da porca foi torneada de modo a se encaixar na parte superior do cilindro de resina. Parte da porção interna da porca permaneceu inalterada, preservando a rosca que serviu de retenção para que o amálgama não se deslocasse durante o procedimento de tração. O amálgama utilizado foi o Cavex non-gama2 (Keur en Sneltes, Dental Mfg Co.), o qual foi condensado mecanicamente no interior da matriz. As matrizes e as amostras foram envelhecidas em óleo por uma semana, fixadas aos mordente superior e inferior de uma máquina de teste universal Instron, e tracionadas a uma velocidade de 0,5 mm

por minuto até a falha. Após a análise dos resultados, os autores chegaram as seguintes conclusões: (1) nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre restaurações com quatro pinos rosqueados e restaurações com slots circunferenciais; (2) diferenças estatisticamente significantes foram encontradas entre restaurações com quatro “amalgapins” e restaurações com slots; (3) diferenças estatisticamente significantes foram encontradas entre restaurações com 4 pinos rosqueados ou slot circunferencial e quatro “amalgapins” ou slots; e (4) a confecção de restaurações extensas em amálgama de prata sem meios de retenção adicional, tais como “amalgapins” ou slots deveriam ser consideradas com cuidado. Ainda, segundo os autores, a forma de retenção e resistência fornecida as cavidades é de extrema importância para o sucesso clínico das restaurações em amálgama de prata.

EAKLE et al.⁸, em 1986, realizaram um estudo clínico para determinar a faixa etária dos pacientes que apresentavam fraturas em dentes posteriores, os dentes e as cúspides que fraturavam com maior frequência, e a largura do istmo das restaurações existentes nos dentes fraturados. Para isso, pacientes que procuravam o serviço de emergência odontológica e a clínica de Pós-Graduação com sintomas de fratura dental completa e incompleta, eram examinados por estudantes e professores. O exame era constituído de visualização com o auxílio de luz de fibra óptica, exploração da estrutura dental fraturada, sondagem periodontal, teste de percussão, testes de oclusão, evidenciação das fraturas com corante de azul de metileno, testes de vitalidade térmicos e elétricos e radiografias periapicais. Foram

examinados, no período de um ano e meio, 191 paciente com 206 fraturas completas e incompletas de dentes posteriores e idade variando entre 14 e 76 anos, com uma média de 37,6 anos. O número de fraturas foi igual em cada arco, sendo que o primeiro molar foi o dente mais acometido. Dentes com restaurações mais conservativas foram menos acometidos que aqueles com istmos muito largos ou com a presença de retenções adicionais. Os autores recomendam que as fraturas dentais devem ser prevenidas pela utilização de métodos menos invasivos, tais como selantes oclusais e aplicação tópica de flúor, bem como preparos cavitários mais conservativos.

SHIMIZU et al.²⁷, em 1987, propuseram que restaurações de amálgama poderiam ser unidas à estrutura dental através de sistemas adesivos. Segundo os autores, a técnica do “amálgama adesivo” pode ser muito útil para restaurar dentes com grande destruição coronária, porém que apresentam vitalidade pulpar. A técnica proposta consistia em: (1) isolamento absoluto do campo operatório; (2) remoção da dentina cariada; (3) proteção pulpar com cimento de hidróxido de cálcio, se necessário; (4) preparo cavitário, o mais conservador possível; (5) aplicação de flúor; (6) colocação do material de base, de preferência ionômero de vidro; (7) condicionamento ácido do esmalte por 60 segundos e aplicação do cimento resinoso Panavia (Kuraray); e (8) confecção da restauração em amálgama de prata e polimento. As restaurações mostraram-se satisfatórias nos períodos de 15 dias, 7 e 11 meses de avaliação clínica.

Visando avaliar a técnica de união do amálgama de prata à estrutura dental, **STANINEC & HOLT**²⁹, em 1988, realizaram testes de tração e microinfiltração em molares humanos hígidos e recém-extraídos. Para a realização do teste de tração, superfícies planas em esmalte com no mínimo 5 mm de diâmetro, foram obtidas através do desgaste das superfícies vestibular ou lingual dos dentes com lixas d'água de granulação 600. Superfícies planas em dentina foram também obtidas através da redução da superfície oclusal, de maneira semelhante a descrita anteriormente. Cada dente foi montado com gesso, internamente à parte inferior de um dispositivo para tração e em seguida a parte superior do mesmo foi posicionada de modo que uma abertura de 5 mm de diâmetro ficasse em contato com a superfície de dentina planificada. Uma fita adesiva contendo um orifício de 5 mm de diâmetro foi aplicada previamente de modo a delimitar a área onde seria realizada a união. Em seguida, as superfícies foram condicionadas com gel de ácido fosfórico por 30 segundos, lavadas pelo mesmo tempo, e secas com ar por 20 segundos. Após este procedimento, uma fina camada de cimento resinoso adesivo (Panavia, Kuraray Co.) manipulado de acordo com as instruções do fabricante, foi aplicada sobre a superfície condicionada. No grupo controle, duas camadas de verniz cavitário foram aplicadas sobre a superfície de esmalte não condicionado. Em seguida, uma liga esférica para amálgama fornecida em cápsulas pré-dosadas (Tytin, Sybron/Kerr), foi triturada por 10 segundos em um amalgamador de alta velocidade, e imediatamente condensada no interior do orifício contido na parte superior do dispositivo para tração. Todo o conjunto foi armazenado por 24 horas em água à temperatura ambiente, e em seguida tracionado em uma máquina de teste universal Instron, a

uma velocidade de 2mm por minuto. Os valores foram registrados e convertidos em psi. Para o teste de microinfiltração, foram selecionados 2 grupos de 10 dentes cada, nos quais foram preparadas cavidades classe V em superfícies opostas, sendo que a margem oclusal estava situada em esmalte e a margem gengival em cimento. O grupo 1 consistia de restaurações forradas com cimento resinoso em uma das faces e restaurações forradas com verniz cavitário na face oposta. O grupo 2 apresentava restaurações forradas com cimento resinoso em uma das faces e nenhum tipo de forramento na face oposta. Os procedimentos de restauração foram semelhantes aos descritos para o teste de tração, sendo que as cavidades restauradas e que receberam forramento com cimento resinoso, foram cobertas com gel de Oxyguard pelo tempo de 6 minutos, com o intuito de promover a polimerização do material. Todas as restaurações foram armazenadas em água à temperatura ambiente, pelo período de 24 horas, e em seguida tiveram as superfícies levemente desgastadas com disco de lixa (Sof-lex, 3M Co.), para remover qualquer traço de resina ou verniz. Após este procedimento, todas as restaurações foram submetidas a 100 ciclos térmicos entre 4° C e 60° C, e deixadas por uma noite em uma solução corante de fucsina básica. Após a coloração, todas as restaurações foram cortadas ao centro com um disco diamantado, montadas e avaliadas em um estereomicroscópio. Após análise dos resultados, os autores concluíram que a técnica proposta para união do amálgama à estrutura dental pode ser utilizada com sucesso, resultando em maior resistência de união e menor microinfiltração, quando comparada com a utilização do verniz cavitário. Ainda, segundo os autores, a técnica poderia ser utilizada com possíveis implicações clínicas para o tipo de preparo cavitário, resistência à fratura

do dente restaurado e cáries recorrentes, sendo que essas propriedades bem como os fatores que afetariam a resistência de união necessitariam de investigações adicionais.

STANINEC²⁸, em 1989, avaliou a resistência de união de restaurações confeccionadas pela técnica adesiva em preparos sem retenção adicional e comparou os resultados aqueles obtidos em restaurações confeccionadas em cavidades sem aplicação prévia de adesivo, porém com retenções adicionais. Para isso, foram utilizados 52 terceiros molares superiores hígidos e recém-extraídos, os quais receberam preparos em forma de caixa na face mesial utilizando uma broca carbide nº 245. Após a realização dos preparos, os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de 13 dentes cada, sendo que os grupos 1 e 2 não receberam nenhum tipo de retenção adicional, o grupo 3 recebeu retenções proximais tipo canaleta e o grupo 4 recebeu retenções por oclusal tipo "cauda de andorinha". Os dentes dos grupos 1, 3 e 4 foram lavados, secos e restaurados com amálgama (Unison), após a colocação de uma matriz. No grupo 2, as cavidades foram limpas com solução aquosa de ácido poliacrílico a 20%, por 15 segundos, lavadas e secas. Em seguida, a dentina foi protegida com cimento de ionômero de vidro (Ketac-bond) e após 5 minutos, todo o preparo (esmalte e base forradora) foi condicionado com gel de ácido fosfórico a 37%, por 20 segundos, lavadas e secas. Após este procedimento, uma fina camada de cimento resinoso (Panavia), foi aplicada com um pincel sobre as paredes cavitárias, incluindo a base de ionômero de vidro. Após a colocação de uma matriz, as cavidades foram restauradas com

amálgama e cobertas com um gel de álcool polivinílico (Oxyguard), por 6 minutos, para garantir a polimerização da resina nas margens do preparo. Após os procedimentos de restauração, todos os grupos foram lavados e imersos em água por 14 dias. Após este período, os dentes foram montados individualmente em blocos de acrílico e posicionados em uma máquina de teste Instron, de modo que as restaurações fossem submetidas à uma carga oclusal simulada, a uma velocidade de 5 mm por minuto, até que ocorresse o deslocamento. A força em quilogramas requerida para deslocar a restauração, bem como o tipo e localização da falha, foram registrados. Os resultados mostraram que a falha ocorrida nos grupos 1, 3 e 4 foi entre o amálgama de prata e o dente, e no grupo 2 a falha mais freqüente foi no esmalte. As restaurações confeccionadas pela técnica adesiva mostraram os mais altos valores de união, os quais diferiram estatisticamente dos demais grupos.

WEBB et al.³², em 1989, realizaram um estudo para avaliar as fraturas ocorridas em elementos dentais submetidos à colocação de 4 tipos de pinos auto-rosqueáveis comumente empregados. Para isso, 60 molares humanos recém-extraídos e exibindo pouco ou nenhum envolvimento por cárie, foram limpos e seccionados horizontalmente 1 a 1,5 mm coronalmente à junção amelo-dentinária. Os dentes foram divididos em 4 grupos de 15 amostras cada, e em seguida armazenados em 100% de umidade relativa para evitar a desidratação. No estudo, foram empregados os seguintes pinos auto-rosqueáveis: (1) TMS Regular (0,7 mm de diâmetro), (2) Minim (0,5 mm de diâmetro), (3) Minikin (0,4 mm de diâmetro), e (4) Minuta (0,25 mm de diâmetro). Somente um tipo de pino foi usado por grupo de amostra. Os orifícios

para cada tipo de pino foram preparados em baixa velocidade de rotação e distantes no mínimo 0,5 mm da junção amelo-dentinária. Dois orifícios foram preparados em cada dente, sendo que um era controle. Uma hora após a inserção, todos os pinos foram removidos e cada dente foi coberto com duas camadas de verniz de butil acetato, de modo que apenas os orifícios ficassem expostos. Em seguida, todos os dentes foram imersos em uma solução aquosa de corante verde a 1% (Procion, ICI, Americas Inc.), e colocados em um forno a vácuo, por 2 horas, para remover qualquer bolha aprisionada no interior dos orifícios. Após este procedimento, os dentes foram colocados em frascos de solução corante, os quais foram colocadas em uma centrífuga a 500 r.p.m, por 10 minutos. Em seguida, todos os dentes foram armazenados em solução corante, à temperatura ambiente, por 48 horas. Após este período, os dentes foram lavados em água destilada, secos, e a cobertura de butil acetato foi removida com o auxílio de instrumentos manuais. Os dentes foram então descalcificados em solução de ácido nítrico a 5%, lavados e desidratados em concentrações ascendentes (70%, 80% e 95%) de etanol. Em seguida, os dentes foram clareados em metil salicilato e examinados para penetração de corante dentro dos orifícios para os pinos e passagem do corante dos orifícios para a câmara pulpar. Os pinos auto-rosqueáveis do tipo Regular e Minim, exibiram as mais altas incidências de trincamentos sub-superficiais da dentina associados à colocação dos pinos. Os pinos do tipo Regular exibiram as mais altas incidências de trincamento subsuperficial da dentina, com resultante comunicação entre o orifício para o pino e a câmara pulpar.

Em 1991, **FELTON et al.**⁹, realizaram um estudo para avaliar a resposta pulpar frente a colocação de pinos rosqueáveis ou confecção de retenções mecânicas tipo "slot". Vinte e quatro dentes severamente abrasionados de um macaco, foram selecionados aleatoriamente e divididos em três grupos, sendo que dois grupos de 10 dentes cada foram submetidos à colocação de pinos rosqueáveis ou retenções circunferenciais tipo "slot" e um grupo de 4 dentes serviu como controle. Os grupos que receberam os pinos rosqueáveis ou "slots", foram em seguida restaurados com uma resina composta fotopolimerizável (Lumifor, Bayer), sem os passos do condicionamento ácido e aplicação de sistema adesivo. Após quatorze dias, os dentes foram extraídos e examinados histologicamente. Os autores verificaram que a retenção tipo "slot", causou menor injúria pulpar que os pinos rosqueáveis. Foi ainda observado, que a espessura de dentina remanescente foi um fator determinante na ocorrência de resposta inflamatória quando os pinos rosqueáveis foram colocados.

Alegando que a associação entre o amálgama de prata e os sistemas adesivos aumentava a resistência de dentes restaurados, **EAKLE et al.**⁷, em 1992, realizaram um estudo comparativo entre dentes restaurados com amálgama de prata pela técnica convencional e pela técnica adesiva. Para isso, dentes pré-molares superiores extraídos por razões ortodônticas, foram incluídos em gesso e separados em 40 pares, sendo que cada par era constituído de dentes do mesmo paciente. Cavidades MOD foram confeccionadas em cada dente com uma broca nº 56, em alta velocidade de rotação e refrigeração ar-água, de modo que a largura do istmo do preparo correspondesse a um-terço da distância entre as cúspides. As caixas

proximais possuíam 4 mm de largura no sentido vestibulo-lingual com a parede gengival em esmalte medindo 1,5 mm de profundidade e situada a 1 mm da junção amelo-dentinária. Os dentes de cada par foram selecionados aleatoriamente para receber o procedimento adesivo ou convencional. Nos dentes restaurados pela técnica convencional, era colocada uma matriz de aço e em seguida o amálgama de prata (Tytin, Kerr) era condensado verticalmente e lateralmente no interior do preparo, esculpido e nenhum tipo de acabamento e polimento era realizado. Nos dentes que receberam a técnica adesiva, o esmalte era condicionado com gel de ácido fosfórico a 37%, por 30 segundos, lavado pelo mesmo tempo e seco com ar. Uma resina adesiva auto-polimerizável (Panavia EX, Kuraray), era manipulada de acordo com as instruções do fabricante e uma fina camada era aplicada nas paredes do preparo com um pincel fino. Em seguida, o amálgama de prata era condensado no interior do preparo e esculpido. As margens do preparo eram cobertas com gel de álcool polivinílico (Oxyguard, Kuraray), para garantir a polimerização da resina. Os dentes eram armazenados em 100% de umidade relativa e 48 horas após, eram removidos do gesso e submetidos a 240 ciclos térmicos entre 5°C e 55°C. Em seguida, as raízes dos dentes eram cobertas com plástico vinílico para simular uma membrana periodontal e montados em blocos de resina acrílica. Os dentes foram armazenados por 48 horas, e em seguida submetidos ao carregamento contínuo, a uma velocidade de 5mm por minuto, em uma máquina de teste universal Instron. O carregamento era realizado até a fratura, utilizando uma ponta metálica que tocava apenas as cúspides. Os resultados mostraram que os dentes restaurados pela técnica adesiva foram significativamente mais resistentes que os dentes restaurados

pela técnica convencional. O modo de falha das restaurações unidas com adesivo foi misto, com predominância de falhas coesivas na resina.

Em 1992, **CHARLTON et al.**³, realizaram um estudo para avaliar a eficácia de três sistemas adesivos disponíveis comercialmente em reduzir a microinfiltração e fornecer retenção entre o amálgama de prata e a estrutura dental. Para o teste de retenção, foram empregados 100 molares humanos hígidos e recém-extraídos, os quais foram incluídos em cilindros com resina acrílica ativada quimicamente, de modo a expor uma superfície plana em esmalte nas faces vestibular, lingual ou proximal. Em seguida, os dentes receberam preparos não retentivos com 3,5 mm de profundidade e 3,0 mm de diâmetro, e foram divididos em cinco grupos de teste contendo vinte dentes cada. Os grupos foram tratados da seguinte forma: Grupo 1, sem verniz ou forramento; Grupo 2, verniz Copal (Harry J Bosworth Co.); Grupo 3, Prisma Universal Bond 2 (L D Caulk Co.); Grupo 4, Panavia Ex (J Morita); Grupo 5, Amalgambond (Parkell). Antes dos sistemas adesivos serem aplicados, um prego com $\frac{3}{4}$ de polegada em diâmetro foi colocado na cavidade de modo que a sua extremidade plana ficasse em contato com o assoalho da cavidade, e uma camada de verniz copal foi aplicada na superfície do prego para prevenir qualquer tipo de união com o amálgama de prata. Em seguida, os sistemas adesivos foram manipulados e aplicados à cavidade de acordo com as instruções dos fabricantes, e uma liga para amálgama (Tytin, Sybron/Kerr) foi triturada mecanicamente e imediatamente condensada no preparo com o auxílio de um condensador de pequeno diâmetro. No grupo 4 (Panavia Ex), as margens da restauração foram

cobertas com gel Oxyguard como recomendado pelo fabricante. Posteriormente, as amostras foram armazenadas por 24 horas, em água destilada a 37° C. Após este período, as amostras foram submetidas a 2.500 ciclos térmicos entre 5° C e 55°C, e em seguida armazenadas em água destilada a 37°C. Os testes de retenção foram realizados cinco dias após o preparo das amostras, em uma máquina de ensaio universal Instron. As amostras foram fixadas aos mordentes da máquina e submetidas ao tracionamento, a uma velocidade de 2 mm por minuto, até a falha. Para o teste de microinfiltração, foram empregados 100 dentes caninos e pré-molares humanos hígidos e recém-extraídos. Em cada dente, foi confeccionada uma cavidade tipo classe V medindo 3 mm no sentido mesio-distal, 2 mm no sentido ocluso-gengival e 2 mm de profundidade. Em seguida, os dentes foram divididos em cinco grupos de vinte dentes cada, os quais receberam os mesmos sistemas adesivos empregados para o teste de retenção. As cavidades foram restauradas com amálgama de prata (Tytin), e em seguida os dentes foram armazenados por 24 horas em água destilada a 37°C . Posteriormente, os dentes foram termociclados e armazenados da mesma maneira descrita anteriormente. Cinco dias após o preparo, as amostras foram imersas por 24 horas em solução aquosa a 2% de corante fluorescente. Em seguida, os dentes foram seccionados no sentido vestibulo-lingual e analisados para penetração de corante segundo um escore pré-determinado. Os resultados mostraram que o grupo 5 (Amalgambond) apresentou menor infiltração que os demais grupos. Os grupos que empregaram Amalgambond ou Panavia EX como forradores, apresentaram os maiores valores de resistência à tração.

