

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Oswaldo Scopin de Andrade  
Cirurgião Dentista

**ADAPTAÇÃO MARGINAL E MICROTRAÇÃO  
DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS FIXADAS  
EM DENTINA TRATADA COM  
ADESIVO E RESINA COMPOSTA  
DE BAIXA VISCOSIDADE**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção de título de Doutor em Clínica Odontológica – Área de Prótese Dental.

**UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE**

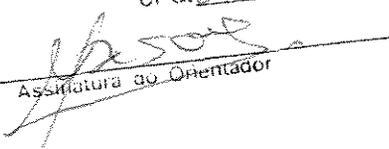
Piracicaba – São Paulo  
2003

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Oswaldo Scopin de Andrade  
Cirurgião Dentista

**ADAPTAÇÃO MARGINAL E MICROTRAÇÃO  
DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS FIXADAS  
EM DENTINA TRATADA COM  
ADESIVO E RESINA COMPOSTA  
DE BAIXA VISCOSIDADE**

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/93  
CPG. 241.061.03

  
Assinatura do Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção de título de Doutor em Clínica Odontológica – Área de Prótese Dental.

**Orientador: Prof. Dr. Mario Fernando de Goes**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Mario Fernando de Goes  
Prof. Dr. Frederico Andrade e Silva  
Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro  
Prof. Dr. Marcelo Giannini  
Prof. Dr. Walter Gomes Miranda Júnior**

Piracicaba – São Paulo  
2003

0002460008

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| UNIDADE    | BC                                  |
| Nº CHAMADA | TUNICAMP                            |
|            | An24a                               |
| V          | EX                                  |
| TOMBO BC/  | 55184                               |
| PROC.      | 16-124103                           |
| C          | <input type="checkbox"/>            |
| D          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| PREÇO      | R\$ 11,00                           |
| DATA       | 08/08/03                            |
| Nº CRD     |                                     |

CM00188012-6

31B ID 296348

#### Ficha Catalográfica

|       |  |
|-------|--|
| An24a | <p>Andrade, Oswaldo Scopin de.<br/> Adaptação marginal e microtração de restaurações indiretas fixadas em dentina tratada com adesivo e resina composta de baixa viscosidade. / Oswaldo Scopin de Andrade. -- Piracicaba, SP : [s.n.] 2003.<br/> xvi, 97p. : il.</p> <p>Orientador : Prof. Dr. Mario Fernando de Goes.<br/> Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Restaurações (Odontologia). 2. Adesivos dentários. 3. Resinas compostas. I. Goes, Mario Fernando de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> |
|-------|--|

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

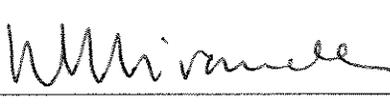


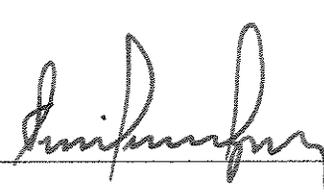
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

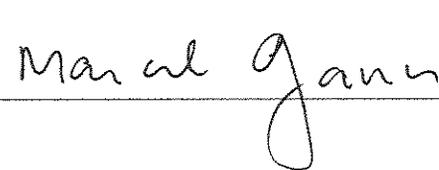


A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 10 de Abril de 2003, considerou o candidato OSWALDO SCOPIN DE ANDRADE aprovado.

1. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES 

2. Prof. Dr. WALTER GOMES MIRANDA JÚNIOR 

3. Prof. Dr. LUIZ FERNANDO PEGORARO 

4. Prof. Dr. MARCELO GIANNINI 

5. Prof. Dr. FREDERICO ANDRADE E SILVA 

Não tema...acredite...agradeça a Deus.  
O universo tem muitas maravilhas. Deus está em tudo.  
Procure por ele todos os dias...de todas as formas.  
Nada é tão grande quando comparado a ele...  
Deus sopra sobre nós sua graça, completamente...de  
uma forma que mal podemos sentir...  
...elegância...exaltação...amor.  
Obrigado Senhor.

***Love Supreme***  
***John Coltrane***

À minha esposa Adriana

Aos meus pais Oswaldo e Zenaide

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Ao Prof. Dr. Mario Fernando de Goes, Titular da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela amizade, atenção, exemplo de dignidade, dedicação ao ensino e a pesquisa, e por ter me orientado na elaboração desta tese.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pelo auxílio na elaboração da análise estatística.

Aos professores da Área de Materiais Dentários, Prof. Dr. Simonides Consani e Prof. Lourenço Correr Sobrinho.

Ao Prof. Dr. Frederico Andrade e Silva, Titular da Área de Prótese Fixa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, por ter me aceito como seu orientado no curso de pós-graduação em Clínica Odontológica, e pela confiança que teve em minha pessoa desde a graduação.

Ao Prof. Dr. Marcelo Giannini, da Área de Dentística da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, por me orientar na execução dos ensaios de microtração.

Ao Engenheiro Marcos Blanco Cangiani, técnico da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela paciência e colaboração técnica nesta tese.

Ao biólogo Adriano Luis Martins, do Departamento de Diagnóstico Oral, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, por sua atenção e por me auxiliar na utilização do microscópio eletrônico de varredura.

À Sra. Selma Barbosa Segalla, funcionária da Área de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela atenção dispensada durante todo o curso.

À bibliotecária Srta. Marilene Girello, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela orientação na revisão das referências bibliográficas.

Ao amigo Vinícius di Hipólito, aluno do curso de pós-graduação em Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP que me auxiliou em todas as partes deste experimento.

Às secretárias da pós-graduação Érica e Sônia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, por serem sempre prestativas e atenciosas.

Às empresas 3M Espe, Ivoclar-Vivadent e Kuraray por fornecer o material utilizado neste estudo.

À FAPESP pela concessão de Auxílio à Pesquisa, Processo 2001/07511-3.

# SUMÁRIO

|                            | PÁGINA |
|----------------------------|--------|
| RESUMO                     | 1      |
| ABSTRACT                   | 3      |
| 1. INTRODUÇÃO              | 5      |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA   | 11     |
| 3. PROPOSIÇÃO              | 37     |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS     | 39     |
| 5. RESULTADOS              | 53     |
| 6. DISCUSSÃO               | 69     |
| 7. CONCLUSÃO               | 75     |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77     |
| ANEXOS                     | 85     |

## RESUMO

Este estudo avaliou a adaptação marginal de restaurações indiretas em resina composta fixadas com resina composta para fixação em dentina selada por diferentes formas de aplicação do agente adesivo e/ou associado a uma resina composta de baixa viscosidade (RCBV). Adicionalmente avaliou a resistência de união entre a resina composta e a dentina selada nas paredes correspondentes às regiões pulpar e vestibular de preparos cavitários, classe I. Molares humanos hígidos foram usados e preparados para restaurações indiretas tipo *inlay* confeccionados nas superfícies dentinárias previamente planejadas da região oclusal. Foram utilizadas três técnicas para selar a dentina: 1) Convencional: o adesivo foi aplicado e polimerizado imediatamente antes da fixação; 2) Dupla Aplicação: duas aplicações de adesivo são utilizadas, a primeira logo após o preparo e outra no momento da fixação e 3) *Resin Coating Technique*: uma RCBV foi aplicada e polimerizada sobre a primeira camada de adesivo polimerizada, previamente a moldagem, e uma segunda camada foi aplicada e polimerizada antes da fixação final da restauração. Cada restauração foi polida e a solução de vermelho ácido e propileno-glicol foi colocada em cada espécime por 10 s. A penetração do corante foi captada por uma lupa estereoscópica, e a imagem da restauração foi transferida para um computador para avaliação percentual nas margens. O ensaio de tração foi aplicado na parede pulpar e vestibular da restauração. Os espécimes foram seccionados para obtenção de uma área de aproximadamente 0,8 mm<sup>2</sup>. A tração foi realizada em uma máquina de ensaio universal sob velocidade de 1 mm/min. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey. O valor médio de adaptação marginal apresentado pelo Grupo 3 foi maior em relação aos do Grupo 1 e 2 ( $p < 0,05$ ). Na parede pulpar, o valor de resistência de união foi maior para o Grupo 1, quando comparada com os Grupos 2 e 3 ( $p < 0,05$ ). Na vestibular, a maior média foi apresentada pelo Grupo 2 que foi estatisticamente diferente em relação ao Grupo 1 e 3. No Grupo 3 o valor de resistência de união foi maior em relação ao valor do

Grupo 1 ( $p < 0,05$ ). A análise do tipo de fratura em MEV mostrou que para o Grupo 1, parede pulpar (G1P), houve predominância de fraturas do tipo coesiva na camada híbrida (Tipo I) com diferença estatística significativa em relação à aplicação de duas camadas de adesivo na mesma região (G2P) e na região vestibular (G2V), e em relação à parede vestibular onde foi aplicada a RCBV (G3V). Não houve diferença estatística entre estes três últimos Grupos. O Grupo 2/ parede pulpar (G2P) apresentou predominância da fratura do tipo III (mista), com diferença estatística em relação ao Grupo 1, parede pulpar (G1P). No Grupo tratado com duas camadas de adesivo na parede vestibular (G2V), foi encontrado predominância de dois tipos de fratura o tipo II, coesiva em resina composta, e o tipo III. No Grupo tratado com a RCBV na parede vestibular (G3V), foi encontrado predominância de fratura tipo II. O tipo de fratura da parede pulpar, com RCBV (G3P) e na região de parede vestibular onde foi aplicada somente uma camada de adesivo (G1V) não apresentaram diferença estatística entre si e em relação aos demais grupos. A utilização de uma segunda camada de adesivo e/ou RCBV apresentou resistência de união diferente em função da morfologia estrutural da parede e foi dependente da quantidade de material usado para selar a dentina na interface de união.