Em 1992, **NAKABAYASHI**²⁰, publicou um trabalho de revisão no qual o mecanismo de atuação da resina 4-META é descrito. Segundo o autor, os metacrilatos que possuem grupamentos hidrofílicos e hidrofóbicos, como o 4-META, são capazes de penetrar na dentina intertubular, promovendo uma impregnação monomérica, a qual resulta em aumento da resistência de união. O sistema adesivo 4-META em metilmetacrilato (MMA), com pó poli-MMA iniciado por tri-n-butil borano parcialmente oxidado (TBB), chamado de 4-META/MMA-TBB, é também descrito como excelente promotor de união. Ainda segundo o autor, o condicionamento dentinário com a solução 10-3 (10% de ácido cítrico + 3% de cloreto férrico), estabiliza o colágeno durante a remoção da apatita mineral, preservando a configuração tridimensional. Este fenômeno permite a penetração do monômero resinoso 4-META, o qual tem a sua polimerização iniciada pelo TBB em conjunção com o⁻ oxigênio e a água presentes na dentina. Uma vez polimerizada, a resina forma um emaranhado com as fibras colágenas, encapsulando os cristais de hidroxiapatita e criando uma zona de transição ácido-resistente chamada de “camada híbrida”.

Ainda em 1992, **TEMPLE-SMITHSON et al.**³⁰, realizaram um estudo para determinar a força requerida para deslocar restaurações de amálgama confeccionadas em cavidades não retentivas, associadas à verniz cavitário (controle); Panavia Ex (Kuraray); Amalgambond (Parkell); ou pinos rosqueáveis. Quarenta dentes molares e pré-molares extraídos, foram limpos e armazenados em solução de glutaraldeído (Cidex), até o início do experimento. Os dentes receberam preparos não retentivos, foram codificados e divididos em quatro grupos de acordo com o procedimento a ser

realizado. O grupo controle recebeu duas camadas de verniz cavitário e foi restaurado com amálgama de prata. O segundo grupo foi submetidos à confecção prévia de um orifício, onde um pino TMS Regular de titânio foi rosqueado e posteriormente, duas camadas de verniz cavitário foram aplicadas no pino e na cavidade, antes da restauração com amálgama de prata ser realizada. No terceiro grupo, a dentina foi coberta com uma fina camada de cimento de ionômero de vidro fotopolimerizável (Vitrabond) e em seguida, o esmalte foi condicionado com gel de ácido fosfórico a 37%, por um minuto, lavado pelo mesmo tempo e seco com ar. Após este procedimento, uma fina camada de cimento resinoso Panavia Ex, manipulado de acordo com as instruções do fabricante, foi aplicada no esmalte condicionado e na base de ionômero de vidro com o auxílio de um pincel. Em seguida, uma matriz metálica coberta com vaselina foi colocada ao redor do dente, o amálgama de prata foi inserido, e a margem cavo superficial foi coberta com gel Oxyguard, para prevenir a inibição da polimerização pelo oxigênio. No quarto grupo, foi realizado o condicionamento ácido do esmalte e da dentina pelos tempos de 30 e 10 segundos respectivamente, seguindo a recomendação do fabricante do produto Amalgambond. Em seguida, o agente adesivo foi aplicado na cavidade e seco com ar por 30 segundos. Posteriormente, a base e o catalisador fornecidos com o produto foram misturados, aplicados à cavidade e o amálgama de prata foi condensado sobre a mistura ainda não totalmente polimerizada. Após a realização dos procedimentos acima citados, todos os grupos foram armazenados por um mês, em solução salina a 37°C. Posteriormente, todos os dentes foram embutidos em acrílico e as restaurações submetidas a uma carga aplicada em 45°, através de uma

máquina de ensaio universal Howden EU 500, a uma velocidade de 0,75 mm por minuto, até que a falha fosse observada. Embora as restaurações retidas através de pinos apresentassem uma maior resistência ao deslocamento, o modo de falha e a energia requerida para deslocar as restaurações nos grupos com Panavia-Ex e Amalgambond, indicaram que esse tipo de restauração possui vantagens significantes sobre as restaurações retidas a pino, principalmente em regiões próximas à polpa. O alto desvio-padrão apresentado pelos dados foi atribuído à sensibilidade da técnica utilizada nesse tipo de experimento.

KAWAKAMI et al.¹⁶, em 1994, avaliaram a resistência de união ao cisalhamento de sistemas adesivos utilizados para unir o amálgama de prata à dentina, e compararam os resultados aqueles obtidos com esses sistemas associados às resinas compostas. Para isso, 84 dentes pré-molares humanos hígidos, tiveram as superfícies oclusais desgastadas com lixas de carvão de silício de granulação 600, até expor totalmente a dentina. Em seguida, os dentes foram incluídos com gesso no interior de cilindros metálicos, e uma área circular com 5 mm de diâmetro foi delimitada na superfície dentinária com uma fita adesiva. Após este procedimento, tubos de polietileno com 5 mm de diâmetro interno foram colocados e presos com cera sobre as áreas previamente delimitadas. Em seguida, as amostras foram divididas em 7 grupos, os quais receberam a aplicação dos sistemas adesivos (All-Bond 2, Liner-F, SuperBond C&B, Amalgambond, Photo Bond, e Panavia), associados ou não entre si. Após a aplicação dos agentes adesivos, as amostras foram restauradas com amálgama (Dispersalloy) ou resina composta (Clearfil Photo

Posterior e Bis-Fil). No caso do amálgama, este foi condensado imediatamente após a aplicação dos agentes adesivos. As amostras assim obtidas, foram armazenadas por 24 horas, à temperatura ambiente e 100% de umidade relativa. Após este período, as amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento, em uma máquina de ensaio universal Instron, a uma velocidade de 0,5 mm por minuto. A associação entre All-Bond 2 e Liner-F, apresentou os melhores resultados dos sistemas adesivos empregados com o amálgama de prata. As resistências de união ao cisalhamento do amálgama de prata e das resinas compostas à dentina foram comparáveis, exceto para os grupos que empregaram o adesivo All Bond 2.

VARGAS et al.³¹, em 1994, realizaram um estudo para avaliar a resistência de união ao cisalhamento do amálgama à dentina, utilizando cinco diferentes agentes adesivos: Amalgambond Plus (Parkell), Optibond (Kerr), Imperva Dual (Shofu), All-Bond 2 (Bisco) e Clearfil Liner Bond (Kuraray). Para isso, cinquenta terceiros molares hígidos foram incluídos com resina acrílica em anéis fenólicos, e em seguida tiveram as superfícies oclusais desgastadas com lixas d'água de granulação 240, 400 e 600, até expor uma superfície plana em dentina. Os dentes foram divididos aleatoriamente em cinco grupos de dez dentes cada, os quais foram designados individualmente para um dos adesivos testados. Em seguida, um molde cilíndrico de plástico foi fixado nas superfícies dentinárias, e estas foram condicionadas com ácido antes de receberem a aplicação dos sistemas adesivos. Os sistemas adesivos foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes e o amálgama de prata Tytin (Kerr), foi triturado e inserido no interior dos moldes plásticos. Vinte minutos

após a condensação do amálgama, os moldes foram removidos e as amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas, para em seguida serem submetidas a 300 ciclos térmicos entre 5° C e 55° C. Quarenta e oito horas após, as amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento em uma máquina de ensaio universal Instron, a uma velocidade de 5 mm por minuto, até a fratura. As amostras que receberam a aplicação do sistema adesivo Amalgambond Plus, apresentaram os mais altos valores de resistência de união ao cisalhamento, diferindo estatisticamente dos demais grupos. Os autores atribuíram essa superioridade à presença do HPA (aditivo de alta performance), o qual possui fibras de polimetilmetacrilato. Ainda segundo os autores, essas fibras poderiam atravessar a interface entre o amálgama e o agente adesivo, produzindo uma conexão reforçada entre os dois materiais.

Em 1994, **HADAVI et al.**¹³, realizaram um estudo para avaliar a resistência ao cisalhamento da união amálgama-estrutura dental, quando da utilização dos sistemas adesivos All-Bond 2 (Bisco) e Amalgambond Plus (Parkell), ou emprego de pinos rosqueáveis TMS Minim (Whaledent). Quarenta e cinco dentes molares humanos hígidos e recém-extraídos, foram incluídos em cilindros plásticos com resina acrílica ativada quimicamente e em seguida divididos aleatoriamente em três grupos de quinze dentes cada. As superfícies oclusais dos dentes foram reduzidas até expor dentina, e em seguida desgastadas com lixa d'água de granulação 600. Após a manipulação dos materiais de acordo com as recomendações dos fabricantes e a realização de um dos três tratamentos, um molde cilíndrico partido (5mm de

diâmetro X 4mm de altura) foi posicionado sobre a dentina, e uma liga para amálgama (Valiant) foi triturada e condensada no interior do molde. Quinze minutos após a condensação do amálgama, o molde cilíndrico foi cuidadosamente removido, e as amostras assim obtidas foram colocadas em um banho de água a 37°C, por 24 horas. Em seguida, as amostras foram levadas à uma máquina de ensaio universal (Lloyd Instruments), e uma força de cisalhamento foi aplicada na interface amálgama - dente com o auxílio de um cinzel, a uma velocidade de 0,2 mm por minuto, até que a falha ocorresse. Todos os sistemas empregados promoveram união / retenção do amálgama à dentina. O sistema adesivo All-Bond 2 foi estatisticamente superior ao sistema adesivo Amalgambond Plus, o qual não diferiu estatisticamente do pino rosqueável. O alto desvio-padrão apresentado pelos grupos que empregaram sistemas adesivos (All-Bond 2 e Amalgambond Plus), foi atribuído à grande sensibilidade técnica que esses materiais apresentam por requererem muitos passos e mistura de vários componentes.

BARKMEIER et al.¹, em 1994, realizaram um estudo com os seguintes objetivos: (1) determinar a resistência de união ao cisalhamento de um material restaurador resinoso (Silux Plus, 3M) à dentina, utilizando o sistema adesivo Amalgambond (Parkell) com e sem a adição do HPA; (2) avaliar se existe diferença na resistência de união quando se emprega uma matriz plástica em forma de cilindro ou a matriz de cápsula de gelatina para inserção de materiais resinosos em laboratório; (3) avaliar a resistência de união de um material restaurador resinoso à superfície dentinária quando esta é dessecada ou mantida úmida após o condicionamento ácido, e (4)

avaliar a resistência de união do amálgama (Dispersalloy, Johnson & Johnson) à dentina quando empregado o sistema adesivo Amalgambond com HPA. Cento e dez molares humanos tiveram as superfícies vestibulares desgastadas com lixas d'água de granulação 600 até expor dentina, e foram divididos em 11 grupos de 10 dentes cada, como se segue: Grupo 1: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante/ Matriz plástica; Grupo 2: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante/ Matriz de cápsula de gelatina; Grupo 3: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante sobre dentina úmida/ Matriz plástica; Grupo 4: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante sobre dentina úmida/ Matriz de cápsula de gelatina; Grupo 5: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante modificadas (4 camadas de adesivo) sobre dentina úmida/ Matriz plástica; Grupo 6: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante modificadas (adição de HPA) sobre dentina úmida/ Matriz de cápsula de gelatina; Grupo 7: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante modificadas (adição de HPA)/ Matriz plástica; Grupo 8: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante modificadas (adição de HPA)/ Matriz de cápsula de gelatina; Grupo 9: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante modificadas (adição de HPA) sobre dentina úmida/ Matriz plástica; Grupo 10: Restaurador resinoso/ Instruções do fabricante modificadas (adição de HPA) sobre dentina úmida/ Matriz de cápsula de gelatina; Grupo 11: Amálgama de prata/ Instruções do fabricante com adição de HPA. Após a realização dos procedimentos acima citados, todas as amostras foram armazenadas por 72 horas em água destilada a 37°C. Posteriormente, os dentes foram montados em anéis fenólicos com resina acrílica ativada quimicamente para facilitar a realização do teste. Em seguida, as amostras foram submetidas ao teste de

cisalhamento em uma máquina de ensaio universal Instron, a uma velocidade de 5mm por minuto, até que a falha fosse observada. A resistência de união ao cisalhamento do material restaurador resinoso (Silux Plus) à dentina utilizando o sistema adesivo Amalgambond sem HPA, variou de $17,55 \pm 1,96$ MPa a $22,47 \pm 3,89$ MPa. A resistência de união ao cisalhamento observada quando o material restaurador resinoso foi unido à dentina com Amalgambond associado ao HPA, variou de $20,33 \pm 3,84$ MPa a $22,50 \pm 3,69$ MPa. Não existiu diferença significativa ($p>0,05$) na resistência de união ao cisalhamento entre os grupos que empregaram a matriz plástica ou a matriz de cápsula de gelatina. Não existiu também, diferença significativa ($p>0,05$) na resistência de união ao cisalhamento quando a dentina foi dessecada ou mantida úmida. O uso de múltiplas camadas do sistema adesivo Amalgambond não aumentou a força de união. A resistência de união ao cisalhamento do amálgama (Dispersalloy) à dentina quando utilizado os sistema adesivo Amalgambond Plus, foi de $10,41 \pm 1,47$ MPa.

ÖLMEZ & ULUSU²², em 1995, realizaram um estudo para avaliar a habilidade do sistema adesivo Amalgambond Plus com HPA, em unir uma resina composta (Superlux Molar) e uma liga para amálgama (Alloxy, Fine Cut), à dentina de dentes decíduos. Além disso, o desempenho clínico do material foi avaliado durante 15 meses em preparos mesio-ocluso-distais, restaurados com amálgama e resina composta. Os seguintes parâmetros foram avaliados: adaptação marginal, cáries secundárias, hipersensibilidade pós-operatória e retenção. Cinquenta molares decíduos, hígidos e recém-extraídos, foram incluídos em cilindros plásticos com o

auxílio de resina acrílica ativada quimicamente, e em seguida tiveram as suas superfícies oclusais desgastadas com o auxílio de uma politriz, até expor uma superfície plana em dentina. Em seguida, os dentes foram divididos em dois grupos de 25 dentes cada, e as superfícies dentinárias foram tratadas com o sistema adesivo Amalgambond Plus seguindo as recomendações do fabricante. O grupo 1 recebeu a aplicação da resina composta e o grupo 2 recebeu a aplicação do amálgama de prata. Os materiais foram inseridos em moldes circulares medindo 3 mm de diâmetro, os quais estavam fixados aos dentes com cera pegajosa. As amostras foram armazenadas em água, por 24 horas, e em seguida testadas em tração utilizando um tensômetro Hounsfield, a uma velocidade de 2,8 mm/min. Os valores foram registrados em kg/mm^2 e posteriormente convertidos em MPa. As resistências à tração para a resina e o amálgama foram $6,40 \pm 2,17\text{MPa}$ e $2,95 \pm 0,92\text{MPa}$ respectivamente. Os modos de falha das amostras foram 100% adesivos para o amálgama e 76% adesivo-coesivo e 24% adesivo para a resina composta. Os autores encontraram valores de tração tão baixos quanto 1,27MPa, os quais foram atribuídos às diferenças individuais existentes entre as amostras. Além disso, a técnica de aplicação do material Amalgambond Plus exige vários passos, o que torna o procedimento altamente sensível. Na avaliação clínica, as restaurações de amálgama e resina composta associadas ao Amalgambond Plus, demonstraram excelente adaptação marginal e retenção, sendo que cáries secundárias e hipersensibilidade pós-operatória não foram observadas.

LO et al.¹⁷, em 1995, realizaram um estudo para avaliar a resistência ao cisalhamento da união amálgama de prata-estrutura dental, quando empregados sistemas adesivos e pinos pré-fabricados. Para este propósito, 240 molares humanos foram embutidos com resina epóxica e tiveram os terços coronários removidos para expor uma superfície plana e não retentiva em dentina. As superfícies dentinárias foram lixadas e lavadas, e as amostras foram divididas aleatoriamente dentro de 24 grupos de 10 amostras cada. Cento e vinte amostras receberam orifícios paralelos com 1,5 mm de profundidade, nos quais foram inseridos pinos auto-rosqueáveis tipo Minikin (Coltene/Whaledent). As superfícies das 120 amostras restantes não receberam nenhum tipo de retenção adicional. Seis diferentes materiais foram selecionados para o estudo: (1) Verniz copal (Copalite); (2) Amalgambond (Parkell); (3) All-bond (Bisco); (4) Amalgambond com HPA (Parkell); (5) Panavia Ex (J. Morita); e (6) Photobond (J. Morita) com Panavia (J. Morita). Todos os materiais foram manipulados e aplicados à superfície dentinária de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes. Em seguida, um molde circular possuindo um orifício central medindo 4,2 mm de diâmetro e 3,0 mm de altura, foi posicionado sobre as superfícies dentinárias. Posteriormente, o amálgama de prata fornecido em cápsulas pré-dosadas Dispersalloy (Johnson & Johnson), foi triturado e condensado manualmente no interior dos moldes. As amostras foram então imersas em solução salina e armazenadas em estufa a 37° C, por 7 ou 30 dias antes do teste. Após o período de armazenagem, as amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento em uma máquina de teste universal Instron, a uma velocidade de 0,5 mm/min. O sistema adesivo Amalgambond com HPA apresentou os maiores

valores de resistência de união ao cisalhamento (8,61 a 8,70 MPa). A associação entre os pinos e os sistemas adesivos não contribuiu significativamente para aumentar a resistência de união ao cisalhamento, exceto quando foi empregado o material Amalgambond com HPA.