Palavras-Chave: resina composta - adesivo dentinário - resistência de união - cimento resinoso – adaptação marginal

## ABSTRACT

This study evaluated the marginal adaptation of composite indirect restorations bonded with dual curing resin cements after different strategies to seal dentin with dentin bonding agent and/or associate with a low viscosity composite resin (LVCR). Additionally, it was evaluated the bond strength between composite resin and pre-sealed dentin, in pulpal and buccal walls of class I, prepared for indirect restorations. Intact human molars were ground to obtain a flat surface in dentin and prepared to be restored with Class I indirect composite restorations. Three techniques to seal dentin were tested: 1) Conventional Technique: the bonding agent was applied and polymerized just before the cementation of the indirect restoration; 2) Dual Bonding Technique: a first layer of the bonding agent was applied and polymerized just after preparation, and a second layer just before the final cementation and 3) Resin Coating Technique: a LVCR, was also applied and polymerized after the first layer and before the impression a new application of dentin bonding agent was done before the placement of de restoration. Each restoration was polished and a solution of red acid and propylene-glycol was dropped on each specimen occlusal surface for 10 seconds. Staining penetration was captioned under stereoscopic lens; the image was then transferred to a computer with a measurement program to determine the extension of stain penetration. Group 3 showed the highest mean value in the marginal adaptation test, when comparing with the Groups 1 and 2 ( $p < 0,05$ ). The bond strength test was applied on pulpal and buccal wall of the restorations. All the specimens were sectioned to obtain  $0,8 \text{ mm}^2$  area. The specimens were mounted on a microtensile device and fractured using a universal testing machine at a crosshead speed of 1mm per minute. Analysis of variance showed statistical differences between groups. For pulpal wall Group 1 had significantly greater mean  $\mu\text{TBS}$ , than group 2 and 3 ( $p > 0,05$ ). There was no statistical difference between group 2 and 3. For buccal wall Group 2 had significantly greater mean  $\mu\text{TBS}$ , than group 3 ( $p > 0,05$ ). Group 1 had lowest value for this test on buccal wall. Using SEM analysis, the

fracture modes showed the presence of the resin-infiltrated layer in dentin for all groups. Fracture analysis showed predominance of cohesive failure within the hybrid layer (Type I) when one layer of adhesive applied on pulpal wall (G1P) with statistical difference when two layers were applied in the same region (G2P), and when a low viscosity resin were used on buccal wall (G3V). Group 2/pulpal wall (G2P) showed predominance of mixed cohesive failure (Type III) in composite resin and within the hybrid layer. In Group 2/buccal wall it were found two fracture modes, Type II, cohesive in composite resin and Type III. For Group 3/buccal (G3V) treated with LVCR was found predominance of Type II fracture. There was no difference in the fracture mode observed on pulpal wall / group 3 (G3P) and on buccal wall group 1 (G1V) and when compared with other groups. An application of two layers of adhesive resin and/or a LVCR showed different values for bond strength due to morphology of the tooth wall and depends on the amount of material used to seal dentin and the interface.

Keywords: composite resin - adhesive resin - resin cement - marginal adaptation - bond strength

## 1 - INTRODUÇÃO

Os modernos conceitos relacionados à Odontologia Restauradora direta ou indireta têm buscado no material restaurador estético a forma para recuperação biomecânica de dentes que perderam parte da estrutura por cárie ou trauma. A resina composta tem sido o material de escolha para desempenhar esta função com base na similaridade do seu módulo de elasticidade em relação às estruturas do dente e apresentar alto potencial para união tanto ao esmalte como à dentina (VAN NOORT 1994).

Estas características da resina composta quando associadas aos sistemas adesivos criaram alternativas técnicas que propiciaram um aumento na demanda pelas restaurações estéticas. Com modificações tanto na quantidade, tipo, tamanho médio das partículas inorgânicas e peso molecular dos monômeros que compõem a fase orgânica, as resinas compostas têm demonstrado maior facilidade na manipulação e aplicação do material durante os procedimentos restauradores. Entretanto, ainda continuam apresentando problemas relacionados à infiltração e integridade marginal decorrente da contração proveniente da polimerização (CHIUCCHI *et al.* 1991; DAVIDSON & DE GEE 1984; ROBINSON *et al.* 1987; SOARES *et al.* 2000).

Geralmente, a resina composta é aplicada pela técnica direta durante a confecção de restaurações em dentes anteriores e posteriores. Durante o processo de polimerização, a reação química, desencadeada na fase orgânica da resina, produz a conversão dos monômeros em polímeros resultando na aproximação das moléculas e conseqüente contração (VAN NOORT 1994). A magnitude da contração tem influência no estado de tensão gerado na interface entre a estrutura dental e o material restaurador e, geralmente, compromete a integridade da união nesta região. Além disso, a contração de polimerização das resinas também é influenciada pela forma geométrica da cavidade. Quando a relação entre as superfícies da restauração unidas às paredes da cavidade com as superfícies livres e não unidas, for maior que dois, a tensão gerada pela

contração da resina composta pode exceder a resistência de união às paredes da cavidade e produzir fendas marginais (FEILZER *et al.* 1987). Estes problemas quando são acrescidos à dificuldade de inserção e acabamento da restauração proporcionam, clinicamente, infiltração marginal, forma anatômica e contatos proximais inadequados, com conseqüente redução na longevidade da restauração (LLENA PUY *et al.* 1993; LEINFELDER 1997).

Embora a utilização de formas para restaurar uma cavidade por técnicas de adição e polimerização da resina composta em pequenas camadas ou a combinação com o uso de fontes de luz, que iniciam a polimerização com baixa intensidade nos primeiros 10 segundos e complementam a polimerização por mais 30 segundos em alta intensidade, tenham melhorado a adaptação marginal das restaurações (BURGESS *et al.* 1999), a indicação das resinas compostas, confeccionadas pela técnica direta, tem sido limitada às restaurações em dentes anteriores e cavidades médias e pequenas em dentes posteriores.

No início dos anos oitenta, foi demonstrado que restaurações indiretas confeccionadas em resina composta polimerizada fora da boca, apresentavam melhores condições clínicas em relação ao contato proximal, anatomia oclusal e adaptação marginal (PEUTZFELD & ASMUSSEN 1990; TOUATI & AIDAN 1997). Neste caso, todo procedimento técnico de confecção e polimerização da restauração ocorreu em ambiente externo à cavidade bucal e apenas uma fina camada de resina composta foi usada para a fixação da restauração (FUHRER 1997). Entretanto, durante a polimerização da resina composta utilizada para fixação, também pode ocorrer o desenvolvimento de tensões e produzir o rompimento entre a restauração e o dente, gerando infiltração marginal, principalmente, quando as margens da restauração estão localizadas em dentina (DOUGLAS *et al.* 1989, CASSIN & PEARSON 1992, HASEGAWA *et al.* 1990, BURROW *et al.* 1994, HASANRISOGLU *et al.* 1996, VAN DIJKEN & HORSTEDT 1996).

Desta forma, a integridade marginal também passa a estar diretamente relacionada à resistência de união entre a superfície da dentina e o sistema

adesivo associado à resina composta indicada para fixação das restaurações indiretas (SORENSEN & MUNKSGAARD 1995; MAK *et al.* 2002). Atualmente, tem sido sugerida a utilização de resinas compostas para fixação cuja reação de polimerização seja iniciada tanto por componente químico como pela forma física (MILLEDING 1992), em função da maior resistência de união desenvolvida nos primeiros momentos após o assentamento da restauração (NIKAIDO *et al.* 1992) e necessidade das áreas onde a luz visível não penetra. Além disso, a resina composta para fixação deve possuir consistência para escoamento adequado durante o procedimento de cimentação (DIETSCHI & SPREAFICO 1997).