IMBERY et al.¹⁴, em 1995, realizaram um estudo para comparar a resistência à fratura de restaurações complexas em amálgama de prata, retidas através de uma das seguintes formas: Amalgambond (Parkell); Amalgambond Plus (Parkell); quatro ou seis pinos auto-rosqueáveis TMS (Coltene/Whaledent); e quatro pinos auto-rosqueáveis TMS em combinação com Amalgambond. Foi também objetivo do estudo avaliar o efeito do período de armazenagem em água sobre a resistência de união dos sistemas adesivos estudados. Oitenta e quatro molares humanos não irrompidos e recém-extraídos, foram incluídos em acrílico através de suas raízes, e a porção coronária foi desgastada até expor uma superfície plana em dentina a 2 mm da junção cimento-esmalte. Posteriormente, os dentes foram aleatoriamente distribuídos em 7 grupos de 12 dentes cada, os quais foram designados para um tipo de tratamento em particular: Grupo A: Amalgambond com armazenagem por 3 meses; Grupo B: Amalgambond com armazenagem por 6 meses; Grupo C: Amalgambond Plus com armazenagem por 3 meses; Grupo D: Amalgambond Plus com armazenagem por 6 meses; Grupo E: Quatro pinos auto-rosqueáveis TMS e armazenagem por 6 meses; Grupo F: Seis pinos auto-rosqueáveis TMS com armazenagem por 6 meses; Grupo G: Quatro pinos auto-rosqueáveis TMS associados ao Amalgambond e armazenagem por 6 meses. Uma matriz de cobre foi

adaptada ao redor de cada dente com o auxílio de godiva e as superfícies dentinárias receberam um dos tratamentos seguindo as recomendações de cada fabricante. Posteriormente, a liga para amálgama Dispersalloy (Caulk) foi triturada e condensada mecanicamente no interior das matrizes de cobre. Antes do teste, todas as amostras foram termocicladas 1.250 vezes entre 6° C e 60° C. Posteriormente, as amostras foram fixadas à um máquina de teste universal Instron, e uma carga em 45° em relação ao longo eixo do dente foi aplicada às restaurações, à uma velocidade de 1mm/min. A carga requerida para a falha foi registrada em Newtons, e os dados foram submetidos à análise estatística. As restaurações retidas com Amalgambond foram significativamente mais fracas que aquelas retidas com Amalgambond Plus, quatro ou seis pinos TMS, e 4 pinos TMS em conjunção com Amalgambond. O sistema adesivo Amalgambond Plus forneceu tanta resistência quanto quatro ou seis pinos TMS. A maior resistência foi alcançada quando pinos TMS e Amalgambond foram combinados. A armazenagem em água não afetou significativamente a resistência de união de restaurações retidas com Amalgambond ou Amalgambond Plus.

Ainda em 1995, **IMBERY et al.**¹⁵, realizaram um estudo para comparar a resistência à fratura de restaurações complexas em amálgama de prata retidas através de uma das seguintes formas: quatro pinos auto-rosqueáveis TMS (Coltene/Whaledent); quatro “amalgapins”; Amalgambond (Parkell); ou quatro “amalgapins” associados ao Amalgambond. Sessenta molares humanos não irrompidos e recém-extraídos, foram incluídos em acrílico através de suas raízes, e a porção coronária foi desgastada até

expor uma superfície plana em dentina a 2 mm da junção cimento-esmalte. Posteriormente, os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de 15 dentes cada, os quais foram designados para um dos tratamentos propostos. O grupo A recebeu quatro pinos auto-rosqueáveis TMS, os quais foram colocados em orifícios de 2 mm de profundidade e situados a 1 mm da junção amelo-dentinária. O grupo B recebeu quatro “amalgapins” com 2 mm de profundidade e situados a 1mm da junção amelo-dentinária. Os orifícios para os “amalgapins” foram confeccionados em alta velocidade de rotação com uma broca carbide nº 330. Uma broca esférica nº 4 foi utilizada para confeccionar um bisel na entrada dos orifícios para fornecer corpo ao amálgama. O grupo C recebeu somente a aplicação de Amalgambond e o Grupo D recebeu quatro “amalgapins” associados ao Amalgambond. Uma matriz de cobre foi adaptada ao redor de cada dente com o auxílio de godiva e em seguida, uma liga para amálgama (Dispersalloy), foi triturada e condensada mecanicamente. As amostras foram armazenadas por 60 dias em água destilada e posteriormente submetidas a 1000 ciclos térmicos entre 5° C e 55° C. Em seguida, as amostras foram fixadas à um máquina de teste universal Instron, e uma carga em 45° em relação ao longo eixo do dente foi aplicada às restaurações, a uma velocidade de 1mm/min. A carga requerida para a falha foi registrada em Newtons, e os dados foram submetidos à análise estatística. Os resultados mostraram que Amalgambond (1.834 N), quatro “amalgapins” (1597 N), e quatro “amalgapins” associados ao Amalgambond (1818 N), foram mais resistentes que quatro pinos rosqueáveis TMS (1259 N).

Segundo **MAHLER et al.**¹⁸ (1996), a possibilidade de unir restaurações de amálgama à estrutura dental utilizando sistemas adesivos, tem chamado a atenção dos clínicos. Ainda, segundo o autor, esse tipo de associação traria vantagens como: diminuição das fraturas de cúspide como resultado do fortalecimento da estrutura dental, e redução da sensibilidade pós-operatória como resultado do selamento dos túbulos dentinários.

BURGESS et al.², em 1997, avaliaram a resistência à fratura de restaurações complexas em amálgama de prata, retidas através de um dos seguintes meios: o sistema adesivo Amalgambond Plus (Parkell), pinos auto-rosqueáveis TMS (Coltene/Whaledent), ou a associação entre os pinos auto-rosqueáveis e o Amalgambond Plus. Trinta terceiros molares humanos extraídos, foram incluídos em acrílico através das suas raízes e tiveram as porções oclusais desgastadas até expor uma superfície plana em dentina a 2 mm da junção cimento-esmalte. Posteriormente, os dentes foram divididos em três grupos de dez dentes cada, os quais foram designados para um dos três tratamentos propostos. Os grupos 1 e 2 receberam quatro pinos auto-rosqueáveis TMS, os quais foram inseridos em orifícios de 2mm de profundidade e situados a 0,5 mm da junção amelo-dentinária. No grupo 1, duas camadas de verniz copal (Cooley & Cooley) foram aplicadas antes da inserção dos pinos. Nos Grupos 2 e 3, o sistema adesivo Amalgambond Plus foi aplicado de acordo com as instruções do fabricante, antes do amálgama ser condensado. Após estes procedimentos, uma fita matriz de cobre foi colocada e estabilizada com godiva ao redor de cada dente e em seguida, uma liga para

amalgama (Tytin) foi triturada mecanicamente e condensada manualmente em cada preparo. Dez minutos após a condensação, a matriz de cobre foi removida e as amostras foram submetidas a 2.500 ciclos térmico entre 6° C e 60° C, e posteriormente armazenadas em água destilada por 1 mês, até o início do teste. Em seguida, as amostras foram fixadas a uma máquina de teste universal Instron, e uma carga em 45° em relação ao longo eixo do dente foi aplicada às restaurações, a uma velocidade de 5mm/min. A carga requerida para a falha foi registrada em Newtons, e os dados foram submetidos à análise estatística. As amostras com 4 pinos em conjunção com o Amalgambond Plus (Grupo 2), apresentaram resistência à fratura significativamente maior que os outros dois grupos ($p < 0,05$). A resistência à fratura das amostras que utilizaram somente 4 pinos auto-rosqueáveis (Grupo 1), e das amostras que utilizaram somente o sistema adesivo Amalgambond Plus (Grupo 3), não foram significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Em 1997, **DIEFENDERFER & REINHARDT⁶**, realizaram um estudo para comparar a resistência de união ao cisalhamento de várias combinações entre duas ligas para amalgama e cinco sistemas adesivos. Para isso, cem molares humanos hígidos e recém-extraídos, foram limpos e armazenados em água destilada até o início do experimento. Duas ligas para amalgama com alto conteúdo de cobre foram selecionadas para este estudo: Tytin (Sybron/Kerr), a qual é composta de partículas esféricas; e Dispersalloy (Caulk/Dentsply), a qual é uma liga de fase dispersa. Os sistemas adesivos selecionados foram: (1) All-Bond (Bisco), (2) Amalgambond Plus (Parkell), (3) Amalgambond Plus com HPA (Parkell), (4) Optibond (Sybron/Kerr), e (5)

Resinomer (Bisco). Os dentes foram incluídos em anéis fenólicos com resina acrílica auto-polimerizável, e tiveram as superfícies oclusais desgastadas com lixas d'água de granulação 240, 400 e 600, até expor uma superfície plana em dentina. Em seguida, os dentes foram divididos em 10 grupos de dez dentes cada, os quais foram designados para uma das combinações amálgama/adesivo. Após a manipulação e aplicação dos sistemas adesivos de acordo com as instruções dos fabricantes, um molde de teflon bipartido medindo 3 mm de altura por 2 mm de diâmetro, foi adaptado à superfície dentinária. Em seguida, as ligas para amálgama foram trituradas mecanicamente de acordo com as instruções dos fabricantes e condensadas manualmente no interior dos moldes. Os moldes de teflon foram removidos após o período de 15 minutos para a liga Tytin, e 30 minutos para a liga Dispersalloy. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em água destilada a 37° C, pelo período de 7 a 10 dias, submetidas a 300 ciclos térmicos entre 5° ± 5° C e 50° ± 5° C, e armazenadas em água destilada a 37° C, por 36 horas. Após estes procedimentos, as amostras foram submetidas ao ensaio de cisalhamento em uma máquina para teste de materiais Zwick, a uma velocidade de 5mm/min. Os valores obtidos foram registrados em MPa, e os modos de falha foram avaliados com o auxílio de uma lupa estereoscópica. A combinação Tytin/Optibond produziu a mais alta resistência de união ao cisalhamento (14,17 MPa), enquanto a combinação Dispersalloy/Amalgambond Plus produziu a mais baixa (3,89 MPa). Em geral, os sistemas adesivos que contêm carga (Amalgambond Plus com HPA, Optibond e Resinomer) produziram resistências de união ao cisalhamento mais altas que os sistemas adesivos sem carga (All Bond 2, Amalgambond Plus). Adicionalmente, para

quatro dos cinco adesivos estudados, as resistências de união ao cisalhamento foram mais altas com Tytin que com Dispersalloy, embora as diferenças fossem estatisticamente significantes em somente dois grupos.

WINKLER et al.³⁴, em 1997, realizaram um estudo para avaliar se o modo de ativação e a presença de carga nas resinas adesivas influenciaria na resistência de união dos agentes adesivos para amálgama, quando utilizados em preparos tipo classe V. Para isso, foram empregados os seguintes sistemas adesivos: uma resina ativada quimicamente e sem a presença de carga (Clearfil New Bond, Kuraray); uma resina ativada fisicamente, sem a presença de carga e a possibilidade de ativação química (Clearfil Photo Bond, Kuraray); uma resina ativada fisicamente, com a presença de carga e a possibilidade de ativação química (Clearfil Photo Bond + Protect Liner, Kuraray); uma resina com ativação dupla e sem a presença de carga (All-Bond 2, Bisco); e verniz copal (Copalite, Cooley & Cooley), o qual serviu como controle. Para cada grupo de adesivos, 20 preparos classe V medindo 2,5 mm de profundidade e 3,0 mm de largura, foram confeccionados sobre as superfícies vestibular, lingual ou proximal de molares humanos, os quais foram incluídos em resina acrílica. Após a manipulação e aplicação dos sistemas adesivos de acordo com as instruções dos fabricantes, um prego de ¼ de polegada foi colocado no interior dos preparos, de modo que a sua extremidade mais larga ficasse em contato com a parede pulpar. Em seguida, uma liga para amálgama (Tytin, Kerr), foi triturada mecanicamente e condensada em volta dos pregos, e as amostras assim obtidas foram armazenadas em água destilada a 37° C, por 24 horas. Após este período, as

amostras foram submetidas a 2.500 ciclos térmicos entre 8° C e 48° C, e armazenadas por 1 mês até o início do experimento. Após estes procedimentos, as amostras foram submetidas ao ensaio de tração em uma máquina de teste universal Instron, a uma velocidade de 2 mm/min, até a falha. Os valores assim obtidos foram registrados em kg e submetidos à análise estatística. Adicionalmente, as amostras foram analisadas em microscopia “Confocal” e eletrônica de varredura, com a finalidade de obter as espessuras das camadas de adesivo e correlacionar estes valores aos obtidos no ensaio de tração. Os sistemas adesivos que proporcionaram camadas mais espessas, demonstraram resistências de união significativamente maiores que àqueles onde se evidenciou camadas mais finas.

Ainda em 1997, **RAMOS & PERDIGÃO**²⁴, avaliaram a resistência de união ao cisalhamento entre o amálgama de prata e a dentina, quando dois adesivos de frasco único, cinco adesivos de múltiplos frascos, e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina, foram empregados. O aspecto ultra-morfológico da interface adesiva produzida entre o amálgama e a dentina, foi também objeto de estudo. Oitenta molares humanos hígidos e recém-extraídos, foram incluídos em anéis fenólicos com resina acrílica ativada quimicamente, e em seguida tiveram as superfícies oclusais desgastadas com lixas d’água de granulação 240, 400 e 600, até expor uma superfície plana em dentina. As superfícies dentinária foram tratadas com um dos seguintes sistemas adesivos, seguindo as recomendações dos fabricantes: All-Bond 2 (Bisco), Amalgambond Plus (Parkell), Fuji Duet (GC), One Step/Resinomer (Bisco), Optibond (Kerr), Optibond FL (Kerr), Prime & Bond

2.0/Dyract Cem (Dentsply), Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M). Após estes procedimentos, uma liga para amálgama (Megalloy/Dentsply) foi triturada mecanicamente e condensada manualmente sobre a superfície dentinária, através do orifício central de uma matriz de silicone, a qual estava fixada ao dente com cera pegajosa. Dez minutos após a condensação, procedeu-se a remoção cuidadosa da cera e da matriz, e as amostras foram armazenadas em água destilada à temperatura ambiente, por 24 horas. Após este período, as amostras foram submetidas a 500 ciclos térmicos entre 5° C e 55° C, com um intervalo de 30 segundos entre cada banho. Em seguida, a resistência de união ao cisalhamento foi determinada em uma máquina de ensaio universal Shimadzu, a uma velocidade de 0,5 cm/min, e os valores assim obtidos foram convertidos em MPa e submetidos à análise estatística. Para a visualização das interfaces adesivas, preparos cavitários MO ou OD foram preparados em amostras intactas, as quais foram cicladas termicamente como descrito anteriormente, e seccionadas vestibulo-lingualmente através da interface amálgama-dentina. As secções assim obtidas foram desmineralizadas em HCl 6N, por 30 segundos e desproteinizadas por 10 minutos em NaOCl a 1%, com o objetivo de observar a interdifusão da resina e formação da camada híbrida. Posteriormente, as amostras foram fixadas por 12 horas em 2,5% de glutaraldeído em cacodilato de sódio tamponado em pH 7,4, lavadas por 1 hora em 20ml de cacodilato de sódio 0,2M tamponado em pH 7,4, e imersas em graus ascendentes de etanol. Em seguida, as secções de dentina foram secas por 10 minutos em hexametildisilazano, montadas em suportes e cobertas com ouro-paládio para observação em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram

que Prime & Bond 2.0/Dyract Cem, Amalgambond Plus, e Scotchbond Multi-Purpose Plus resultaram nos maiores valores de resistência de união ao cisalhamento. A observação em microscopia eletrônica de varredura mostrou acúmulo de adesivo abaixo das restaurações de amálgama, e uma interpenetração entre o amálgama e o adesivo, exceto para Optibond e Optibond FL. Todos os sistemas, exceto Fuji Duet, formaram uma zona de interdifusão dentina/resina. Segundo os autores, o tipo e idade do dente, o grau de mineralização dentinária, o tipo de teste (cisalhamento ou tração), o meio de armazenagem e a umidade relativa do ambiente, seriam fatores responsáveis pelo alto desvio-padrão e largas variações ocorridas nos valores dos testes de resistência de união à dentina.

FRITZ & FINGER¹⁰, em 1998, realizaram um estudo com os seguintes objetivos: (1) avaliar a resistência de união ao cisalhamento entre o amálgama e a dentina; (2) avaliar a o efeito do 4-META como um componente das resinas adesivas indicadas para união entre o amálgama e a dentina; e (3) avaliar o papel da quantidade de resina não polimerizada disponível para mistura com o amálgama durante a condensação. Adicionalmente, uma liga para amálgama esférica (Tytin/Kerr) e uma de fase dispersa (Dispersalloy/Dentsply), foram utilizadas no estudo para avaliar o efeito da composição sobre a adaptação marginal. A resistência de união ao cisalhamento foi avaliada utilizando os seguintes sistemas adesivos: Amalgambond Plus (Parkell); All-Bond 2 (Bisco); um adesivo experimental de frasco único baseado em acetona, contendo UDMA, HEMA e 4-META (EX1); o adesivo EX1 em combinação com uma resina de ativação dupla (EX2); e o adesivo EX1 sem o

componente 4-META (EX3). Para isso, 25 molares humanos hígidos e recém-extraídos, foram incluídos em resina epóxica de modo que uma das faces proximais ficasse exposta. Em seguida, as amostras foram desgastadas até expor uma superfície plana em dentina suficientemente larga para receber um cilindro de amálgama com 3,5 mm de diâmetro. Após este procedimento, os sistemas adesivos foram manipulados e aplicados sobre as superfícies dentinárias. Posteriormente, uma liga para amálgama (Dispersalloy) foi triturada mecanicamente e condensada manualmente no interior de moldes bipartidos de teflon (3,5 mm de diâmetro por 2 mm de altura), os quais estavam firmemente adaptados às superfícies dentinárias. As amostras foram armazenadas por uma hora, em 100% de umidade relativa, e 23° C, antes dos moldes serem removidos. Após este procedimento, as amostras foram armazenadas em água a 37° C, por 23 horas, e em seguida submetidas ao ensaio de cisalhamento a uma velocidade de 1 mm/min., até a falha. As larguras máximas de fenda foram determinadas microscopicamente ao longo das margens de seis cavidades cilíndricas confeccionadas em dentina, possuindo 3,5 mm de largura e 1,5 mm de profundidade. As cavidades foram restauradas com Dispersalloy ou Tytin, em combinação com um dos adesivos testados, e as amostras assim obtidas foram armazenadas por 24 horas em água. A micromorfologia marginal foi avaliada através de microscopia eletrônica de varredura, em uma amostra de cada grupo da combinação Dispersalloy/sistema adesivo. Os resultados do ensaio de cisalhamento mostraram diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$), entre o adesivo EX3 e os 4 demais adesivos testados. Segundo os autores, esses resultados comprovam a hipótese de que o 4-META contribui para a retenção através da interação química

com o amálgama. Quando a largura máxima de fenda foi analisada, os grupos restaurados com Tytin se mostraram menos efetivos que àqueles restaurados com Dispersalloy. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos restaurados com a mesma liga para amálgama em conjunção com qualquer um dos adesivos testados. A observação em microscopia eletrônica de varredura demonstrou para cada uma das cinco alternativas, a formação de uma camada híbrida pelo lado da dentina.

DELLA BONNA & SUMMITT⁵, em 1998, avaliaram a carga requerida para fraturar restaurações classe II confeccionadas em cavidades com diferentes tipos de preparo e associadas à sistema adesivo. Para isso, foram utilizados sessenta molares humanos, hígidos e recém-extraídos, os quais foram incluídos em anéis plásticos de modo que as suas coroas ficassem expostas. Em seguida, as amostras foram divididas em cinco grupos de doze dentes cada, os quais foram designados para um tipo de preparo classe II. O grupo 1 recebeu um preparo com extensão oclusal até a fossa central e as amostras do grupo 2 a 5 receberam preparos estritamente proximais ("slot"). No grupo 2 nenhum tipo de retenção adicional foi confeccionada, enquanto que os grupos 3 e 5 receberam canaletas vestibulares e linguais, as quais se estendiam da parede gengival até a face oclusal. As amostras do grupo 4 não receberam retenções adicionais porém apresentavam esmalte proximal sem suporte. Após a confecção dos preparos, as amostras receberam matrizes metálicas e os grupos 1 a 4 foram restaurados com o sistema adesivo Amalgambond (Parkell), sem a adição do HPA, e com a liga para amálgama Valiant (Ivoclar). No grupo 5 não foi

utilizado sistema adesivo. Todos os materiais foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em água, por 24 horas, e submetidas a 1.000 ciclos térmicos entre 6° C e 60° C. Em seguida, a região da crista marginal foi planificada com o auxílio de uma broca nº 557, até a obtenção de uma área medindo 1,0 mm X 1,5 mm. Após este procedimento, as amostras foram posicionadas em uma máquina de teste universal Instron, e uma haste metálica com extremo plano foi utilizada para exercer compressão na porção proximal das restaurações, a uma velocidade de 1mm/min., até que a falha ocorresse. Os resultados obtidos em Newtons foram submetidos à análise estatística, e nenhuma diferença foi encontrada entre qualquer um dos cinco grupos. Nas restaurações estritamente proximais ("slot"), as retenções adicionais proporcionaram resistência ao deslocamento semelhante ao fornecido quando se utilizou somente o Amalgambond. Não houve diferença significativa entre os grupos que empregaram o Amalgambond, independente do tipo de preparo.

6 – PROPOSIÇÃO

6 - PROPOSIÇÃO

Embora os sistemas adesivos compostos por monômeros que possuem afinidade a íons metálicos tenham sido responsáveis pelos bons resultados de resistência à fratura entre as restaurações complexas em amálgama de prata e o substrato dentinário, o procedimento técnico restaurador que une a liga para amálgama de prata e retenções auxiliares tem sido associado também aos sistemas adesivos universais sem afinidade a íons metálicos.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à tração de restaurações em amálgama de prata, associando retenções mecânicas auxiliares em dentina a sistemas adesivos indicados para união com amálgama de prata. Adicionalmente, avaliar a característica morfológica das interfaces sistema adesivo-dentina e sistema adesivo-amálgama de prata.

7 - MATERIAIS E MÉTODO

7 - MATERIAIS E MÉTODO

7.1 - MATERIAIS

Foi utilizado no estudo um sistema adesivo indicado para união a diversos substratos (Scotchbond Multi-Usó Plus), um sistema adesivo específico para união com o amálgama de prata (Amalgambond Plus), e uma liga para amálgama de prata com alto conteúdo de cobre (Permite C). Os materiais utilizados no estudo, fabricantes e lotes, estão dispostos na Tabela 1. A composição dos sistemas adesivos está descrita na Tabela 2.

Tabela 1. Materiais utilizados no estudo, fabricantes e lotes.

Material	Fabricante	Lote
Amalgambond Plus	Parkell, Farmingdale, NY, USA	S370
Scotchbond Multi-Usó Plus	3M Dental Products Division, St. Paul, MN, USA	6EL
Permite C	Southern Dental Industries, Australia	708373

Tabela 2. Descrição dos sistemas adesivos utilizados no estudo.

Sistema adesivo	Condicionador	“Primer”	Adesivo
*Amalgambond Plus	ácido cítrico a 10% + cloreto férrico a 3%	35% HEMA, água	Base: 4-META, MMA Catalisador: tri-n-butil borano Pó HPA: PMMA
**Scotchbond Multi- Uso Plus	ácido fosfórico a 35%	Ativador: sal do ácido sulfinico, etanol, fotoiniciador Primer: HEMA, ácido policarboxílico, água	Catalisador: Bis-GMA, HEMA, hexafluorofosfato, iniciador químico Adesivo: Bis-GMA, HEMA, hexafluorofosfato, fotoiniciador

* Informações do fabricante (bula)

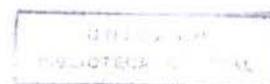
** Perfil técnico do produto (3M)

7.2 - MÉTODO

7.2.1 - Preparação das amostras

Foram utilizados neste estudo, 50 terceiros molares humanos hígidos e recém-extraídos. Os dentes foram submetidos à profilaxia utilizando uma pasta constituída de pedra-pomes e água a qual foi aplicada ao dente através de uma escova tipo pincel, em baixa velocidade de rotação. Após o procedimento de profilaxia, os dentes foram armazenados em soro fisiológico à temperatura ambiente, até o início do experimento.

Os dentes foram incluídos com resina acrílica ativada quimicamente (Clássico, Artigos Odontológicos Ltda.) em cilindros plásticos, com 20mm de diâmetro externo por 20mm de altura, com a face oclusal exposta e projetada 3,0mm além da borda do cilindro plástico.



7.2.2 - Preparação da superfície das amostras

Os cinquenta dentes embutidos com resina acrílica nos cilindros plásticos (amostras), foram posicionados individualmente na região central de uma base metálica circular medindo 20,5 mm de diâmetro interno por 75,0 mm de diâmetro externo por 29,0 mm de altura. A inserção da amostra foi feita até que a borda superior do cilindro plástico ficasse paralela à superfície da base metálica e a face oclusal do dente projetada além das bordas justapostas. Para garantir esse posicionamento, a amostra foi fixada à base metálica por meio de um parafuso inserido numa das faces laterais da base metálica (Figura 1).

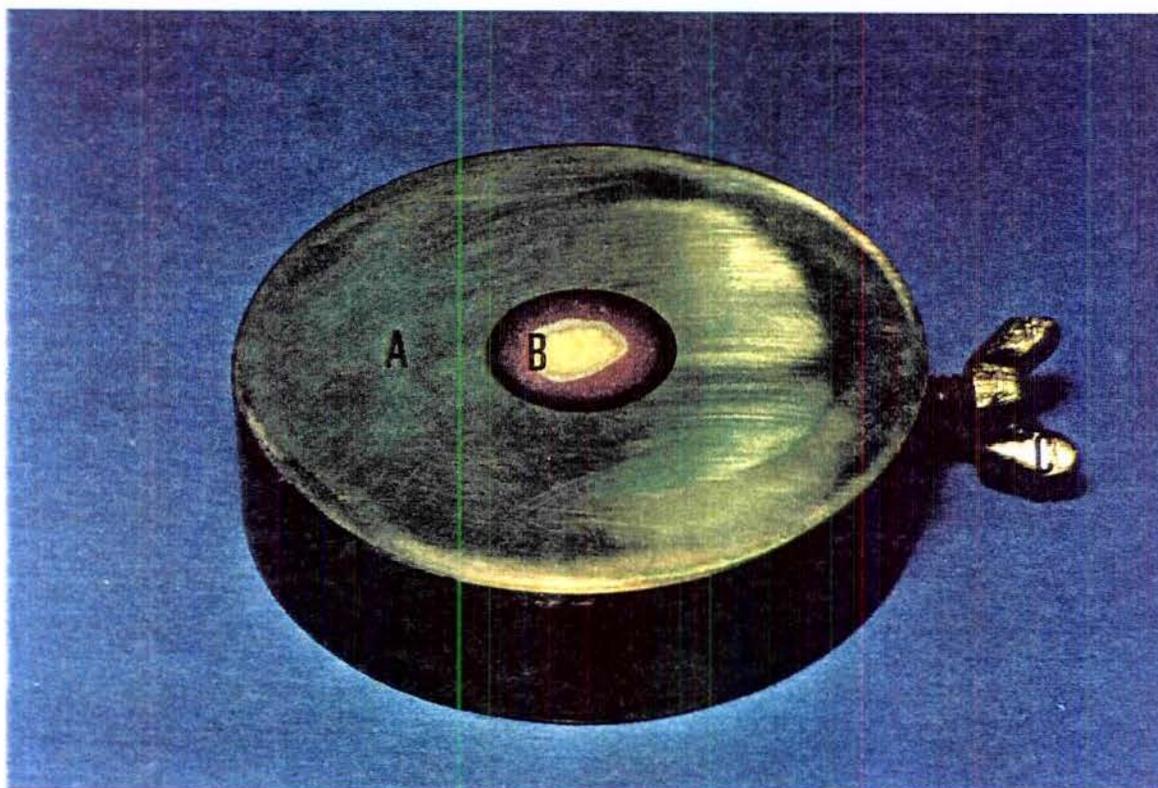


Figura 1 - Amostra posicionada na base metálica para o procedimento de desgaste. (A) base metálica; (B) amostra, (C) parafuso lateral para fixação da amostra.

Em seguida, com o auxílio de uma politriz horizontal (Arotec S.A. Indústria e Comércio) e lixas d'água de granulação número 220 e 400 (Carborundum Abrasivos Ltda.), a superfície foi reduzida cuidadosamente sob refrigeração à água para prover uma superfície plana em dentina. Após este procedimento, as superfícies das amostras foram examinadas em uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss, Alemanha) para assegurar que restos de esmalte não tivessem permanecido na região delimitada pela junção amelo-dentinária. Após este passo, as amostras foram divididas aleatoriamente em cinco grupos de dez dentes cada, de acordo com a forma de retenção empregada (Tabela 3).

Tabela 3. Grupos experimentais e forma de retenção

Grupo	Forma de retenção
A (Pin)	Quatro "amalgapins"
B (SBMUP)	Scotchbond Multi-Uso Plus
C (AMB)	Amalgambond Plus
D (Pin + SBMUP)	Quatro "amalgapins" + Scotchbond Multi-Uso Plus
E (Pin + AMB)	Quatro "amalgapins" + Amalgambond Plus

7.2.3 - Confeção dos orifícios em dentina (“Amalgapins”)

As amostras dos grupos A, D e E receberam quatro orifícios confeccionados em dentina com 2,0 mm de profundidade, 1,0 mm de largura, distantes no mínimo 1,0 mm da junção amelo-dentinária e situados nas extremidades correspondentes às regiões méso-vestibular, méso-lingual, disto-vestibular e disto-lingual (Figura 2). Todos os orifícios estavam restritos à uma área circular com 6,0 mm de diâmetro. Para a confecção dos orifícios, um guia plástico de forma circular possuindo quatro perfurações de 1,0 mm de diâmetro cada, foi posicionado sobre a superfície dentinária (Figura 3), e as regiões correspondentes às perfurações foram demarcadas com grafite. No lado vestibular as perfurações distavam 3,0 mm entre si, no lado lingual distavam 2,0 mm entre si, e as duas perfurações vestibulares estavam a 3,0 mm das perfurações linguais (Figura 4). Para a confecção dos orifícios, foi utilizada broca de carbeto de tungstênio nº 330 (SS White) montada em uma turbina de alta rotação (Roll Air 2, Kavo do Brasil), que por sua vez foi fixada a um dispositivo que permitia a movimentação tanto no sentido horizontal quanto vertical, possibilitando assim a obtenção de paralelismo entre os orifícios (Figura 5). A broca foi posicionada sob a região previamente demarcada para em seguida, sob intensa refrigeração ar - água e alta velocidade de rotação, ser abaixada lentamente até que penetrasse 2,0 mm além da superfície de dentina, profundidade esta determinada pelo comprimento da ponta ativa da broca (Figura 6).

Posteriormente, com uma broca de carbeto de tungstênio nº 4 (SS White) montada no mesmo dispositivo descrito anteriormente, foi confeccionado um bisel na entrada dos orifícios, sob intensa refrigeração ar-água (Figura 7). As brocas

utilizadas foram substituídas por novas a cada duas amostras. Após os procedimentos acima descritos, todos os dentes foram levados a um aparelho de banho ultrassônico (Thornton, Unique Indústria e Comércio), para limpeza por 5 minutos em água destilada de possíveis resíduos.

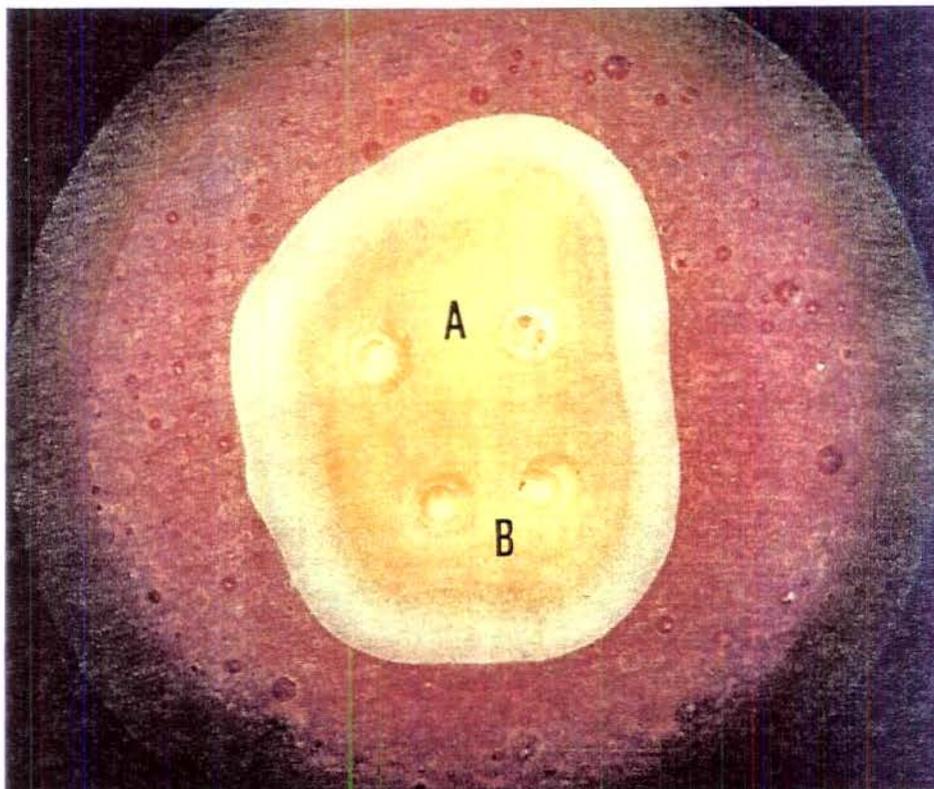


Figura 2 – Orifícios confeccionados na dentina (“amalgapins”). (A) orifícios vestibulares; (B) orifícios linguais.

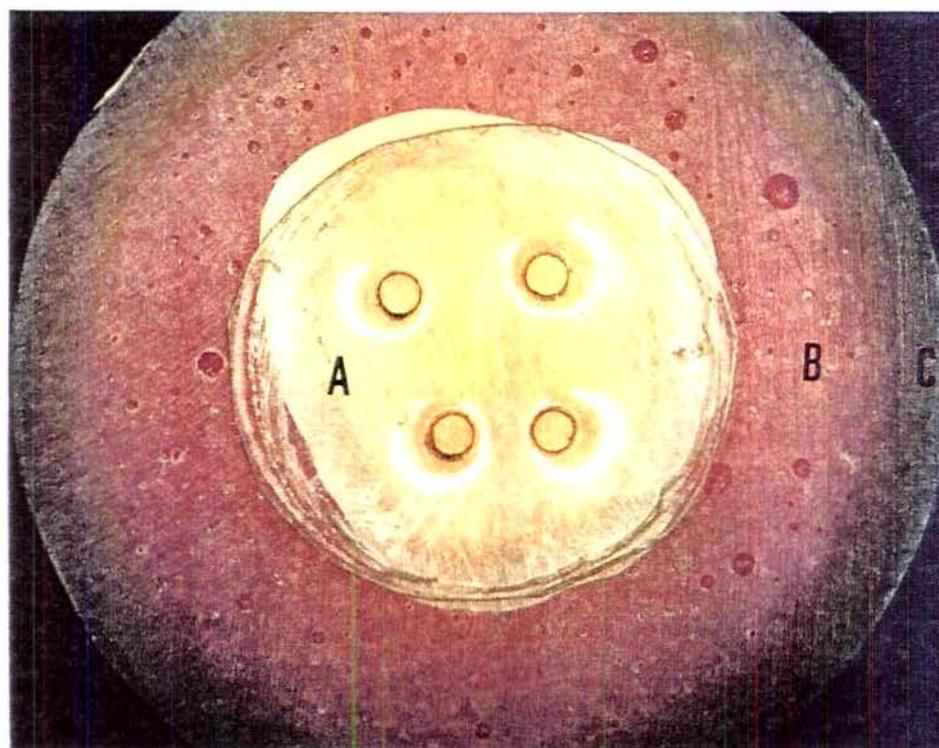


Figura 3 – Guia plástico posicionado sobre a superfície dentinária para demarcar os orifícios. (A) guia plástico (B) resina acrílica; (C) cilindro de plástico.

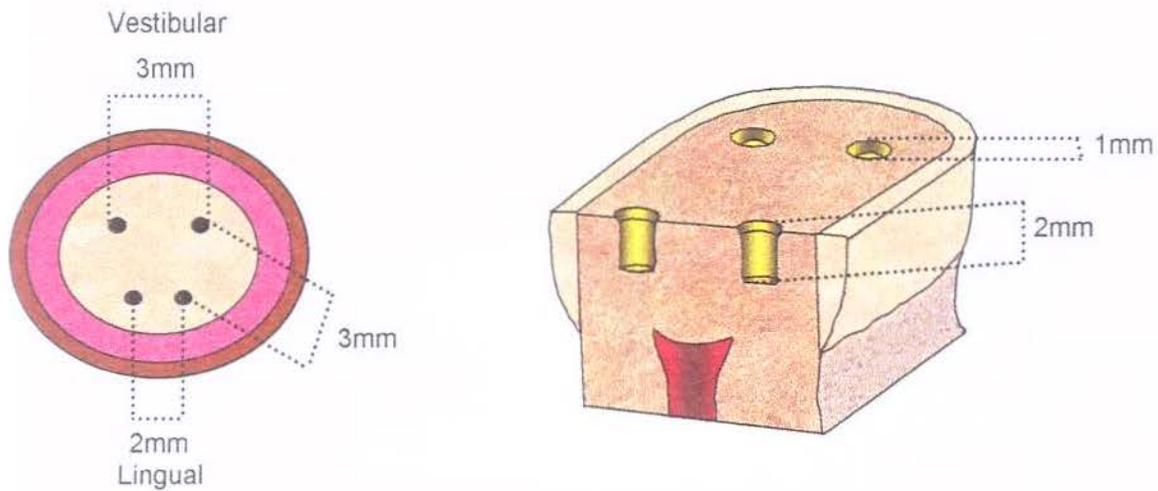


Figura 4 – Desenho esquemático dos orifícios confeccionados em dentina com suas respectivas dimensões e distâncias.