Em associação às resinas compostas para fixação estão os sistemas adesivos, cujo desempenho depende da forma de tratamento da superfície da dentina. Assim sendo, a união pode ser obtida pelo condicionamento da dentina utilizando ácido fosfórico, em concentrações variáveis entre 30 e 40% durante 15 segundos, seguida pela aplicação de diversas camadas de uma solução polimerizável formada pela combinação de monômeros hidrófilos e hidrófobos (PERDIGÃO & LOPES 1999). Durante este processo ocorre a interdifusão do monômero hidrófilo na rede de fibras colágenas exposta pelo ácido para formar a camada híbrida (NAKABAYASHI *et al.* 1982; NAKABAYASHI *et al.* 1991; NAKABAYASHI *et al.* 1992). Neste procedimento técnico, o detalhe crítico está relacionado ao momento de lavar o ácido da superfície da dentina e promover a remoção do excesso de água para deixar a superfície levemente úmida e prevenir o colapso da rede de colágeno (SANO *et al.* 1998). O descaso técnico neste instante pode dificultar a difusão do monômero para obtenção da hibridização da região desmineralizada da dentina, resultando em vulnerabilidade à degradação hidrolítica e sensibilidade pós-operatória (KANCA 1996; SANO 1995).

Outro fator a ser considerado está relacionado à sensibilidade dos materiais resinosos ao ser usado sobre a superfície de dentina contaminada. No caso dos preparos para restaurações indiretas, a dentina é coberta por materiais restauradores provisórios até que a restauração definitiva seja unida à estrutura dental. Embora estes materiais provisórios sejam removidos antes do

procedimento de união, existe alguma dificuldade em se conseguir ótima resistência de união nestas circunstâncias (BERTSCHINGER *et al.* 1996). Apesar disso, tem sido relatado que é possível aumentar consideravelmente os valores de resistência de união quando a superfície da dentina é selada com agente adesivo, previamente à aplicação de materiais provisórios, e quando uma nova camada de adesivo é aplicada no momento da fixação final da restauração (BERTSCHINGER *et al.* 1996; PAUL & SCHÄRER 1997).

Esta forma operatória provavelmente pode aumentar a longevidade clínica da restauração que fica exposta aos esforços mecânicos e térmicos impostos na cavidade bucal (DIETSCHI & HERZFELD 1998; DIETSCHI & MOOR 1999). Seguindo esta mesma linha de pensamento, tem sido indicado a aplicação de uma resina composta de baixa viscosidade sobre o adesivo imediatamente após o preparo e antes de qualquer ato operatório para confecção e fixação final de restauração indireta com a resina composta para fixação (OTSUKI *et al.* 1993). Este procedimento técnico parece reduzir a formação de fendas na interface da resina composta para fixação com a dentina (SUZUKI 2000; KITASAKO *et al.* 2002) e aumentar a resistência de união, além de servir como uma camada relativamente flexível entre a resina composta restauradora e a dentina, para absorver as tensões produzidas pela contração de polimerização da resina composta para fixação e pelo esforço mastigatório (SWIFT *et al.* 1996; MONTES *et al.* 2001)

Por outro lado, também é preciso considerar que a dentina é uma estrutura biológica complexa e que alterações em suas propriedades em diferentes partes do dente, além das diferenças em sua localização podem afetar a resistência de união (MARSHALL *et al.* 1997; SANO *et al.* 1994). Dessa forma, uma somatória de fatores pode contribuir para a formação de fendas e irregularidade entre a resina composta para fixação e as formas tridimensionais do preparo cavitário (IRIE & SUZUKI 2001; DIETSCHI *et al.* 2002). Nestes casos o método de avaliação por microtração tem sido significativo, principalmente por permitir mensurações da resistência de união em determinadas regiões do

preparo cavitário e aproximar-se das condições clínicas (SANO *et al.* 1994; SANO *et al.* 1995; TAY *et al.* 2000; BOUILLAGUET *et al.* 2001). Isto foi demonstrado em trabalhos que avaliaram a resistência de união em regiões de dentina lesada por cárie e esclerosada (NAKAGIMA *et al.* 1995; YOSHIYAMA *et al.* 1996).



## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

Em 1982, NAKABAYASHI *et al.* estudaram e mostraram a efetividade de monômeros que tenham grupos hidrófilos e hidrófobos em sua composição para utilização em dentina. Os autores mostraram a penetração destes monômeros na dentina previamente tratada com uma solução que contém 10% de ácido cítrico e 1% de cloreto férrico. Foi observado também que esta faixa penetrada e polimerizada por estes monômeros é resistente a desmineralização com ácido hidrocloreto, e concluem que esta área se torna reforçada por estes monômeros biocompatíveis.

DAVIDSON & DE GEE, em 1984, avaliaram a capacidade de escoamento de duas resinas compostas durante as fases iniciais do processo de polimerização. Utilizando um dispositivo desenvolvido para mensuração da contração volumétrica de polimerização, eles concluíram após os resultados que em áreas de adesão deficiente a contração de polimerização pode romper a interface.

Em 1987, FEILZER *et al.* realizaram um experimento utilizando as resinas compostas autopolimerizáveis Silar e P-10 (3M). O material a ser testado era colocado em um aparato com que permitia a regulagem para se obter diferentes configurações de superfícies, assim ajustando-se este aparato se obtinha a relação entre superfície aderida e não aderida. A tensão ocorrida durante a polimerização era mensurada por 30 minutos. Os resultados mostraram que quanto maior o valor do resultado da relação superfícies aderidas sobre superfícies não aderidas maior a tensão gerada. Os autores propuseram o termo fator de configuração, ou fator-C, para descrever a relação entre superfícies aderidas e não aderidas, e relacionaram com a classificação de Black para preparos cavitários. O valor 0,2 seria referente à resina composta sobre uma superfície dental plana. Simulando uma cavidade classe IV o valor seria 0,5. Valores entre 1 e 2 estariam cavidades tipo III e II respectivamente. Os maiores valores ficariam para cavidades tipo classe V e I com valores 2 e 5

respectivamente. Os autores concluíram que quanto maior o valor do fator-C maior o potencial de desenvolver tensão entre as superfícies aderidas e a resina composta.

ROBINSON *et al.*, em 1987 compararam a microinfiltração em esmalte de restaurações classe II, tipo MOD, de resina composta utilizando duas técnicas restauradoras, e a utilização ou não da termociclagem. Todas as cavidades tiveram suas paredes proximais localizadas em esmalte, sendo um lado ao nível da parede pulpar e outro 1 mm aquém da junção cimento-esmalte. Foram utilizados quatro grupos para o experimento, sendo dois grupos restaurados pela técnica incremental direta à partir da parede gengival, e os outros dois grupos, com restaurações tipo *inlay*, confeccionados com a mesma técnica, porém em modelos de gesso. A resina composta microparticulada Prisma-Fine (LD Caulk) foi utilizada nas duas técnicas. Para os grupos de restaurações indiretas foi utilizado o cimento resinoso Comspan (LD Caulk). Não foi citado o adesivo utilizado em nenhuma das duas técnicas. Um grupo de cada técnica foi submetido à 2500 ciclos térmicos. Para os testes de microinfiltração os corpos-de-prova foram imersos em cloreto de cálcio por duas horas, e depois seccionados e avaliados indiretamente com auto-radiografias em cinco graus diferentes de microinfiltração. Para as espécimes que não foram submetidas à termociclagem não houve diferença nos valores de microinfiltração quando comparadas as duas técnicas. A técnica direta apresentou o maior grau de penetração do isótopo quando submetida à ciclagem térmica. Os autores também observaram que quanto mais próxima à parede gengival da restauração da junção cimento-esmalte, maior a microinfiltração e concluíram que isto provavelmente é devido ao maior volume de resina e à direção dos prismas de esmalte na região o que pode dificultar a adesão da resina composta na estrutura dental.

Em 1989, devido ao aumento da utilização das resinas compostas e as conseqüências clínicas devido à contração intrínseca do material que supostamente causaria desadaptação das margens, DOUGLAS *et al.* realizaram um estudo comparando a técnica de inserção direta do material com a técnica

indireta. Este estudo *in vitro* utilizou 40 terceiros molares extraídos que foram divididos em quatro grupos sendo dois grupos para restaurações diretas e dois para indiretas. Foram confeccionados preparos tipo classe V, sendo metade da cavidade em dentina, metade em esmalte. Os autores utilizaram resina composta microparticulada para ambos os grupos e as restaurações indiretas não foram submetidas a nenhum tratamento laboratorial posterior, portanto somente luz foi usada como ativador físico da polimerização das resinas compostas. A metodologia utilizada para determinar a microinfiltração foi a imersão em solução de nitrato de prata a 50% por duas horas e subsequente imersão em solução reveladora por 8 horas. Os resultados obtidos levaram os autores a concluir que em geral a técnica indireta na confecção de restaurações de resina composta é superior a técnica direta em termos de microinfiltração, principalmente na interface dentina-resina.