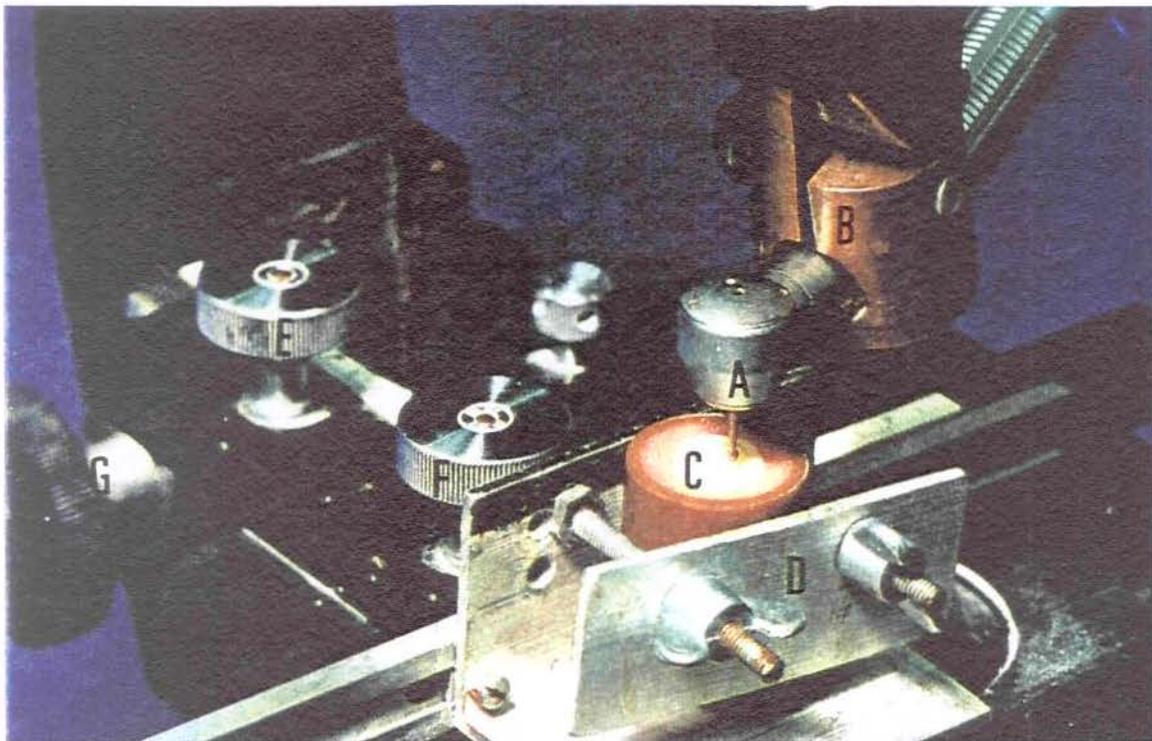


Figura 5 – Dispositivo utilizado para confecção dos orifícios em dentina. (A) turbina de alta rotação com a broca acoplada; (B) dispositivo para fixação da turbina de alta rotação; (C) amostra; (D) dispositivo para fixação da amostra; (E) parafuso para deslocamento da amostra no sentido ântero-posterior; (F) parafuso para deslocamento da amostra no sentido látero-lateral; (G) parafuso para movimentação da turbina de alta rotação no sentido vertical.

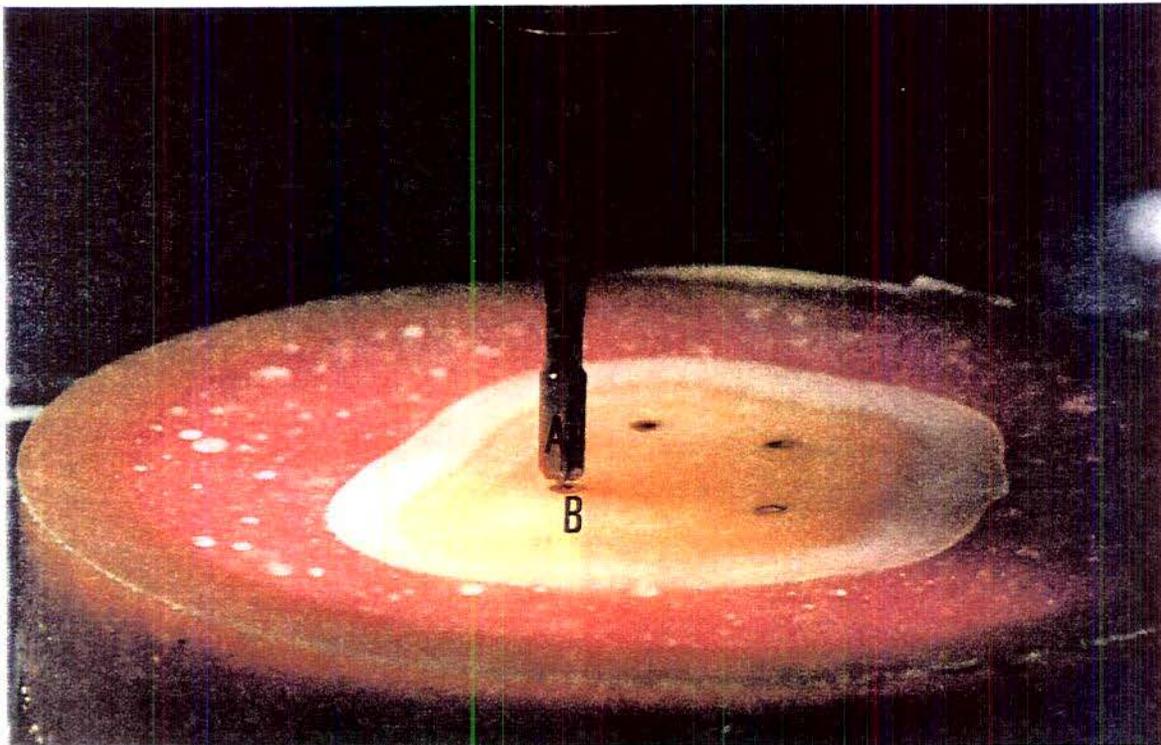


Figura 6 – Broca carbide nº 330 posicionada sobre as marcações para confecção dos orifícios em dentina. (A) broca; (B) marcação com grafite na superfície dentinária

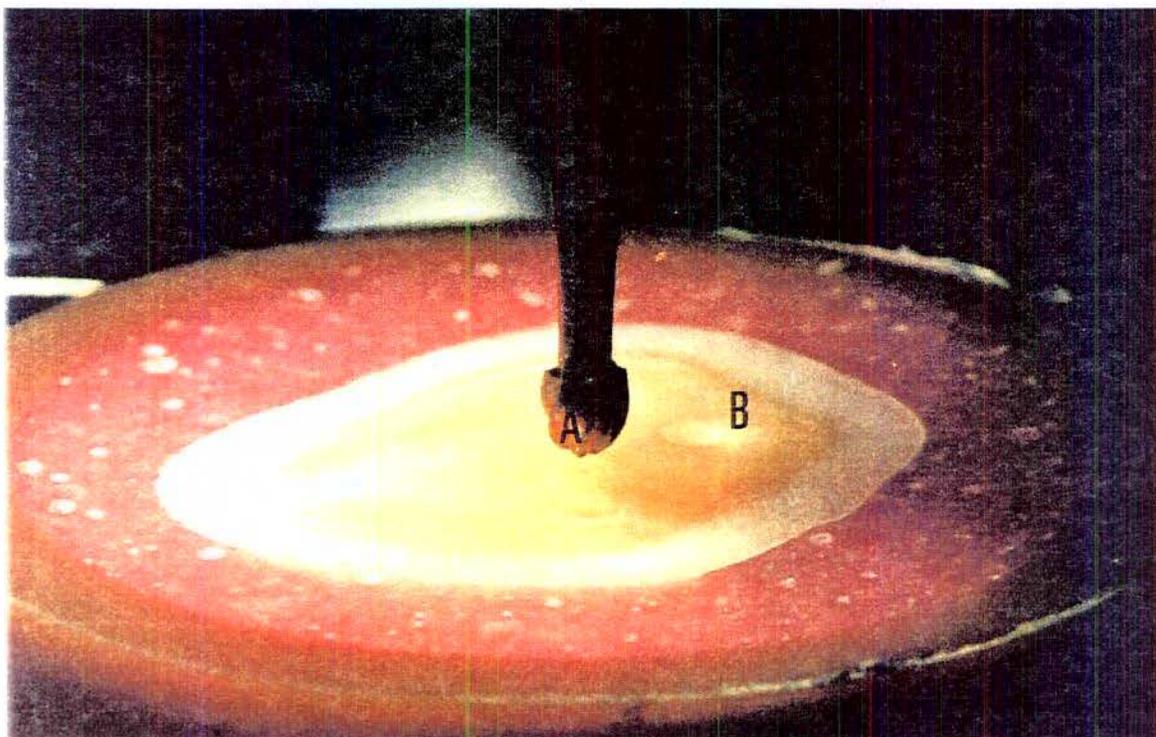


Figura 7 – Broca carbide nº 4 posicionada para confecção do bisel na embocadura dos orifícios. (A) broca; (B) orifício confeccionado na dentina.

7.2.4 - Preparação dos corpos-de-prova para o ensaio de tração

Após a preparação da superfície dental, uma fita adesiva (Contact) circular com um orifício central medindo 6,0 mm em diâmetro, foi aderida sobre a superfície de dentina com a finalidade de delimitar a área onde se efetuará a união dentina-material restaurador (Figura 8). Em seguida, as amostras dos grupos B, C, D e E, tiveram as superfícies dentinárias tratadas com os sistemas adesivos conforme a divisão descrita na Tabela 3. Após o condicionamento ácido de acordo com as recomendações dos fabricantes, as superfícies dentinárias foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma seringa tríplice, e secas com bolinhas de algodão hidrófilas, tomando-se o cuidado de não dessecar a dentina. Exceção foi feita as amostras que receberam a aplicação do material Amalgambond Plus, o qual recomenda a secagem completa da superfície dentinária com jatos de ar. Após os procedimentos de condicionamento ácido, as amostras foram posicionadas individualmente na porção inferior de um dispositivo metálico com diâmetro interno de 20,5 mm (Figura 9, B). A inserção da amostra foi feita até que a superfície plana do dente incluído em resina acrílica ficasse paralela à margem superior do dispositivo metálico, sendo mantida em posição por meio de um parafuso inserido em uma das faces laterais (Figura 9, C). Este conjunto foi fixado junto à uma haste metálica, fixada previamente à bancada de trabalho através de parafuso (Figura 9, D). No passo seguinte os sistemas adesivos foram aplicados à superfície dentinária, inclusive no interior dos orifícios, seguindo as recomendações dos fabricantes. Os procedimentos para manipulação e aplicação dos sistemas adesivos estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Seqüência de manipulação e aplicação para os materiais Amalgambond Plus e Scotchbond Multi-Usó Plus.

Amalgambond Plus	Scotchbond Multi-Usó Plus
Aplicar o condicionador sobre a dentina e deixar por 10 segundos. Lavar e secar.	Aplicar o condicionador sobre a dentina e deixar por 15 segundos. Lavar por 15 segundos e secar levemente com o cuidado de deixar a dentina úmida.
Aplicar o agente adesivo e secar levemente para deixar uma camada fina. Deixar sem perturbar por 30 segundos.	Aplicar o Activator sobre a dentina e secar levemente por 5 segundos. Em seguida, aplicar o primer sobre a dentina e secar levemente por 5 segundos.
Misturar a base (3 gotas), o catalisador (1gota), e o pó HPA (1 medida) e aplicar uma fina camada sobre a dentina.	Misturar o catalisador (1gota) e o adesivo (1 gota) e aplicar uma fina camada sobre a dentina.
Condensar o amálgama imediatamente enquanto o material ainda não está completamente polimerizado.	Condensar o amálgama imediatamente enquanto o material ainda não está completamente polimerizado.

Posteriormente, uma matriz circular de teflon com 20,5 mm de diâmetro externo (Figura 10, A), foi posicionada e fixada por meio de um parafuso lateral (Figura 10, E) na porção superior da matriz metálica (Figura 10, C). O conjunto matriz de teflon - porção superior da matriz metálica, foi posicionado sobre a porção inferior da matriz metálica, e fixado à este por meio de dois parafusos (Figura 10, D). A região central da matriz circular de teflon possuía um orifício em forma de um tronco de cone com 5,0mm de altura, base maior medindo 10,0 mm de diâmetro e base menor medindo 6,0 mm de diâmetro a qual estava voltada para a superfície de dentina e coincidindo exatamente com a área delimitada pela fita adesiva (Figura 11).

Esta justaposição era possível em função de pequenas movimentações permitidas na matriz de teflon, através da liberação de parafusos laterais (Figura 11, E) . Após os procedimentos acima descritos, a liga para amálgama de prata foi triturada em um amalgamador mecânico (Ultramat 2, SDI), inserida no interior da matriz com o auxílio de um porta amálgama (JON). Nas amostras onde foram confeccionados os orifícios em dentina (Grupos A, D e E), o amálgama foi condensado no interior destes com o auxílio de um condensador de Hollembach nº 1 (Mocar). Em todos os grupos, o término da condensação foi realizado com um condensador de Ward nº 2 (Duflex), até que a matriz de teflon fosse preenchida até 3mm da sua altura. Dez minutos após o término da condensação do amálgama, os parafusos laterais da matriz metálica foram liberados, permitindo assim a remoção do conjunto amostra - matriz de teflon (corpo-de-prova) (Figura 12). Logo após a confecção, os corpos-de-prova foram armazenados a 37° C e 100% de umidade relativa em estufa (Fanem Ltda.), durante 01 hora, e em seguida armazenados por 23 horas, em água destilada a 37° C, até o início do teste. Após este procedimento, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração em uma máquina de ensaio universal Instron (Instron Corporation, Canton, MA), a uma velocidade de 1,0mm por minuto. Para a realização do teste, uma garra metálica possuindo um rolamento axial, foi fixada ao corpo-de-prova, através de um rebaixo confeccionado na porção inferior da matriz de teflon (Figura 13). A fixação na região inferior do corpo-de-prova foi realizada através de uma haste metálica, a qual era atravessada em um orifício confeccionado transversalmente na base do cilindro de PVC, com uma broca de aço, logo após a

inclusão dos dentes (Figura 13). A resistência à tração foi calculada pela seguinte fórmula:

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

onde, R_t é a resistência à tração; F , a força aplicada; e A , a área de união.

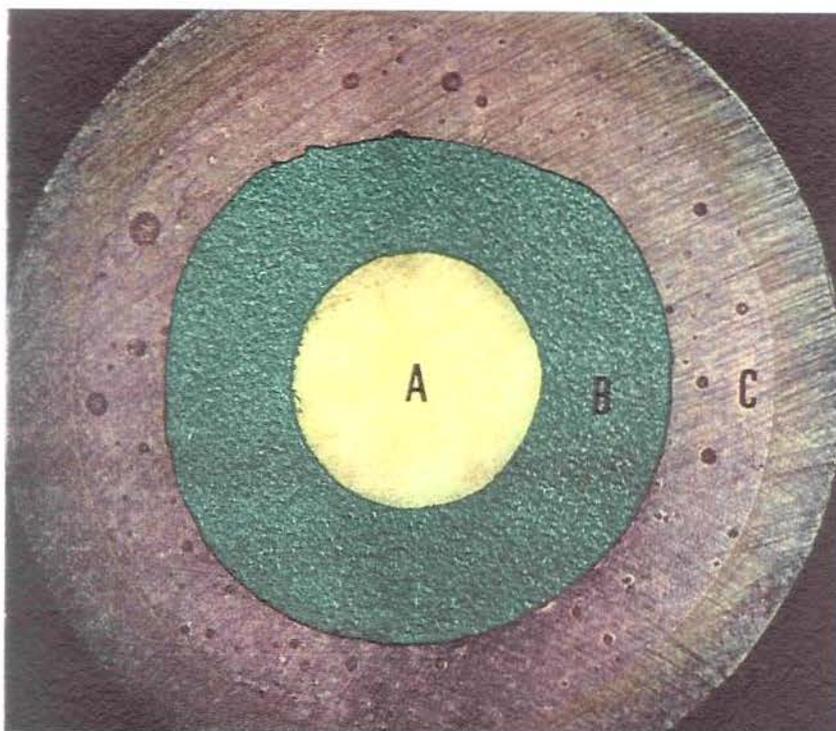


Figura 8 - Área da superfície dental (A) delimitada pela fita adesiva (B) no cilindro de plástico preenchido com resina acrílica ativada quimicamente (C).

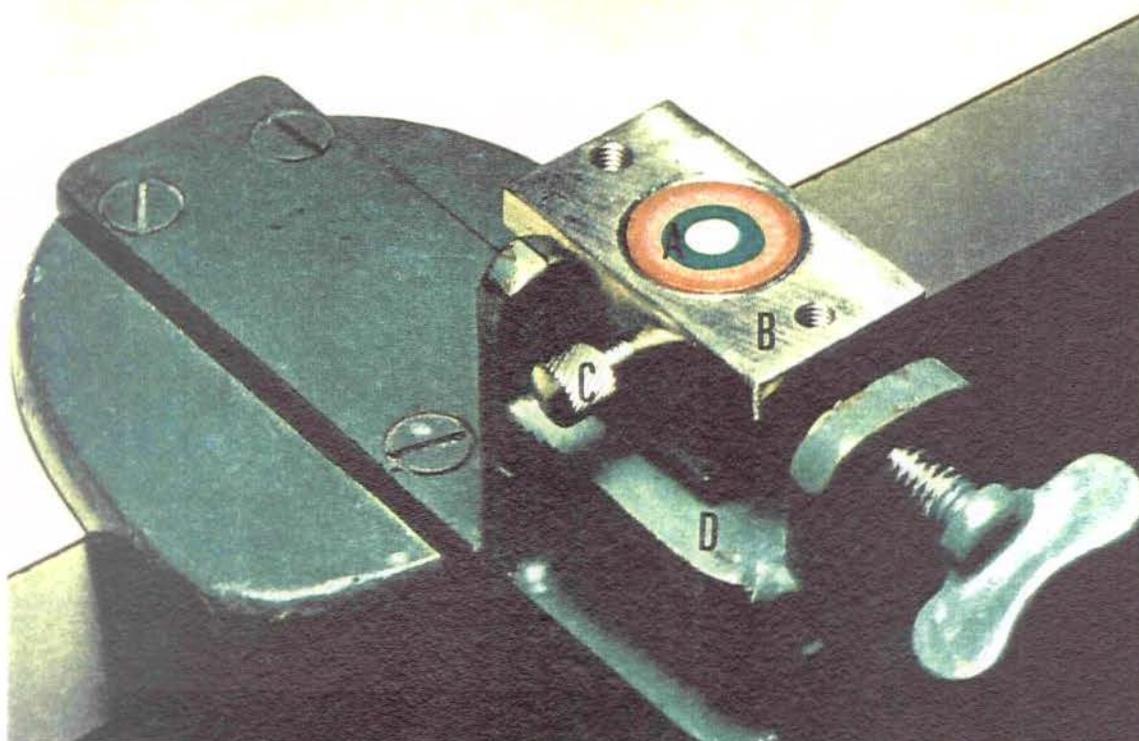


Figura 9 - Amostra e porção inferior do dispositivo metálico fixados à haste metálica presa à bancada de trabalho. (A) amostra; (B) porção inferior do dispositivo metálico; (C) parafuso para fixação da amostra; (D) haste metálica.

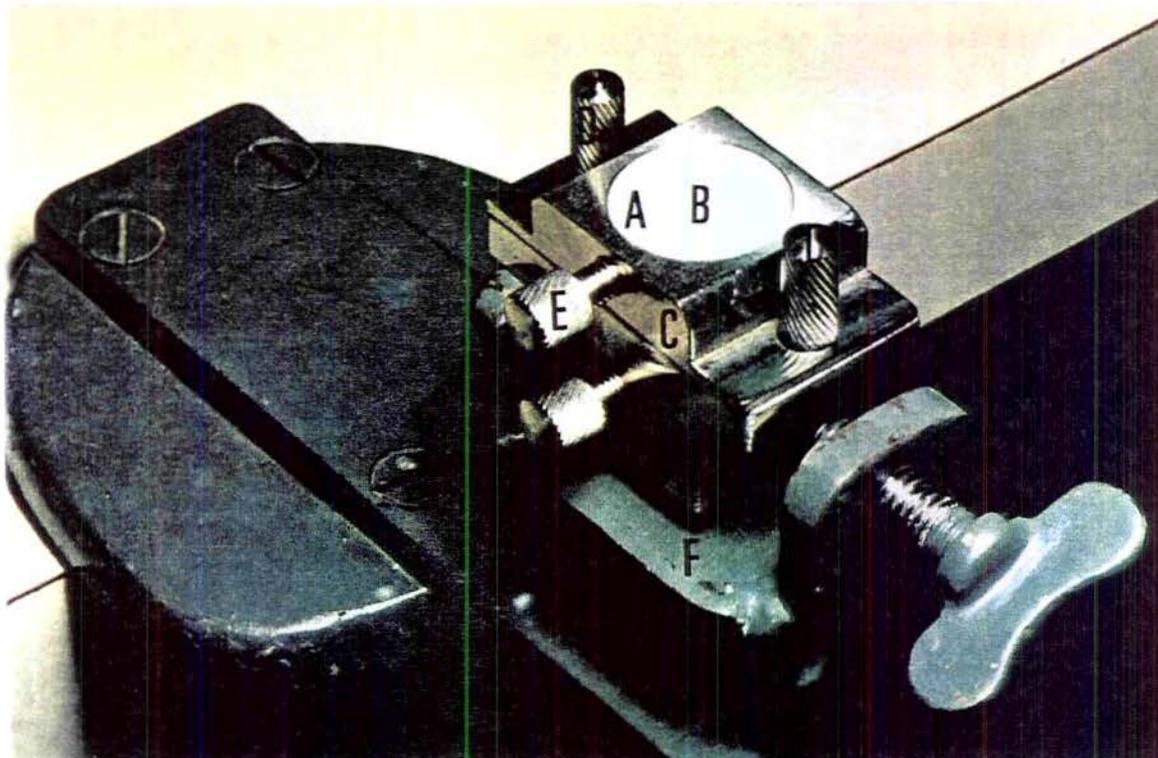


Figura 10 - Posicionamento da matriz de teflon na porção superior do dispositivo metálico e fixação do conjunto à porção inferior do dispositivo metálico. (A) matriz de teflon; (B) orifício na matriz de teflon; (C) porção superior do dispositivo metálico; (D) parafusos para fixação da porção superior e inferior do dispositivo metálico; (E) parafuso para fixação da matriz de teflon; (F) haste metálica.

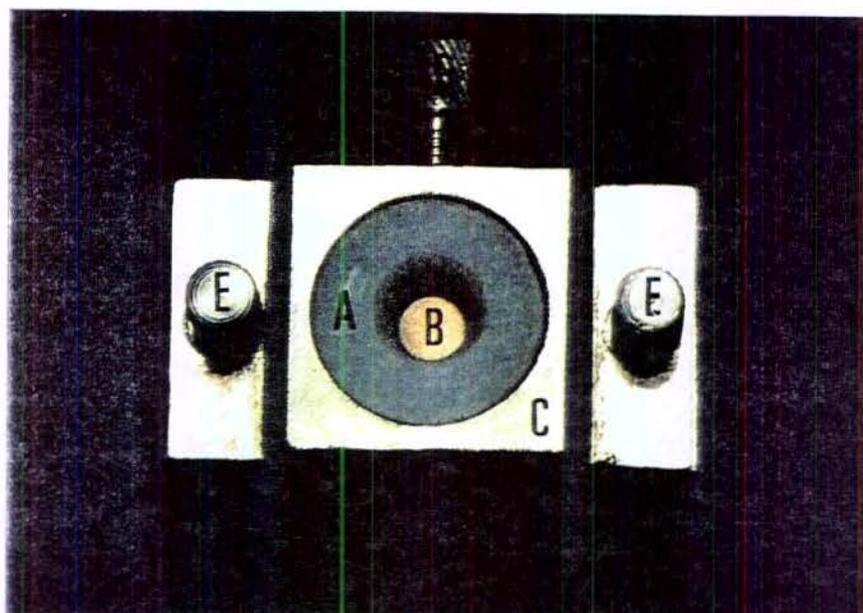


Figura 11 – Matriz de teflon posicionada sobre a região dentinária delimitada com fita adesiva. (A) matriz de teflon; (B) superfície dentinária (C) porção superior do dispositivo metálico (D) parafuso para fixação da matriz de teflon; (E) parafusos de fixação da porção superior e inferior do dispositivo metálico.

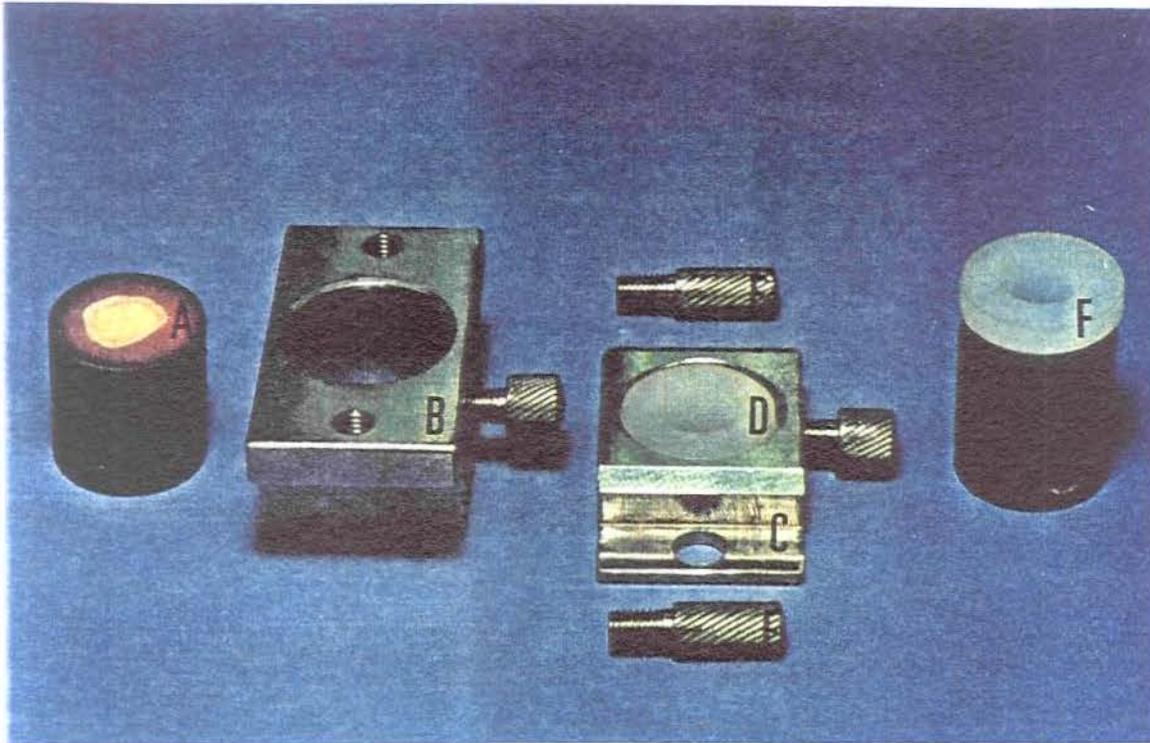


Figura 12 – Disposição seqüencial dos dispositivos e matriz utilizados para confecção do corpo-de-prova. (A) amostra; (B) porção inferior da matriz metálica; (C) porção superior da matriz metálica; (D) matriz de teflon; (E) parafusos de fixação; (F) corpo-de-prova.

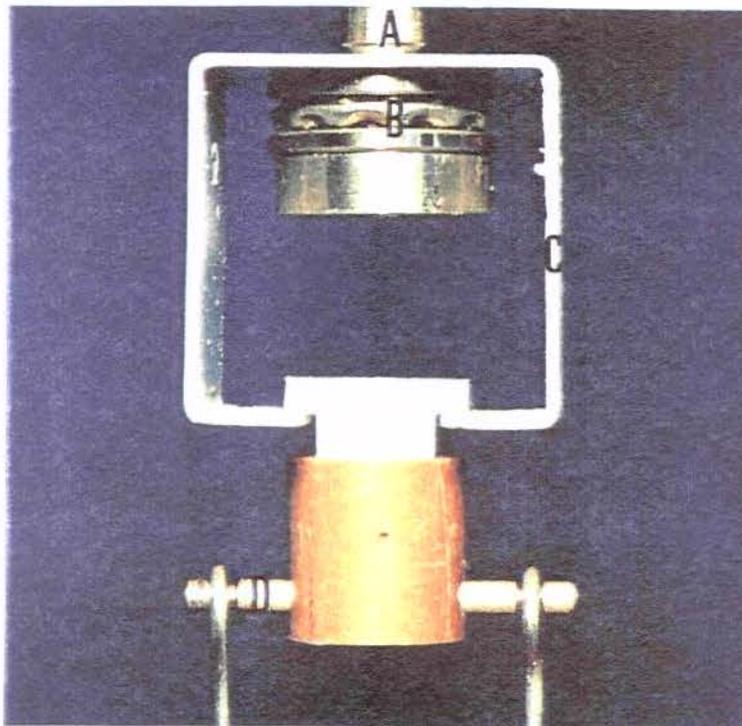


Figura 13 – Corpo-de-prova posicionado para o ensaio de tração. (A) haste metálica do dispositivo de tração; (B) rolamento axial; (C) garra metálica; (D) haste metálica.

7.2.5 - Análise da região fraturada em Microscopia Eletrônica de Varredura

Foram utilizadas nesta parte do estudo amostras fraturadas representativas de cada grupo. Logo após a realização dos ensaios de resistência à tração, as superfícies dentais foram revestidas com liga de ouro-paládio, sob alto vácuo (Balzers - SCD 050 sputter coater, Germany), para observação em Microscopia Eletrônica de Varredura (Zeiss DSM 960, Germany), com o objetivo de verificar o tipo de falha ocorrida e a morfologia da região fraturada.

Adicionalmente, duas amostras representativas dos grupos B, C, D e E, foram preparadas para verificação da formação da "camada híbrida", conforme protocolo descrito por Ramos e Perdigão²⁴. Primeiramente, as amostras foram seccionadas no sentido do longo eixo sob refrigeração à água, com o auxílio de um disco diamantado de dupla face acoplado à uma máquina para corte (South Bay Technology, California). As secções de esmalte e dentina assim obtidas, foram desgastadas em uma politriz (Arotec S.A. Indústria e Comércio) sob intensa refrigeração à água, utilizando lixas d'água de granulação 220, 400, 600, 800 e 1000 (Carborundum Abrasivos Ltda.) Em seguida, as secções foram polidas com disco de feltro e pasta diamantada (Arotec) de 1µm e ¼ µm, utilizando lubrificante à base de silicone (Arotec). Após este procedimento, as secções foram lavadas ultrassonicamente (Thornton, Unique Indústria e Comércio), em 100% de etanol por 5 minutos, e desmineralizadas em 6N de HCl por 30 segundos, e desproteinizadas em NaOCl a 1%, por 10 minutos. Em seguida, as secções foram desidratadas em graus crescentes de imersão em etanol (25% - 20 min.; 50% - 20 min.; 75% - 20 min.; 95% - 30 min.; 100% - 60 min.). Após este procedimento, as amostras foram secas pela

imersão em hexametildisilazano (Electron Microscope Sciences, Fort Washington, PA, USA) por 10 minutos, montadas em porta-amostras, recobertas com ouro-paládio e observadas em Microscopia Eletrônica de Varredura.

8 – RESULTADOS

8 – RESULTADOS

8.1 - Ensaio de resistência à tração

O delineamento experimental sugerido por ocasião do estudo foi o bloco ao acaso. Os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração entre a superfície dentinária e o amálgama de prata, dentro dos vários tratamentos, estão registrados nas tabelas 7, 8, 9, 10 e 11 (Anexo). As médias originais foram transformadas e em seguida submetidas à análise de variância unifatorial, onde o fator tratamento foi analisado para os diversos grupos. De acordo com a Tabela 5, o fator tratamento apresentou diferença estatisticamente significativa em nível de 5% de significância, pelo teste F. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, em nível de 5% de significância e estão apresentados na Tabela 6 e ilustrados na Figura 14.

Tabela 5 – Análise de variância para os valores de resistência à tração da união obtida entre a estrutura dentinária e o amálgama de prata empregando os diversos tratamentos.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TRATAMENTO	4	98,3569369	24,5892342	38,2409	0,00001
RESÍDUO	45	28,9353611	0,6430080		
TOTAL	49	127,2922980			

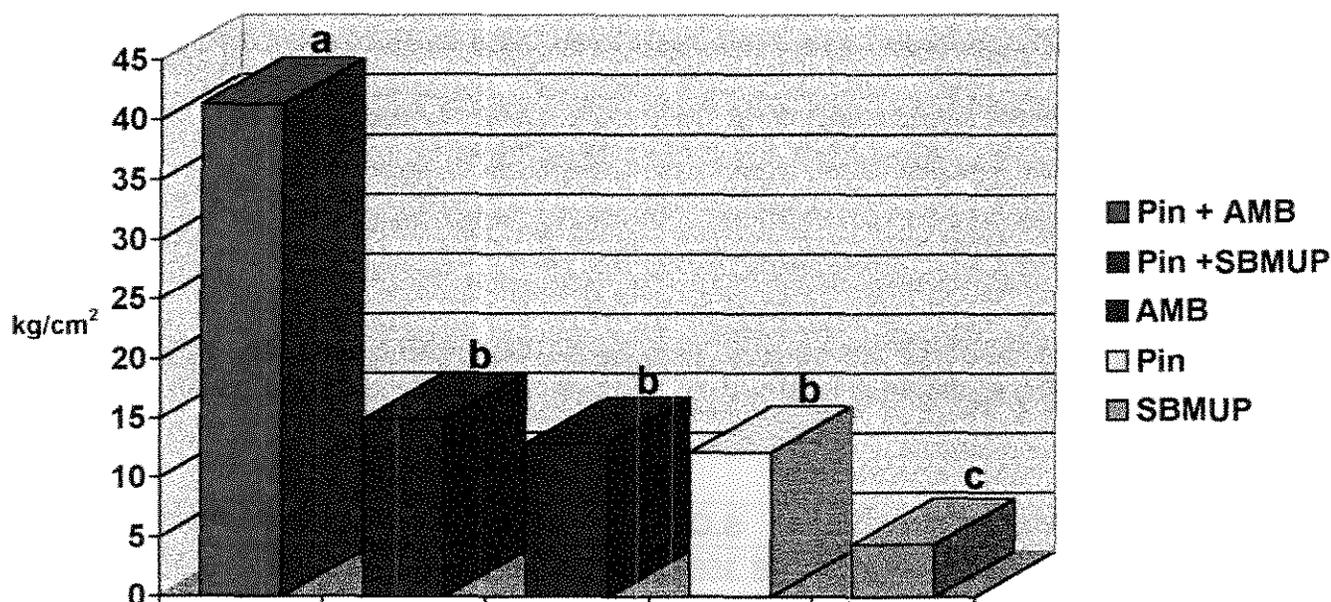
MÉDIA GERAL= 3,903403

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO= 20,543%

Tabela 6 – Médias originais de resistência à tração após a utilização dos sistemas adesivos e retenções mecânicas, individualmente ou em associação (kg/cm²).

NOME	MÉDIAS	Amplitude	5%
PIN + AMB (Grupo E)	41,33 (11,99)	33,37	a
PIN + SBMUP (Grupo D)	15,01 (5,70)	18,33	b
AMB (Grupo C)	12,98 (6,18)	17,21	b
PIN (Grupo A)	12,20 (8,19)	27,30	b
SBMUP (Grupo B)	4,47 (2,36)	7,15	c

Média seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância indicado.
 D.M.S. 5%= 1,02064
 () Desvio Padrão



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

Figura 14 – Ilustração gráfica dos valores médios de resistência à tração após a realização dos respectivos tratamentos (kg/cm²).