Considerando que devido a técnica indireta ser polimerizada em ambiente extra-oral e que a contração de polimerização ocorre nesta fase, PEUTZFELD & ASMUSSEN em 1990 , compararam a eficácia de adaptação e formação de fendas de três técnicas para confecção de restaurações tipo *inlay/onlay*. Foram testadas as resinas Brilliant (Coltene AG), Estilux Posterior C VS (Kulzer) e SR-Isosit (Ivoclar). As resinas Brilliant e Estilux que tecnicamente podem ser fotopolimerizadas permitiram a confecção de *inlays* de duas formas, diretamente na cavidade e indiretamente em modelo de gesso após moldagem com material elastomérico. Para a técnica indireta, a resina Brilliant foi submetida a um ciclo extra de polimerização em uma unidade DI-500 (Coltene) de luz e calor por 7 minutos, e a resina Estilux polimerizada em uma unidade Dentacolor XS (Kulzer) por 6 minutos. Como o sistema SR-Isosit utiliza pressão e temperatura como ativação, as restaurações só foram realizadas pela técnica indireta. Os testes de adaptação foram realizados em uma matriz metálica simulando uma cavidade tipo MOD (mésio-ocluso-distal) para restauração tipo *inlay*, e os testes de formação de fendas foi realizado em dentes naturais que foram desgastados até apresentarem uma superfície plana em esmalte ou dentina. As restaurações

indiretas foram cimentadas com resinas compostas específicas de polimerização *dual* de cada fabricante. A formação de fendas foi analisada em microscópio óptico antes e depois de serem submetidos a termociclagem. No teste de adaptação as resinas compostas Brilliant e Estilux confeccionadas diretamente apresentaram menores valores de adaptação nas primeiras 24 horas, sendo que após este tempo não houve diferença significativa entre elas. Nos testes realizados para avaliar a formação de fendas não houve diferença entre as técnicas e entre as resinas. Também não encontraram formação de fendas quando as margens das restaurações se situavam em esmalte, e citaram que margens localizadas em dentina são mais críticas e sensíveis à técnica adesiva. Os autores concluem que a principal vantagem das restaurações realizadas pela técnica indireta é a possibilidade de se obter uma melhor adaptação marginal.

Com o propósito de avaliar e comparar a microinfiltração de restaurações diretas e indiretas de resina composta HASEGAWA *et al.* realizaram em 1989 um estudo *in vitro* em cavidades classe II, tipo MOD. Os dentes foram preparados para restaurações tipo *inlay*, sendo que uma caixa proximal se localizou em esmalte e a outra abaixo da junção cimento-esmalte, portanto em dentina ou cimento. Cinco grupos foram utilizados no estudo sendo que em todos os dentes foi utilizado cimento de ionômero de vidro (Ketac-Bond/Espe-Premier) como base. Os grupos 1 e 3 foram restaurados pela técnica direta com as resinas compostas P-30 (3M) e Heliomolar (Vivadent) com seus respectivos adesivos. Os grupos 2, 4 e 5 foram restaurados com *inlays* confeccionados pela técnica indireta em modelos de gesso. O grupo 2 foi restaurado com P-30 (3M) e cimentado com uma fina camada desta mesma resina. As restaurações dos outros dois grupos foram confeccionadas com Heliomolar (Vivadent) e fixadas respectivamente com Heliomolar (Vivadent) e Dual Cement (Vivadent), com seus respectivos sistemas adesivos. Os espécimes foram submetidos à 300 ciclos de termociclagem, antes do teste de microinfiltração utilizando-se solução aquosa de nitrato de prata. Os resultados mostraram que a microinfiltração, quanto a localização esmalte ou dentina, foi muito maior nas margens localizadas abaixo da junção cimento-

esmalte, para todos os grupos avaliados. Não houve diferença significativa para as margens localizadas em esmalte para os grupos de restaurações indiretas e diretas com P-30, porém o grupo restaurado com Heliomolar obteve os piores resultados em esmalte. Nas margens gengivais as restaurações indiretas obtiveram os menores valores de microinfiltração, quando comparadas as restaurações diretas, exceto para o grupo da resina Heliomolar onde não houve diferença entre as técnicas. Os autores concluem que a contração de polimerização das resinas compostas é um fator contribuinte para a microinfiltração em restaurações classe II, salientam também que quando na ausência de esmalte os adesivos ainda não são totalmente efetivos para o selamento em dentina.

Segundo CIUCCHI *et al.* em 1990 a principal causa da ocorrência de cáries recorrentes e injúria pulpar em restaurações de resina composta é a microinfiltração. Este inconveniente destas restaurações seria devido a uma das mais indesejadas características das resinas, a contração de polimerização. A contração de polimerização que ocorre quando a restauração é realizada pela técnica direta pode levar a ruptura da interface dente-restauração causando um espaço nesta área, o que teoricamente levaria a microinfiltração. Para avaliar a adaptação marginal e o selamento destas restaurações foram utilizadas duas técnicas de confecção direta de restaurações de resina composta e uma técnica indireta, e ambas comparadas com restaurações de amálgama de prata. Os testes foram realizados em terceiros molares preparados para restauração tipo MOD, sendo que um lado da cavidade se localizou 0,5 mm acima da junção cimento-esmalte e o outro lado 0,5 mm abaixo. Para o método direto de inserção da resina composta foram usadas duas técnicas, a primeira é a técnica de polimerização em três direções utilizando-se de matriz transparente e cunha refletora onde a primeira camada foi inserida na parede gengival e as seguintes nas paredes laterais da cavidade. A outra técnica utilizada foi a técnica incremental em camadas de 0,5 mm a partir da parede gengival. Para a técnica indireta neste experimento foi utilizado o sistema Coltene D.I. (Coltene) que consiste de uma

resina composta híbrida polimerizada por luz e calor. Restaurações realizadas com amálgama de prata (Dispersionalloy, Johnson & Johnson) também foram acrescentadas neste estudo como controle. Os testes de adaptação proximal e de infiltração marginal foram realizados com e sem termociclagem. O primeiro teste consistiu em avaliar em MEV (microscopia eletrônica de varredura), réplicas obtidas das restaurações após os procedimentos adesivos, o acabamento e o polimento. Não houve diferença estatística entre os grupos que foram submetidos à termociclagem e os que não foram. Os resultados mostraram que nenhuma das técnicas conseguiu superar o amálgama em ambos os testes, e que em relação às resinas a técnica incremental em camadas de 0,5 mm foi superior. Os autores concluem que as restaurações de amálgama ainda permitem melhor adaptação e selamento marginal. Não foi citado o tipo de cimento resinoso utilizado para a técnica indireta, apenas que foi o mesmo procedimento adesivo.

RUEGGERBERG & MARGESON em 1990, estudaram a formação da camada de oxigênio presente na superfície das resinas, que influencia na união entre sistema adesivo e resina restauradora. Os autores testaram a formação desta camada em duas atmosferas artificiais, uma com presença de oxigênio e outra com a presença de argônio. Os espécimes polimerizados na presença de argônio apresentaram uma camada mais uniforme e espessa de adesivo. Os autores concluíram que a camada de oxigênio presente na superfície dos adesivos influencia a efetiva união entre este e o material restaurador.

Em 1991, NAKABAYASHI *et al.* mostraram a importância de se obter uma região de interdifusão de monômeros com características hidrofílicas e hidrofóbicas que quando polimerizados formam uma camada em dentina ácido-resistente selando a dentina contra a infiltração. Para se obter esta região os autores utilizaram o monômero 4-META (4 metacriloxi-etil trimelitato), que possui as características acima formando uma camada híbrida que a nível microscópico é formada por dentina desmineralizada impregnada com resina.