O teste de Tukey mostrou que a associação entre os orifícios confeccionados em dentina (“amalgapins”) e o sistema adesivo Amalgambond Plus, produziu os maiores valores de resistência de união sendo estatisticamente diferente dos demais grupos (Tabela 6 e Figura 14). Na Tabela 6 e Figura 14 pode ainda ser verificado que os tratamentos Pin, AMB, e Pin + SBMUP, não diferiram estatisticamente entre si em nível de 5% de significância. O mesmo não ocorreu com o tratamento SBMUP, o qual apresentou os menores valores de resistência de união, diferindo estatisticamente dos demais grupos.

8.2 – Análise morfológica da superfície fraturada após o ensaio de resistência à tração

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

A observação fotomicrográfica na interface dentina–adesivo mostrou que houve interdifusão do monômero adesivo para o interior da região desmineralizada da dentina e formação da “camada híbrida”, para os dois sistemas adesivos utilizados no estudo (Figuras 15 e 16). Na Figura 17, podemos observar que na superfície dentinária das amostras onde se empregou o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus houve fratura coesiva no adesivo. No entanto, foram observados algumas áreas de ocorrência de fratura adesiva onde provavelmente não tenha havido a formação da “camada híbrida”, devido a sensibilidade técnica no uso desse material. No caso do sistema adesivo Amalgambond Plus, observamos que a fratura foi coesiva no adesivo, sem a evidência de remoção da camada de adesivo da superfície dentinária (Figura 18).

A análise morfológica da superfície fraturada do amálgama de prata (Figuras 19 e 20), evidenciou a penetração dos dois sistemas adesivos no interior do material. Além disso, a análise morfológica da região de fratura revelou que os “amalgapins” sempre falharam coesivamente na entrada dos orifícios confeccionados em dentina (Figura 20).

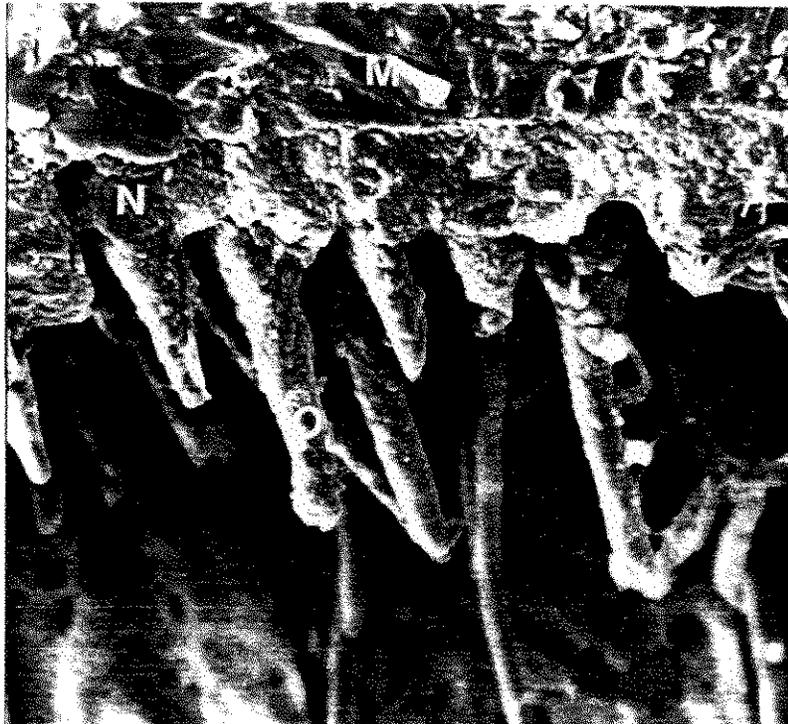


Figura 15 – Aspecto morfológico da interface dentina-adesivo evidenciando a formação da “camada híbrida” quando foi utilizado o sistema adesivo Scotchbond Multi-Usó Plus (500X). (M) camada de adesivo, (N) “camada híbrida”, (O) “tags” de resina.

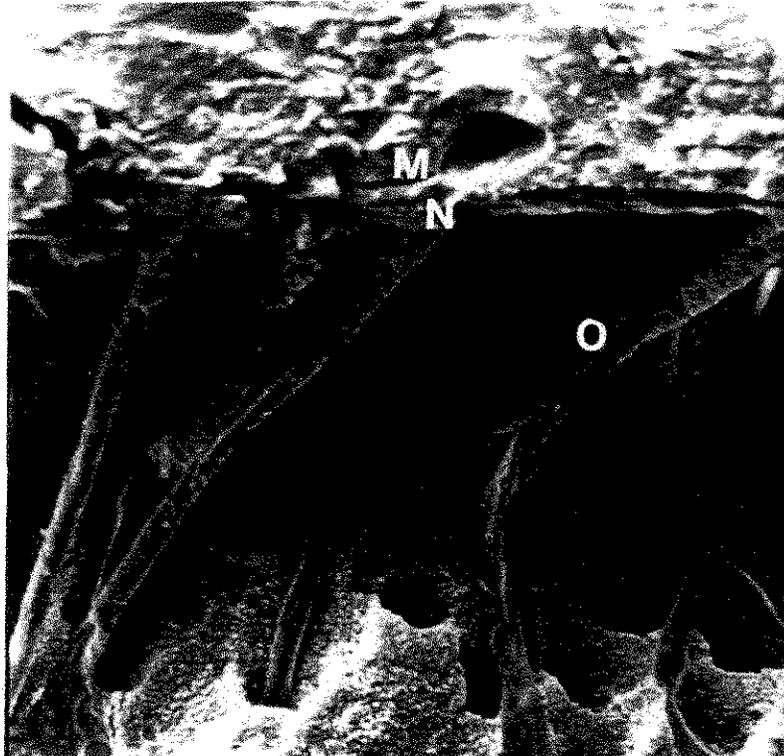


Figura 16 – Aspecto morfológico da interface dentina-adesivo evidenciando a formação da “camada híbrida” quando foi utilizado o sistema adesivo Amalgambond Plus (500X). (M) camada de adesivo, (N) “camada híbrida”, (O) “tags” de resina.

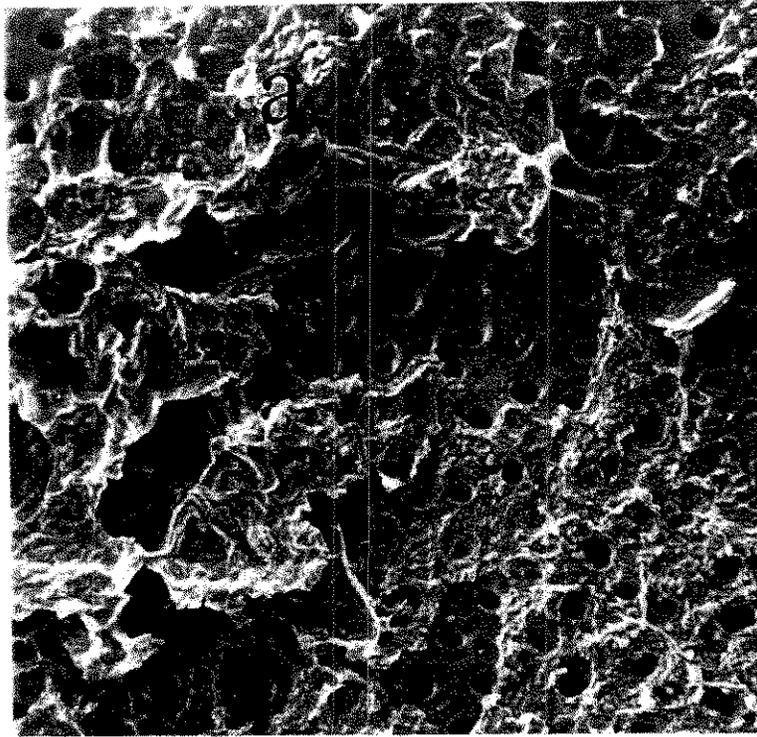


Figura 17 – Aspecto morfológico da superfície de dentina na região de fratura, após o ensaio de tração utilizando o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus (1000X). Notar os resíduos de adesivo (a) próximos à região onde ocorreu desprendimento do adesivo e remoção dos “tags” de resina (b).

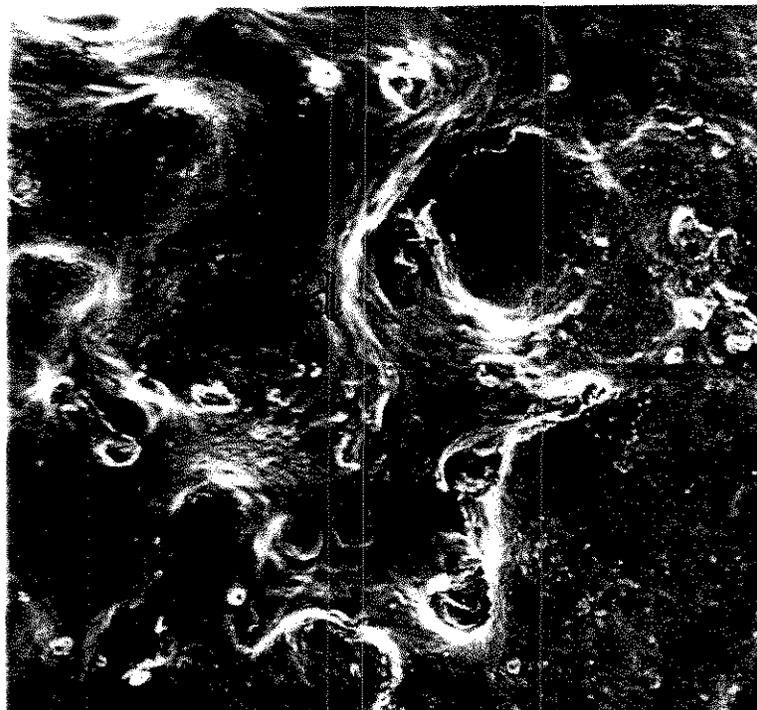


Figura 18 – Aspecto morfológico da superfície de dentina na região de fratura, após o ensaio de tração utilizando o sistema adesivo Amalgambond Plus (1000X). Notar o recobrimento completo da superfície dentinária pelo sistema adesivo (a).

9 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

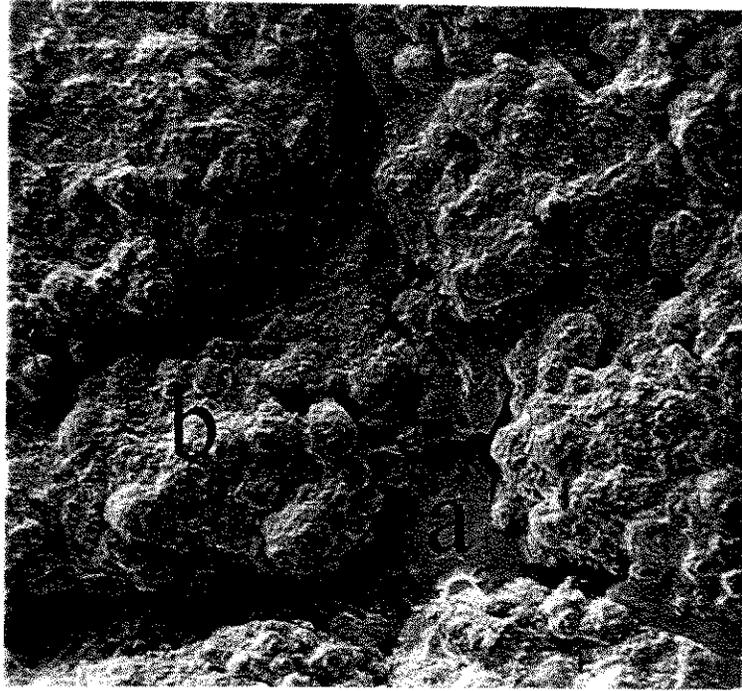


Figura 19 – Aspecto morfológico da superfície do amálgama de prata na região de fratura, após o ensaio de tração utilizando os sistemas adesivos (1000X). Notar os resíduos de adesivo (a) no interior do amálgama de prata (b).

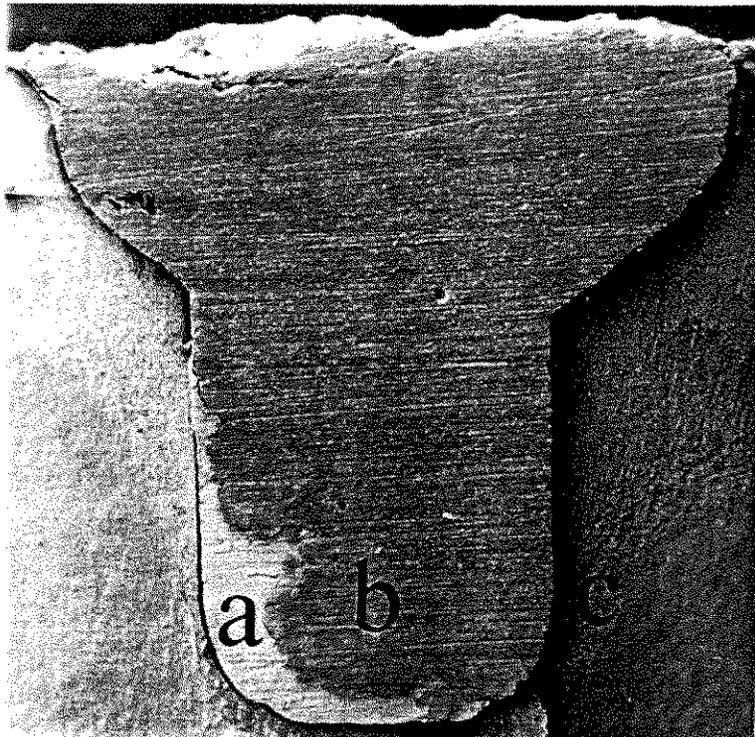


Figura 20 – Aspecto morfológico da região fraturada no amálgama de prata evidenciando que os “amalgapins” falharam coesivamente na entrada dos orifícios em dentina (500X). Notar a presença do adesivo (a) penetrando no amálgama de prata (b), condensado no interior dos orifícios confeccionados em dentina (c).

9 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O amálgama de prata necessita de cavidades que possuam forma de retenção e resistência e segundo **PLASMANS, WELLE e WRIJHOEF**²³, esses requisitos são de extrema importância para o desempenho clínico satisfatório das restaurações. Em nosso estudo, as retenções mecânicas tipo “amalgapin” foram empregadas por se constituírem em um meio tradicional para reter restaurações em amálgama de prata e por apresentarem, segundo **DAVIS et al.**⁴, resistência semelhante a sistemas mais sofisticados como os pinos rosqueados. Os valores obtidos neste estudo, para as retenções mecânicas tipo “amalgapin”, também mostraram a possibilidade de se conseguir alto desempenho clínico desse tipo de restauração, quando submetida aos esforços de tração e confirmam alguns estudos prévios^{15,23}.

Quando o valor obtido para as retenções mecânicas tipo “amalgapin” foi relacionado com a união produzida por sistemas adesivos, observamos que para o sistema “Amalgambond Plus”, o valor obtido não foi diferente estatisticamente ($p > 0,05$) daqueles registrados para os “amalgapins” (Tabela 6, Figura 14). Esses resultados podem ser comparados aos obtidos nos estudos realizados por **DELLA BONNA e SUMMIT**⁵, e **BURGESS, ÁLVAREZ e SUMMIT**², onde restaurações complexas em amálgama de prata utilizando retenções mecânicas ou o sistema adesivo Amalgambond se comportaram de maneira semelhante mecanicamente, mesmo utilizando diferente metodologia para a mensuração da resistência de união. No entanto, os valores médios encontrados com a aplicação do sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus, foram inferiores e diferentes estatisticamente ($p < 0,05$)

em relação ao sistema “Amalgambond Plus”, e as retenções mecânicas tipo “amalgapin” (Tabela 6, Figura 14).

Embora, os dois sistemas adesivos empregados tenham sido capazes de produzir união entre o amálgama de prata e a estrutura dental, a clara diferença nos valores médios de resistência à tração apresentada pelo sistema adesivo Amalgambond Plus, parece estar baseada na sua formulação. A presença do monômero 4-META aumenta a resistência de união de restaurações em amálgama de prata à dentina, conforme foi comprovado por **FRITZ e FINGER**¹⁰, quando adesivos experimentais com e sem a presença do 4-META foram comparados. Entretanto, neste estudo, não podemos afirmar que a superioridade dos valores de resistência à tração apresentada pelo Amalgambond Plus, se deva unicamente à presença desse monômero, visto que o fabricante fornece o componente químico denominado de Aditivo de Alta Performance (HPA), especialmente formulado para aumentar a resistência de união ao amálgama de prata. Esse componente é apresentado na forma de um pó contendo fibras de polimetil metacrilato, o qual é adicionado ao material no momento da sua manipulação. Este aditivo, segundo **VARGAS, DENEHY e RATANANAKIN**³¹, seria o principal responsável pelos altos valores alcançados pelo material Amalgambond Plus. Ainda, segundo estes autores, a função das fibras de metacrilato seria de atravessar a interface entre o amálgama e o agente adesivo produzindo uma conexão reforçada entre os dois materiais. A opção pela utilização do HPA, em nosso estudo, se baseou na indicação do fabricante, o qual recomenda o uso desse componente somente em casos de restaurações complexas, onde uma ou mais paredes cavitárias estejam ausentes.

Por outro lado, o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus, com a indicação para ser usado em qualquer tipo de substrato, apresenta a ativação química produzida pela mistura da amina terciária contida no frasco com o adesivo e o peróxido de benzoíla contida no frasco com o catalisador, como única característica indicativa para o emprego com o amálgama de prata. A ausência de aditivos ou componentes que atuem como carga, talvez justifique os baixos valores de união apresentados pelo material Scotchbond Multi-Use Plus. Segundo **DIEFENDERFER e REINHARDT**⁶, os adesivos que contêm carga produzem resistências de união mais altas que aqueles sem carga. Além disso, **RAMOS e PERDIGÃO**²⁴ e **WINKLER e cols.**³⁴, relataram que a presença de carga nos adesivos parece aumentar a espessura de película. Assim, adesivos que possuem tal característica apresentam resistência de união maior ao amálgama de prata.

A observação fotomicrográfica na interface dentina–adesivo mostrou que houve interdifusão do monômero adesivo para o interior da região desmineralizada da dentina e formação da camada híbrida^{20,21}, para os dois sistemas adesivos utilizados no estudo (Figuras 15 e 16). A zona de transição ácido-resistente é considerada atualmente como o principal mecanismo de união dos materiais poliméricos^{20,21}. Apesar disso, a observação da superfície dentinária nas amostras onde se empregou o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus, mostrou que a fratura foi coesiva no adesivo, com desprendimento completo do adesivo e camada híbrida. Em alguns casos, com tracionamento e remoção completa dos “tags” de resina do interior dos túbulos dentinários (Figura 17).