Em 1992, CASSIN & PEARSON realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a microinfiltração comparando a técnica direta com a técnica indireta

realizada em sessão única. Foram utilizados quatro grupos, sendo dois para cada tipo de material. Para as restaurações realizadas com a técnica incremental direta foi utilizada a resina composta Heliomolar (Ivoclar-Vivadent) em cavidades MOD tipo classe II, sendo que o término de um dos lados proximais da cavidade em esmalte e o outro lado com término em cimento. Para os dentes restaurados pela técnica indireta foram realizados preparos como descrito para o grupo anterior, sendo estes moldados com silicone e na seqüência isolados e confeccionados modelos do mesmo material elastomérico para confecção das restaurações tipo *inlay* com o sistema EOS (Ivoclar-Vivadent). Foi utilizado um cimento resinoso de polimerização dupla. Um grupo de cada material foi submetido a termociclagem. Para a avaliação da microinfiltração foi utilizada uma solução de vermelho neutro por 24 horas. Os dois grupos que não foram submetidos à ciclagem térmica, foram avaliados imediatamente. A termociclagem realizada nos outros dois grupos simulou, segundo os autores, três meses de uso *in vivo* antes da avaliação da microinfiltração. Os resultados mostraram que nos dentes que não foram submetidos à ciclagem térmica, houve mais fendas que não foram coradas nas restaurações indiretas. Para ambos os materiais, os dentes submetidos à ciclagem térmica apresentaram valores menores de microinfiltração quando comparados com os que não foram submetidos ao teste. Os autores concluem que os resultados sugerem que houve menos infiltração nos dentes restaurados pela técnica indireta, porém como a durabilidade deste tipo de procedimento depende do agente cimentante, as propriedades do cimento resinoso devem ser avaliadas cuidadosamente.

Após descrever a camada híbrida e como funciona o mecanismo de interdifusão dos monômeros dentro da camada desmineralizada de dentina, NAKABAYASHI *et al.* em 1992 avaliaram *in vivo* a formação da camada híbrida. Foram utilizados três dentes de dois pacientes com extração indicada devido à doença periodontal. Um dos dentes apresentava cárie e dois estavam intactos. As superfícies vestibulares dos dentes foram desgastadas até a dentina ser exposta obtendo uma superfície lisa da mesma. Foi utilizado o adesivo C & B Metabond

(Sun Medical, Japão), que possui em sua composição os monômeros que possuem características hidrofílicas e hidrofóbicas. Os autores observaram a impregnação e o preenchimento da área desmineralizada levando a formação de uma camada híbrida que minimiza a hidrólise do colágeno com o tempo aumentando a durabilidade da adesão entre resina e dentina.

Para avaliar a resistência inicial de união de cimentos resinosos ao esmalte e a dentina, NIKAIDO *et al.* em 1992, utilizaram o teste de tração em dentes bovinos. Foram avaliados três tipos de técnicas para cimentos resinosos Dual Cement (Vivadent), Luting Cement (3M) e um cimento experimental (Tokuyama). Os autores conseguiram melhores resultados de resistência de união com a utilização de uma camada de uma resina composta de baixa viscosidade sobre a dentina e polimerizada antes da fixação final da peça. Esta técnica denominada *resin-coating* apresentou melhores resultados de resistência de união, não havendo diferença estatística nos espécimes testados após 1 minuto, 10 minutos e 24 horas. Os autores concluíram que a resistência de união é desenvolvida nos primeiros momentos após o assentamento da restauração, quando se utiliza cimentos resinosos quimicamente ativados.

Variando o tipo de cimento e o tipo de restauração de resina composta, MILLEDING em 1992 comparou a microinfiltração de restaurações indiretas com restaurações diretas de resina composta. Foram preparadas cavidades tipo MOD que estendiam seus términos abaixo da junção cimento-esmalte. Para o estudo foram utilizados cinco grupos, o grupo 1 foi restaurado pela técnica incremental direta com a resina composta para dentes posteriores Occlusin (ICI), os grupos 2 e 3 foram restaurados pela técnica indireta com a mesma resina do grupo anterior. A resina composta indicada para técnica indireta SR-Isosit (Ivoclar) foi utilizada para realizar as restaurações dos grupos 4 e 5. As restaurações do grupo 2 e 4 foram cimentadas utilizando-se da técnica adesiva com condicionamento apenas em esmalte e um cimento resinoso de dupla polimerização. No grupo 3 e 5 as restaurações foram cimentadas com cimento de ionômero de vidro. Após a cimentação os corpos-de-prova foram submetidos a ciclagem térmica com 1500

ciclos em banhos de 5° C e 55° C . Foi utilizado como corante uma solução aquosa de azul de metileno a 2%, onde os espécimes foram mantidos por 24 horas. Os cinco valores utilizados para a avaliação da microinfiltração das restaurações em esmalte foram os seguintes, 0= sem microinfiltração, 1= limitada ao esmalte, 2= indo além da junção amelo-dentinária, 3= atingindo o assoalho da cavidade, 4= alcançando a polpa. Para restaurações com margem em dentina os valores foram, 0= sem microinfiltração, 1= microinfiltração somente no ângulo cavosuperficial, 2= ao longo da região do ângulo cavosuperficial, 3= ao longo da margem gengival e chegando a parede axial, e 4= quando o corante alcança a polpa. Não houve infiltração nem diferença entre as restaurações diretas e indiretas com término em esmalte, porém quando utilizado cimento de ionômero de vidro houve infiltração mas sem alcançar a junção amelo-dentinária. Todas as restaurações diretas com término além da junção cimento-esmalte apresentaram o maior índice de microinfiltração. As restaurações indiretas fixadas com cimento resinoso apresentaram em 83% dos espécimes pouca ou nenhuma infiltração de corante. Os corpos-de-prova que obtiveram os mais altos índices de microinfiltração foram os que restaurados com Occlusin indireto e cimentados com ionômero de vidro. Os autores concluem que quando as margens da restauração se localizam em dentina a técnica direta é a mais susceptível à microinfiltração, e que quando utilizada a técnica indireta é imprescindível a utilização de um cimento resinoso de dupla polimerização.

Em 1993, LLENA PUY *et al.*, realizaram um estudo *in vitro* de adaptação marginal utilizando a microinfiltração como critério. Dois grupos de 10 dentes foram preparados para receber restaurações indiretas da resina composta Brilliant (Coltene). Foram utilizados preparos cavitários classe II sendo que em um dos grupos o término gengival era em esmalte e o outro em cemento. As restaurações foram confeccionadas na técnica indireta sobre modelo de gesso, e fixadas com a técnica adesiva. Apenas o esmalte foi condicionado e a dentina tratada com primer do agente cimentante, Duo-Cement (Coltene). Os espécimes foram submetidos à ciclagem térmica e imersos em solução de nitrato de prata

para avaliar a microinfiltração. A avaliação microscópica mostrou que não houve infiltração ao nível de esmalte em nenhuma restauração. Para os espécimes com término em cimento, dois mostraram coloração que demonstravam microinfiltração porém não atingindo a parede axial. Baseado nos resultados obtidos neste experimento os autores concluem que a técnica de confecção de restaurações indiretas de resina composta é promissora, visto que, o operador consegue excelente ponto de contato e o custo desta é inferior ao da cerâmica.

OTSUKI *et al.* em 1993, testou a técnica denominada *resin-coating* como proteção do elemento dental preparado para restaurações indiretas tipo *inlay*. Foram avaliadas três técnicas, sendo uma com adesivo autocondicionante, outra com a técnica de condicionamento com ácido fosfórico e a técnica *resin-coating* onde após a polimerização do adesivo uma camada da resina composta de baixa viscosidade, foi aplicada e fotoativada previamente aos procedimentos de moldagem. Foram realizados testes de tração e de microinfiltração utilizando um corante à base de fucsina básica. Os resultados sugerem, segundo os autores, que a utilização da resina composta Protect Liner F, diminui a infiltração marginal e aumenta os valores de resistência de união no teste específico de tração.

Em 1994, BURROW *et al.*, avaliaram a resistência de união utilizando o teste de tração de sete adesivos dentinários, 1 minuto, 10 minutos e 24 horas após a colocação e polimerização da resina composta. Para este experimento foram utilizados dentes bovinos que tiveram suas superfícies vestibulares desgastadas para se obter uma área de 4 mm de diâmetro de esmalte ou dentina, para os testes. Para os resultados em esmalte houve pouca diferença entre os grupos, porém para dentina as variações foram maiores. Os adesivos mostraram maiores valores de tração após 24 horas. Os autores concluíram que os resultados foram devidos à técnica de polimerização da resina composta sobre os dentes que não permitiu a polimerização total inicial do material, que se completou após 24 horas. A resina sobre os corpos-de-prova foi polimerizada lateralmente e visto que a camada possuía mais de 4 mm a porção mais próxima ao centro do dente não se polimerizou imediatamente resultando em baixos valores de

resistência de união inicialmente. Portanto, os autores alertam sobre a necessidade de se garantir a polimerização correta do material, e quando utilizada a luz visível deve-se se limitar a 2 mm as camadas da resina composta.

Em 1994, SANO *et al.* testaram a resistência de união com teste de tração em espécimes em formato de ampulheta que permitiam avaliar áreas menores que 0,4 mm<sup>2</sup>. A utilização desta metodologia permitiu avaliar espécimes com tamanho padrão, podendo ser obtido diversos corpos-de-prova no mesmo dente. Os autores mostram que em áreas desta dimensão é possível avaliar a resistência de união sem que ocorra falha adesiva nos espécimes, aproximando os resultados deste teste as variações que ocorrem clinicamente na dentina.

VAN NOORT em 1994 descreve a composição e a estrutura da tanto da matriz orgânica como inorgânica das resinas compostas. O autor explica que o processo de polimerização, desencadeado na fase orgânica da resina, produz a conversão dos monômeros em polímeros resultando na aproximação das moléculas levando a conseqüente contração do material, que pode levar a desadaptação marginal e possibilidade de ocorrência de cárie recorrente.

NAKAJIMA *et al.* em 1995, compararam *in vitro* a resistência de união, de três sistemas adesivos, All Bond 2 (Bisco), Scotchbond Multi-Purpose (3M) e Clearfil Liner Bond II (Kuraray). Os adesivos foram submetidos à teste de tração sobre dentina afetada ou não por cárie. Os resultados obtidos mostraram que não houve diferença estatística para o Scotchbond Multi-Purpose nos dois tipos de dentina, enquanto que para os outros dois adesivos, os valores obtidos para dentina normal foram mais elevados que na dentina afetada por cárie. Os autores concluem que a resistência de união depende do tipo de adesivo e da característica da dentina a ser tratada.

Com a intenção de avaliar as propriedades de deformação da dentina humana desmineralizada e infiltrada por adesivos, SANO *et al.* em 1995, testaram a resistência de união de cinco sistemas adesivos utilizando o teste de microtração. Foram testados os adesivos All Bond 2 (Bisco), Scotchbond Multi-Purpose (3M), Superbond C&B (Sun Medical), Clearfil Liner Bond 2 e Clearfil

Photobond ambos da Kuraray. Quando a matriz de colágeno desmineralizada foi infiltrada efetivamente pelo adesivo, os resultados foram superiores até que a própria resistência da dentina natural. A hipótese dos autores seria que a área desmineralizada de colágeno necessita de mais tensão quando comparada a dentina natural que possui maior quantidade de material mineral, atingindo um limite elástico maior, se deformando mais antes de se fraturar.

Com a proposição do termo nanoinfiltração SANO *et al.* em 1995, confirmaram que pode ocorrer infiltração em restaurações adesivas sem a presença de fendas nas margens. O estudo foi realizado em restaurações classe V de terceiros molares extraídos. Foram utilizados cinco adesivos dentinários, sendo quatro que utilizam condicionamento ácido e um autocondicionante (KB-2000 - Kuraray). Os que utilizam a técnica de condicionamento são os seguintes: All-Bond 2 (Bisco), Superbond C&B (Sun Medical Company), Scotchbond Multi-Purpose (3M) e Clearfil Liner Bond System (Kuraray). Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de imersão em solução de nitrato de prata. Os dentes foram seccionados e avaliados em MEV. Não houve coloração em esmalte indicando ausência de infiltração. Foi observado que a penetração da solução ocorreu mesmo sem a formação de fendas, abaixo da camada híbrida, o sistema All-Bond 2 (Bisco) foi o adesivo em que os valores de microinfiltração foram os mais elevados enquanto que o sistema autocondicionante KB-2000 Experimental, obteve os menores valores. Os autores concluíram que todos os sistemas adesivos testados podem criar restaurações livres de fendas em cavidades classe V, porém mesmo na ausência destas fendas todos os adesivos não foram capazes de impedir a penetração de prata abaixo da camada híbrida.

SORENSEN & MUNKSGAARD em 1995 avaliaram a movimentação de inlays cilíndricos de cerâmica fixados com cimento resinoso. Foram testados os cimentos resinosos Choice (Bisco), Dual Cement (Vivadent), Porcelite Dual Cure (Kerr) e Sono System (ESPE). Cavidades para restaurações tipo inlay foram confeccionadas em dentina, com padronização da espessura de cimento. Foram feitas mensurações no intervalo de 2 até 30 minutos após a polimerização do

cimento, sendo um total de 11 medidas. A movimentação das restaurações foi principalmente nos 12 primeiros minutos, após o final do ciclo de fotoativação. Foram observadas a formação de fendas em algumas áreas nas margens das restaurações.

BERTSCHINGER *et al.* em 1996 avaliaram a eficácia da aplicação de adesivos dentinários imediatamente após o preparo dentinário. As superfícies dos dentes tratados eram protegidas com os adesivos e sobre elas um material provisório era aplicado. Após a remoção do material provisório a superfície era novamente condicionada e o cimento resinoso aplicado. Teste de cisalhamento foram utilizados para verificar a eficácia do procedimento. Com essa metodologia os autores concluíram que a utilização do adesivo dentinário imediatamente após o preparo protege a dentina aumentando a resistência de união neste teste específico.

Em 1996, HASANREISOGLU *et al.* realizaram um estudo *in vitro* comparando a microinfiltração de quatro materiais restauradores de resina composta. Foram utilizados dois sistemas para restaurações indiretas o EOS *Inlay* (Ivoclar) e o SR-Isosit (Ivoclar). O primeiro é uma resina composta microparticulada que foi submetida a 40 segundos de polimerização à luz visível. O sistema SR-Isosit utiliza uma unidade de pressão e temperatura para tratamento final do material. As outras duas resinas compostas utilizadas são materiais híbridos que podem ser usados tanto para a técnica direta como para a técnica indireta. A resina Brilliant (Coltene) foi polimerizada inicialmente a 40 segundos em luz visível e depois submetida à um ciclo extra de 120° C por 7 minutos. A resina composta Estilux (Kulzer) somente foi polimerizada com luz em dois ciclos, primeiramente com 90 segundos e na seqüência com 180 segundos. Para o teste foram feitas cavidades tipo classe II em pré-molares extraídos com cavidades MOD sendo um lado em esmalte e outro em dentina. Em todas as cavidades foi utilizado cimento de ionômero de vidro para cobrir a estrutura dentinária, e quando a margem gengival se localizava abaixo da junção cimento-esmalte o material foi colocado até metade da parede gengival. Como as resinas Brilliant e Estilux

podem ser feitas tanto diretamente como indiretamente, dois grupos foram confeccionados para cada resina, sendo um de *inlays* diretos no dente e outro em modelo de gesso. Após a fixação, com os cimentos resinosos dos mesmos fabricantes, os dentes foram submetidos à ciclagem térmica e aos testes de microinfiltração com fucsina básica por 24 horas. Os resultados mostraram que as restaurações realizadas diretamente na cavidade mostraram os melhores resultados e que a infiltração ocorreu em ambas as interfaces, dente-ionômero e ionômero-restauração. Os autores confirmam que quando em esmalte a microinfiltração ocorre a níveis superficiais não atingindo a região dentinária.

Para avaliar o efeito de várias técnicas para remover o excesso de água da dentina KANCA, em 1996, testou o adesivo One Step (Bisco) com sete estratégias de remoção do excesso de água da dentina. Os resultados mostraram que houve diferença estatisticamente significativa quando se variava o tempo e a intensidade da secagem da dentina. O maior valor obtido para resistência de união foi para os grupos de menor intensidade de secagem de ar e maior distância. O autor conclui que a técnica de remoção de água da dentina influencia significativamente a resistência de união, e que adesivos que possuem acetona em sua composição, como One Step, deve ser utilizado em dentina úmida.

SWIFT *et al.* em 1996, realizaram, um experimento utilizando restaurações diretas de resina composta em cavidades classe V de molares hígidos para teste de microinfiltração. Foram feitas duas cavidades em cada dente uma na face vestibular e outra na face palatina/lingual. As margens oclusais da restauração estavam em esmalte e a margem cervical em dentina ou cimento. Foram testados os adesivos All Bond 2 (Bisco), Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray), Optibond (Kerr), Prime&Bond (Dentsply) e Scotchbond Multi-Purpose (3M) conforme a orientação do fabricante de um lado do dente. No lado oposto foram testados os mesmos adesivos, porém associados a dois tipos de resina composta de baixa viscosidade, a Protect Liner F (Kuraray) do sistema Clearfil e a Optibond FL, do sistema Optibond. Os resultados mostraram que os sistemas desenvolvidos para serem utilizados juntamente com resinas compostas de baixa viscosidade

como os sistemas Clearfil Liner Bond 2 e Optibond são mais eficientes em reduzir a microinfiltração em dentina. Os autores concluem que a associação de uma resina de baixa viscosidade sobre o adesivo atua como uma camada relativamente flexível entre a resina composta restauradora e a dentina absorvendo as tensões produzidas pela contração de polimerização da resina composta e pelo esforço mastigatório.