No caso do sistema adesivo Amalgambond Plus, ocorreu fratura coesiva na superfície da camada de adesivo (Figura 18). Essas diferenças na característica morfológica da região de fratura na interface dentina-adesivo, parecem estar relacionadas à fatores como tipo, concentração e tempo de aplicação do condicionador ácido. O sistema adesivo Amagambond Plus utiliza a solução com 10% de ácido cítrico e 3% de cloreto férrico como condicionador ácido, durante 10 segundos. De acordo com **NAKABAYASHI**²⁰, o ácido cítrico remove o conteúdo mineral e o cloreto férrico estabiliza a rede colágena preservando a configuração tridimensional. Por outro lado, o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus utiliza o ácido fosfórico a 35%, durante 15 segundos, como agente condicionador. Além disso, o fabricante recomenda que a superfície da dentina permaneça úmida durante o procedimento de aplicação do adesivo, enquanto que, para o sistema adesivo Amalgambond Plus, a recomendação é para a secagem da superfície da dentina. Assim, a sensibilidade na técnica de aplicação dos adesivos também compromete a formação da “camada híbrida” na superfície da dentina.

Adicionalmente, a penetração monomérica na dentina parece estar diretamente relacionada ao mecanismo de ativação presente nos sistemas adesivos indicados para união ao amálgama de prata. A alta taxa de conversão monomérica resultante do processo de ativação química, contribui para o rápido aumento da viscosidade destes materiais, produzindo uma penetração e difusão pouco efetiva. Além disso, segundo **BARKMEIER e cols.**¹, a presença de carga nos sistemas adesivos ativados quimicamente torna a reação de polimerização mais lenta, facilitando assim a penetração e difusão monomérica na superfície dentinária.

Foi observada também uma grande variação nos valores de resistência à tração para os grupos onde os sistemas adesivos foram empregados (Tabela 6).

Isto pode estar relacionado à sensibilidade técnica apresentada pelos materiais adesivos, que requerem muitos passos e a mistura de vários componentes durante a aplicação clínica^{13,30}. Ainda, segundo **RAMOS e PERDIGÃO**²⁴, o tipo e idade do dente, o grau de mineralização dentinária, o tipo de teste (cisalhamento ou tração), o meio de armazenagem e a umidade relativa do ambiente, seriam fatores responsáveis pelo alto desvio-padrão e amplas variações ocorridas nos valores dos testes de resistência de união à dentina.

Os sistemas adesivos e os “amalgapins” foram empregados conjuntamente como meio de avaliar as vantagens mecânicas decorrentes dessa associação. Assim, os maiores valores de resistência de união foram obtidos quando as retenções mecânicas foram associadas ao sistema adesivo Amalgambond Plus e estão de acordo com os dados relatados por **IMBERY, HILTON e REAGAN**¹⁵. Por outro lado, a associação entre o sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus e as retenções mecânicas tipo “amalgapin”, não contribuiu de maneira significativa para aumentar os valores de resistência de união. Os valores obtidos para esse grupo (D) não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) daqueles encontrados para os grupos onde os “amalgapins” (A) e o Amalgambond Plus (C) foram empregados como meio de retenção para o amálgama de prata. **LO, MILLSTEIN e NATHANSON**¹⁷, também demonstraram que a resistência de união ao cisalhamento do amálgama à estrutura dental, utilizando pinos pré-fabricados associados à sistemas adesivos, não foi efetivo para os sistemas adesivos indicados para uso em qualquer substrato.

Segundo os autores, os valores de resistência de união aumentaram somente quando foi empregado o material Amalgambond com HPA.

Apesar dos corpos-de-prova do grupo onde os “amalgapins” foram associados ao Scotchbond Multi-Uso Plus (D), apresentarem uma tendência à valores ligeiramente maiores que as do grupo onde foram utilizados somente os “amalgapins” (A), os valores médios de resistência de união que não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

A análise em M.E.V. das superfícies de amálgama de prata fraturadas evidenciaram a presença dos sistemas adesivos no interior do amálgama, fato esse resultante do processo de condensação do material enquanto o adesivo ainda não estava totalmente polimerizado (Figuras 19 e 20). Segundo **DIEFENDERFER e REINHARDT⁶**, a condensação do amálgama de encontrô à superfície não polimerizada do adesivo, facilita a formação de uma união mecânica entre o amálgama e o adesivo após a polimerização. A análise morfológica da superfície fraturada do amálgama de prata, revelou ainda que os “amalgapins” sempre falharam coesivamente na embocadura dos orifícios (Figura 20).

Com base nos resultados do presente estudo, podemos conjeturar que os adesivos indicados para união ao amálgama de prata devem possuir uma reação de polimerização lenta o suficiente para permitir a condensação do amálgama de prata. Além disso, a adição de carga aos adesivos parece contribuir significativamente para o aumento da resistência coesiva destes materiais. Todos esses achados parecem indicar que restaurações em amálgama de prata podem ser unidas à estrutura dental através da associação entre sistemas adesivos e retenções mecânicas, resultando

em vantagens consideráveis do ponto de vista mecânico. Devemos considerar também outras vantagens das restaurações adesivas como diminuição da infiltração marginal e redução da sensibilidade pós-operatória^{3,18,29}. Os sistemas adesivos especialmente formulados para o emprego com o amálgama de prata parecem promissores e o aperfeiçoamento destes materiais poderia eliminar a necessidade da confecção de retenções mecânicas em dentes extensamente destruídos e em regiões próximas à polpa.

10 - CONCLUSÃO

10 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, podemos concluir que:

1. A resistência à tração na união dentina-amálgama de prata com a aplicação do material Amalgambond Plus associado às retenções mecânicas (“amalgapins”) foi superior estatisticamente aos demais grupos ($p < 0,05$);
2. Os valores médios de resistência à tração não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$) para os grupos A (“amalgapin”), C (Amalgambond Plus) e D (“amalgapin” + Scotchbond Multi-Usó Plus); e estes grupos foram superiores estatisticamente ($p < 0,05$) ao Grupo B (Scotchbond Multi-Usó Plus);
3. As fotomicrografias realizadas na interface fraturada amálgama de prata-dentina, revelaram falhas do tipo misto (adesiva e coesiva) para o material Scotchbond Multi-Usó Plus, enquanto que para o material Amalgambond Plus as falhas predominantes foram do tipo coesiva;
4. A análise fotomicrográfica das amostras onde os “amalgapins” foram empregados (Grupos A , D e E) revelaram que o amálgama de prata sempre falhou coesivamente na entrada dos orifícios.

11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. BARKMEIER, W.B. Laboratory evaluation of Amalgambond and Amalgambond Plus. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.7, n.5, p.239-242, Oct. 1994.
2. BURGESS, J.O., ÁLVAREZ, A., SUMMIT, J.B. Fracture resistance of complex amalgam restorations. **Operative Dent.**, Seattle, v.22, p.128-132, 1997.
3. CHARLTON, D.G., MOORE, B.K., SWARTZ, M.L. In vitro evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restorations. **Operative Dent.**, Seattle v. 17 p. 112-119, 1992.
4. DAVIS, S.P. et al. Self-threading pins and "amalgapins" compared in resistance form for complex amalgam restorations. **Operative Dent.**, Seattle, v.8, p.88-93. 1983.
5. DELLA BONNA, A., SUMMITT, J.B. The effect of amalgam bonding on resistance form of class II amalgam restorations. **Quintessence int.**, Berlin, v.29, p.95-101, 1998.

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

6. DIEFENDERFER, K.E., REINHARDT, J.W. Shear bond strenghts of 10 adhesive resin/amalgam combinations. **Operative Dent.**, Seattle, v.22, p.50-56,1997.
7. EAKLE, W.S., STANINEC, M., LACY, A.M. Effect of bonded amalgam on fracture resistance of teeth. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v.68, n.2, p.257-260, Aug. 1992.
8. _____, MAXWELL, E.H., BRALY, B.V. Fracture of posterior teeth in adults. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, v.112, p.215-218, Feb. 1986.
9. FELTON, D. et al. Pulpal response to threaded pin and retentive slot techniques: A pilot investigation. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v.66, n.5, p.597-602, Nov.1991.
10. FRITZ, U.B., FINGER, W.J. Bonding amalgam to dentin: Bond strength, marginal adaptation, and micromorphology of the coupling zone. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.11, n.2, 61-66, Apr.1998.
11. GOING, R.E. Pin-retained amalgam. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, v.73, p. 619-624, Sept. 1966.
12. GOLDSTEIN, P. M. Retention pins are friction locked without use of cement. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, v.73, p.1103-1106, Nov. 1966.

13. HADAVI, F. et al. Bonding amalgam to dentin by different methods. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v.72, n.3, p.250-254, Sept. 1994.
14. IMBERY, T.A., BURGESS, J.O., BATZER, R.C. Comparing the resistance of dentin bonding agents and pins in amalgam restorations. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, v.126, p.753-759, June 1995.
15. _____, HILTON, T.J., REAGAN, S.E. Retention of complex amalgam restorations using self-threading pins, "amalgapins", and Amalgambond. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.8, n.3, p.117-121, June 1995.
16. KAWAKAMI, M. Shear bond strength of amalgam adhesives to dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.7, n.1, p.53-56, Feb. 1994.
17. LO, C.H., MILLSTEIN, P.L., NATHANSON, D. In vitro shear strength of bonded amalgam cores with and without pins. **J. prosth. Dent.**, Saint. Louis, v. 74, n.4, p.385-391, Oct. 1995.
18. MAHLER, D.B. et al. One-year clinical evaluation of bonded amalgam restorations. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, v.127, p.345-349, Mar. 1996.
19. MARKLEY, M.R. Pin reinforcement and retention of amalgam foundations and restorations. **J. Am. dent. Ass.**, Chicago, v.56, p.675-679, May 1958.

20. NAKABAYASHI, N. Adhesive bonding with 4-META. **Operative Dent.**, Seattle, v.5, p.125-130, 1992. [Supplement, 5]
21. _____, KOJIMA, K., MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J. Biomed. mat. Res.**, New York, v.16, n.3, p.265-273, May 1982.
22. ÖLMEZ, A., ULUSU, T. Bond strength and clinical evaluation of a new dentinal bonding agent to amalgam and resin composite. **Quintessence int.**, Berlin, v.26, n.11, p.785-793, 1995.
23. PLASMANS, P.J.J.M., WELLE, P.R., VRIJHOEF, M.M.A. The tensile resistance of extensive amalgam restorations with auxiliary retention. **Quintessence int.**, Berlin, v.17, n.7, p.411-414, 1986.
24. RAMOS, J.C., PERDIGÃO, J. Bond strengths and SEM morphology of dentin-amalgam adhesives. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.10, n.3, p.152-158, June 1997.
25. SCHUCHARD, A. , REED, O.M. Pulpal response to pin placement. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v.29, n.3, p.292-300, Mar. 1973.
26. SHAVELL, H.M. The amalgapin technique for complex amalgam restorations. **J. Calif. dent. Assoc.**, California, v.8, Apr. 1980.

27. SHIMIZU, A.V.I.T., KAWAKAMI, M., TSUCHITANI, Y. Amalgam restorations using an adhesive resin cement as a cavity liner. **J. Osaka Univ. dent. Sch.**, Osaka, v.27, p.147-155, Dec. 1987.
28. STANINEC, M. Retention of amalgam restorations: undercuts versus bonding. **Quintessence int.**, Berlin, v.20, n.5, p.347-351, 1989.
29. _____, HOLT, M. Bonding of amalgam to tooth structure: tensile adhesion and microleakage tests. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v.59, n.4, p.397-402, Apr. 1988.
30. TEMPLE-SMITHSON, P.E., CAUSTON, B.E., MARSHALL, K.F. The adhesive amalgam – fact or fiction? **Br. dent. J.**, London, v.25, p.316-319, 1992.
31. VARGAS, M.A., DENEHY, G.E, RATANANAKIN, T. Amalgam shear bond strength to dentin using different bonding agents. **Operative Dent.**, Seattle, v.19, p.224-227, 1994.
32. WEBB, E.L., STRAKA, W.F., PHILLIPS, C.L. Tooth crazing associated with threaded pins: A three-dimensional model. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v.61, n.5, p.624-628, May 1989.
33. WELK, D.A., DILTS, W.E. Influence of pins on the compressive and transverse strength of dental amalgam and retention of pins in amalgam. **J. Am. dent. Assoc.**, Chicago, v.78, p.101-104, Jan. 1969.

34. WINKLER, M.M. et al. Comparison of retentiveness of amalgam bonding agent types. **Operative Dent.**, Seattle, v.22, p.200-208, 1997.

12- ANEXO

Tabela 7 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento **Pin**.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	4,35	15,41	1,51
2	3,52	12,47	1,22
3	1,27	4,49	0,44
4	5,87	20,77	2,04
5	3,89	13,78	1,35
6	1,31	4,66	0,46
7	2,54	9,02	0,88
8	2,24	7,94	0,78
9	8,98	31,79	3,12
10	3,39	12,03	1,18

Tabela 8 -Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento **Scotchbond Multi-Use Plus**.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	0,87	3,08	0,30
2	0,52	1,85	0,18
3	1,65	5,84	0,57
4	1,37	4,86	0,48
5	2,12	7,51	0,74
6	2,54	9,00	0,88
7	0,81	2,88	0,28
8	1,51	5,33	0,52
9	0,55	1,93	0,19
10	1,48	5,22	0,51

Tabela 9 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento **Pin + Scotchbond Multi-Usa Plus**.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	3,44	12,17	1,19
2	6,30	22,30	2,19
3	4,60	16,29	1,60
4	3,28	11,60	1,14
5	6,54	23,16	2,27
6	5,64	19,95	1,96
7	4,55	16,11	1,58
8	3,15	11,17	1,10
9	1,36	4,83	0,47
10	5,15	18,23	1,79

Tabela 10 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento **Amalgambond Plus**.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	1,86	6,58	0,65
2	4,34	15,36	1,51
3	3,06	10,84	1,06
4	2,43	8,59	0,84
5	3,04	10,75	1,05
6	5,73	20,29	1,99
7	1,65	5,85	0,57
8	5,97	21,11	2,07
9	3,93	13,89	1,36
10	6,52	23,06	2,26

Tabela 11 - Resultados dos ensaios de tração em kgf, kg/cm² e MPa para o tratamento Pin + Amalgambond Plus.

Amostra	kgf	kg/cm²	MPa
1	12,14	42,96	4,21
2	10,17	35,99	3,53
3	11,91	42,14	4,13
4	10,35	36,62	3,59
5	17,68	62,56	6,14
6	10,89	38,54	3,78
7	11,56	40,91	4,01
8	11,98	42,39	4,16
9	8,25	29,19	2,86
10	12,95	45,82	4,49

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

CÓDIGO DO PROJETO: TESE
 RESPONSÁVEL: HUGO

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO
 TRANSFORMAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES SEGUNDO RAIZ (X+O)

NOME DOS FATORES	
FATOR	NOME
A	TRATAMENTO

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TRATAMENTO	4	98,3569369	24,5892342	38,2409	0,00001
RESÍDUO	45	28,9353611	0,6430080		
TOTAL	49	127,2922980			

MÉDIA GERAL= 3,903403
 COEFICIENTE DE VARIACÃO= 20,543%

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO

NUM. ORDEM	NUM. TRAT.	NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	5	PIN + AMALGAMB.	10	6,429368	41,336771	a	A
2	3	PIN + SBMUP	10	3,875510	15,019578	b	B
3	4	AMALGAMB.	10	3,603303	12,983794	b	B
4	1	PIN	10	3,493189	12,202368	b	B
5	2	SBMUP	10	2,115644	4,475950	c	C

Média seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância indicado.
 D.M.S. 5%= 1,02064 - D.M.S. 1% = 1,24316

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

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	10
Valor Min.	2,118962
Valor Max.	5,638262
Amplitude	3,519300
Total	34,931889
Média	3,493189
Variância	1,148480
D. Padrão	1,071671
D. P. Média	0,338892
Coef. Var. %	30,678888
Coef. Assim.	0,549022
Coef. Curt.	2,760758
Mediana	3,499859
Quartil Inf.	2,817801
Quartil Sup.	3,925558
IC 5% L.S.	4,259086
IC 5% L.I.	2,727292
IC 1% L.S.	4,594589
IC 1% L.I.	2,391789

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

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	10
Valor Min.	1,360147
Valor Max.	3,000000
Amplitude	1,639853
Total	21,156439
Média	2,115644
Variância	0,304501
D. Padrão	0,551816
D. P. Média	0,174499
Coef. Var. %	26,082638
Coef. Assim.	0,028419
Coef. Curt.	1,899163
Mediana	2,244636
Quartil Inf.	1,697056
Quartil Sup.	2,416609
IC 5% L.S.	2,510013
IC 5% L.I.	1,721275
IC 1% L.S.	2,682767
IC 1% L.I.	1,548521

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

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	10
Valor Min.	2,418677
Valor Max.	4,802083
Amplitude	2,383405
Total	36,033031
Média	3,603303
Variância	0,720228
D. Padrão	0,848663
D. P. Média	0,268371
Coef. Var. %	23,552349
Coef. Assim.	0,059843
Coef. Curt.	1,679345
Mediana	3,509672
Quartil Inf.	2,930870
Quartil Sup.	4,504442
IC 5% L.S.	4,209821
IC 5% L.I.	2,996786
IC 1% L.S.	4,475508
IC 1% L.I.	2,731099

Análise fixando o nível **Pin + SBMUP** do fator Tratamento

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	10
Valor Min.	2,197726
Valor Max.	4,812483
Amplitude	2,614757
Total	38,755096
Média	3,875510
Variância	0,623804
D. Padrão	0,789812
D. P. Média	0,249761
Coef. Var. %	20,379572
Coef. Assim.	-0,792059
Coef. Curt.	3,016550
Mediana	4,024907
Quartil Inf.	3,405877
Quartil Sup.	4,466542
IC 5% L.S.	4,439969
IC 5% L.I.	3,311051
IC 1% L.S.	4,687232
IC 1% L.I.	3,063788

Análise fixando o nível **Pin + AMB** do fator Tratamento

ESTATÍSTICAS	TESTE
Num. Obs	10
Valor Min.	5,403703
Valor Max.	7,909489
Amplitude	2,505786
Total	64,293678
Média	6,429368
Variância	0,418026
D. Padrão	0,646549
D. P. Média	0,204457
Coef. Var. %	10,056183
Coef. Assim.	0,893142
Coef. Curt.	4,222556
Mediana	6,443812
Quartil Inf.	6,051446
Quartil Sup.	6,554388
IC 5% L.S.	6,891440
IC 5% L.I.	5,967296
IC 1% L.S.	7,093853
IC 1% L.I.	5,764884