Em 1996, VAN DIIJKEN & HORSTEDT, avaliaram a degradação marginal de restaurações indiretas de resina composta tipo *inlay/onlay* em 40 pacientes cinco anos após a inserção. Foram realizadas 100 restaurações com a resina composta Brilliant D.I.(Coltene) fixadas com a resina composta Brilliant Duo Cement (Coltene) e seu respectivo adesivo. A primeira avaliação foi realizada um mês após a fixação e a segunda após cinco anos utilizando réplicas obtidas de moldagens intra-orais. Foram observadas mais falhas nas interfaces cimento resinoso-dente em relação a interface cimento-resina composta-restauração. Com os resultados os autores concluíram que mesmo havendo formação de fendas houve somente dois casos com lesões superficiais de cáries que não comprometeram clinicamente as restaurações e que a maioria das fendas ocorriam na região cervical.

YOSHIYAMA *et al.* avaliaram em 1996, através de microtração regional, a influência do tipo de dentina na resistência de união de três sistemas adesivos. Foram testados os adesivos All Bond 2 (Bisco), Scotchbond Multi-Purpose (3M) e Clearfil Liner Bond II (Kuraray). Os autores encontraram diferença significativa entre os grupos quando comparada as cavidades preparadas para o teste, portanto em dentina sadia, e as cavidades pré-existentes, com dentina esclerótica ou afetada por cárie. As cavidades tipo classe V, quando preparadas apresentavam valores próximos de 40% maior quando comparadas com as cavidades naturais. Os autores concluem que há diferença de comportamento dos sistemas adesivos quando se varia a característica regional dentinária.

DIETSCHI & SPREAFICO, em 1997, consideram que devido às restaurações adesivas de cerâmica e resina composta necessitarem de técnicas

adesivas que permitam uma perfeita adaptação entre dente-material restaurador, o procedimento de fixação é um passo crítico que pode afetar todo tratamento. Os autores acrescentam a importância em se utilizar uma resina composta para fixação com tempo de trabalho e consistência adequados para inserção da peça. Consistência adequada seria o correto escoamento do material. Outra característica é a dupla polimerização indispensável para áreas onde a luz visível não penetra.

Utilizando-se da descrição de um caso clínico, FUHRER, em 1997 descreveu as vantagens da utilização de restaurações indiretas de resina composta em cavidades extensas de dentes posteriores. O autor discute que para se restaurar dentes posteriores com materiais estéticos há três opções: resina composta direta, indireta e cerâmica. A técnica direta, quando em cavidades extensas são tecnicamente difíceis de executar devido à dificuldade de inserção, acabamento, polimento, obtenção de correta oclusão e contato proximal adequado. A cerâmica possui custo elevado devido às técnicas laboratoriais. Portanto, o autor relata que se confeccionando a restauração de resina composta em laboratório é possível o controle total da forma adequada da restauração, além de obter melhores propriedades físicas da mesma.

Em uma revisão sobre a evolução das resinas compostas em 1997, LEINFELDER, cita as vantagens da utilização de técnicas de confecção indireta de restaurações de resina composta. Entre estas vantagens está a possibilidade de confecção destas em modelos que permitem total controle da anatomia, adaptação marginal e contato proximal.

Em uma revisão sobre as características da estrutura dentinária MARSHALL *et al.* em 1997, expõem a complexidade do substrato dentinário, e como este fator influencia a técnica adesiva. Os autores discutem sobre toda a estrutura dentinária, e enfatizam a dificuldade para se avaliar procedimentos adesivos devido às variações estruturais no tecido e a variabilidade de métodos científicos. Citam também que o direcionamento dos túbulos dentinários nas

regiões proximais pode proporcionar maior área mineralizada no corpo do túbulo dentinário para a difusão dos adesivos.

PAUL & SCHÄRER em 1997 descreveram uma técnica em que foi utilizado um adesivo autocondicionante logo após o preparo de restaurações indiretas. A seqüência utilizada pelos autores foi baseada em publicações como a de BERTSCHINGER *et al.* em 1996 em que foi mostrado que o selamento prévio dos túbulos dentinários protege a superfície dentinária exposta sem alterar as técnicas de moldagem e os procedimentos restauradores, aumentando também a resistência de união do cimento resinoso à dentina. Outra vantagem desta técnica é a facilidade de limpeza da superfície selada. O cimento provisório pode ser facilmente removido já que a dentina se encontra selada com uma película de adesivo.

Dividindo as resinas compostas indiretas em duas gerações TOUATI & AIDAN (1997), descrevem a evolução destes sistemas. Inicialmente os autores citam que a utilização de resinas compostas para técnica indireta começou no início da década de oitenta na Europa. A primeira geração era representada por resinas compostas microparticuladas que se fraturavam e se desgastavam devido as suas propriedades físicas, e possuíam baixa quantidade de carga inorgânica, aproximadamente 50% em peso, baixo módulo de elasticidade, em torno de 2500 MPa e resistência à flexão de até 100 MPa. Com o aumento da quantidade de carga inorgânica, para aproximadamente 75% em peso e mudanças na forma de polimerização, com por exemplo, a utilização de luz e calor ao mesmo tempo, estas resinas compostas atingem valores de 160 MPa de resistência à flexão e possuem módulo de elasticidade de até 12000 MPa.

DIETSCHI & HERZFELD realizaram em 1998, um experimento para avaliar *in vitro* a adaptação marginal de restaurações classe II da resina composta Tetric (Vivadent) confeccionadas em quatro formas diferentes. Duas técnicas foram a confecção direta da resina na cavidade e duas semidiretas. A diferença entre as restaurações da técnica direta foi a direção de polimerização sendo uma diretamente por proximal e outra por oclusal. Entre as restaurações realizadas

pela técnica semidireta, isto é, as restaurações que foram submetidas à polimerização fora da cavidade e posteriormente fixadas houve uma diferença na confecção da técnica. Em um dos grupos as cavidades foram condicionadas com ácido fosfórico 37% e em seguida aplicado o sistema adesivo Syntac (Vivadent) previamente a moldagem, então as restaurações foram cimentadas com a técnica adesiva utilizando a resina para fixação Variolink (Vivadent). Para os outros grupos foram usados os mesmos materiais. Os corpos-de-prova foram submetidos a ensaio de carga mecânica, a fim de simular a mastigação, a termociclagem. Os testes simularam um ano de utilização clínica. Com os resultados obtidos os autores concluíram que em dentina a técnica direta e a indireta possuem adesão insuficiente. A técnica com aplicação dupla de adesivo antes da moldagem e durante a inserção da peça nos procedimentos de fixação é a que apresentou a melhor adaptação. Os autores afirmam que a utilização de um tratamento prévio da dentina protege a rede de colágeno mantendo-a intacta, o que não ocorre quando há a hibridização no momento da inserção da peça.

SANO *et al.* em 1998, publicaram um artigo sobre considerações clínicas em adesão dentinária. Inicialmente os autores citam a importância da hibridização na técnica restauradora, porém citando os fatores críticos que envolvem este procedimento. Um destes fatores é a manutenção da rede de colágeno após o condicionamento ácido, que pode se colapsar se não for mantida umedecida para permitir a penetração do adesivo. Para evitar este passo crítico existe uma outra estratégia para evitar este possível colapso da rede de colágeno, a utilização de sistemas autocondicionantes. Estes sistemas utilizam monômeros ácidos que permitem que a rede de colágeno permaneça mais flexível e permeável a infiltração e difusão do *primer*. Os autores concluem também que nenhuma das duas estratégias de adesão permitem um selamento perfeito da dentina, e que estudos clínicos devem ser realizados para avaliar a degradação dos sistemas adesivos a longo prazo.

BURGESS *et al.* em 1999, avaliaram as propriedades físicas e a formação de fendas com quatro unidades utilizadas para polimerização de resinas

compostas. Para a avaliação da formação de fendas foram realizadas cavidades classe V em 40 molares, sendo a metade da cavidade em esmalte e metade em dentina. Os dentes foram restaurados pela técnica direta com resina composta Herculite XRV (Kerr). No grupo 1 foi utilizado laser de argônio (AccuCure), para o grupo 2 foi utilizado o aparelho de luz visível Optilux 500 (Demetron), no grupo 3 foi utilizado um aparelho de luz visível de alta intensidade (KCP Whisperjet). Finalmente no grupo 4 foi utilizado o aparelho Elipar High (ESPE), que inicia a polimerização com baixa intensidade nos primeiros 10 segundos e complementam com mais 30 segundos em alta intensidade. Os resultados mostraram que a técnica de polimerização em duas intensidades não diminuiu as propriedades físicas da resina composta utilizada. Outra conclusão é que esta técnica não diminui a contração de polimerização da resina composta porém melhora a adaptação marginal em restaurações classe V. Os autores concluíram as restaurações realizadas com o aparelho Elipar High apresentou menor abertura marginal.

Em 1999, DIETSCHI & MOOR realizaram um experimento em que avaliaram a adaptação marginal e interna de restaurações indiretas de resina composta e cerâmica. Foram utilizados dois agentes cimentantes resinosos e três materiais restauradores. A resina Tetric (Vivadent) foi confeccionada pela técnica semidireta e submetida ao calor seco (110° C) por 7 minutos. As cerâmicas utilizadas foram In-Ceram Spinell (Vita) e Duceram LFC (Ducera). Todos foram testados com os cimentos resinosos Panavia (Kuraray) e Variolink (Vivadent) com seus respectivos adesivos. Para o experimento foram confeccionadas cavidades classe II para restaurações tipo *inlay* em molares hígidos, sendo uma face proximal com término em dentina e outra em esmalte. Os corpos-de-prova foram submetidos à ciclagem térmica e mecânica, simulando um ano de uso clínico. Após os testes, os dentes foram seccionados e réplicas das margens foram feitas para avaliação em MEV. Em esmalte as falhas ocorriam devido a microfraturas na estrutura levando a defeitos nas margens. Em relação a dentina a adaptação marginal foi considerada satisfatória quando a porcentagem de continuidade era

acima de 75%, que não foi obtida pelas combinações Tetric-Variolink e In-Ceram-Panavia. Os melhores resultados foram a combinação LFC Duceram-Panavia com 85% de continuidade. Os autores consideram que o melhor desempenho deste cimento pode ser devido ao seu escoamento que permite uma melhor adaptação. Outro fator observado na MEV é a compressão da camada híbrida que foi considerado como uma possível explicação para os baixos valores dos outros grupos.

Com o objetivo de avaliar o comportamento biomimético de laminados confeccionados em cerâmica, MAGNE & DOUGLAS em 1999, testaram o comportamento biomecânico com três formas de fixação. A primeira sem a utilização de adesivo, a segunda o adesivo aplicado e polimerizado antes dos procedimentos de moldagem, e o terceiro o adesivo foi aplicado e polimerizado através da peça protética juntamente com o cimento resinoso. Através de análise de elemento finito foi observado que a utilização de facetas laminadas cerâmicas devolvem as características biomecânicas do elemento dental. Outro tipo de análise realizada foi a avaliação em MEV, e a utilização de adesivos dentinários promoveu um selamento efetivo nas margens da restaurações. A técnica de aplicação do adesivo previamente aos procedimentos de moldagem apresentou formação de prolongamentos resinosos mais espessos, e maior continuidade da linha de cimentação. Os autores concluíram que a técnica de aplicação dupla do adesivo pode ajudar a prevenir a infiltração marginal e a sensibilidade pós-operatória.

PERDIGÃO & LOPES em 1999, publicaram uma revisão onde foram discutidos a evolução dos sistemas adesivos, os mecanismos de adesão e as características da estrutura dentinária. Os autores citam que a maioria dos sistemas adesivos utiliza condicionamento ácido previamente a aplicação do adesivo dentinário, porém há adesivos que utilizam outra estratégia de adesão. Estes outros sistemas são chamados de adesivos autocondicionantes, que possuem em sua formulação substâncias que ao mesmo tempo em que condicionam penetram na dentina. A vantagem deste segundo tipo de estratégia é

que a simplificação da técnica adesiva reduz o passo crítico que é o procedimento de lavagem do ácido e remoção do excesso de água. Com a eliminação dos passos de lavagem e secagem, as quais são difíceis de padronizar se evita o colapso da rede de colágeno que pode influenciar a eficiência da técnica.

UNTERBRINK & LIEBENBERG em uma revisão publicada em 1999, discutiram a importância da utilização de adesivos com carga para compensar a tensão gerada pela contração de polimerização das resinas compostas. Os autores enfocam a evolução dos tipos de adesivos dentinários, e a importância da discussão dos valores obtidos com testes laboratoriais. Um ponto importante discutido pelos autores é a espessura da camada de resina não polimerizada devido ao contato com o oxigênio. Esta camada, segundo discutido pelos autores, é extremamente importante na adesão com a resina restauradora, desta forma camadas com espessura menor que 20 $\mu$ m podem não suportar a contração de polimerização, podendo causar falhas na interface. Avaliando artigos encontrados na literatura os autores concluíram que é importante a utilização de uma resina fluída ou de adesivos com carga que funcionem como uma camada que ajude a preservar a integridade marginal, se deformando quando sujeita as forças geradas pela contração de polimerização.

SUZUKI em um artigo publicado em 2000 avaliou clinicamente a eficácia de um sistema adesivo aplicado imediatamente após o preparo de restaurações indiretas, antes dos procedimentos de moldagem e confecção de provisório. O sistema adesivo Superbond D-Liner II (Sun Medical). Os autores concluíram que a utilização de um sistema adesivo imediatamente após o preparo elimina a sensibilidade pós-operatória em 100% dos casos, não afetando a adaptação marginal, nem a durabilidade das restaurações após 3 anos de acompanhamento clínico.

Em 2000, TAY *et al.* utilizaram o teste de microtração para avaliar a função das fibras de colágeno durante os testes de resistência de união. Foi avaliado também neste experimento a morfologia do tipo de fratura avaliando utilizando MEV. Foram utilizados os adesivos Single Bond (3M) e One Step

(Bisco), sendo ambos utilizado tanto para técnica úmida como para dentina seca. Para os dois adesivos a técnica úmida se mostrou mais eficiente, com valores significativamente maiores que para a técnica seca. Os autores sugerem que quando as regiões submetidas aos testes de resistência de união a carga é simultaneamente transferida tanto para o adesivo como a para a estrutura de colágeno, com isso aumenta o limite elástico da região testada.

YOSHIKAWA *et al.* em 2001, avaliaram a adaptação marginal de restaurações confeccionadas com resina composta pela técnica direta. Foram avaliadas neste estudo variações de intensidade de luz e como este fator influencia o selamento marginal e a adaptação nas paredes da cavidade. Três adesivos foram testados Clearfil Photo Bond (Kuraray), Super-Bond D Liner (Sun Medical) e a resina composta Photo Clearfil Bright (Kuraray) como material restaurador. Cavidades cilíndricas foram confeccionadas em dentina com variações na intensidade de luz aplicada para a técnica restauradora. A principal conclusão dos autores é que alta intensidade, neste caso  $600 \text{ mW/cm}^2$ , aplicado por 60 segundos tem efeitos negativos na adaptação marginal de restaurações diretas. Para a avaliação da adaptação e do selamento marginal foi utilizada a solução Caries Detector (Kuraray), e o grau de penetração do corante foi mensurado em uma lupa associada á um programa de imagens.

BOUILLAGUET *et al.* em 2001, avaliaram as características das paredes da dentina tratadas com sistemas adesivos. Foi utilizado para este experimento testes de microtração realizados nas paredes oclusal, gengival e axial, de dentes restaurados com resina composta pela técnica direta. Os autores enfatizam a dificuldade em padronizar os espécimes e a variação que ocorre quando as superfícies são desgastadas com papel abrasivo ou com pontas diamantadas. Foram utilizados o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M) e a resina composta Z100 (3M). Os autores descrevem na conclusão que testes realizados em superfícies planas não possuem influência do fator C, e com isso estes valores podem ser super estimados.

Em 2001, IRIE & SUZUKI avaliaram a formação de fendas e a influência da termociclagem na adaptação marginal em *inlays* confeccionados com resina composta, assim como as propriedades mecânicas de quatro cimentos. Foram utilizados para cimentação das restaurações os cimentos resinosos Compolute Aplicap (Espe) e Panavia 21 (Kuraray), o cimento ionomérico modificado por poliácido Fuji Plus (GC) e a resina composta modificada por poliácido PermaCem (DMG). A adaptação marginal foi avaliada através de microscópio óptico em duas regiões antes e depois da termociclagem. Para os cimentos resinosos convencionais ocorreu aumento do tamanho das fendas após a termociclagem enquanto que para os modificados diminuiu. Quanto às propriedades mecânicas o cimento resinoso Compolute apresentou diminuição dos valores de resistência à flexão após a termociclagem enquanto que os outros valores maiores. Os autores concluem que os melhores valores quanto ao selamento marginal após a ciclagem mecânica é devido à expansão higroscópica dos cimentos modificados, e que um selamento mais previsível é esperado com os cimentos resinosos, pois estes se mantêm estáveis após a ciclagem mecânica.

MONTES *et al.* em 2001, avaliaram através do teste de microtração, a resistência de união de três resinas compostas de baixa viscosidade em associação com um adesivo sem carga, em uma e em duas camadas. Foram avaliados 6 grupos sendo no Grupo 1 utilizada duas camadas do adesivo Single Bond (3M), para o Grupo 2 foi usada uma camada de Single Bond e uma camada da resina de baixa viscosidade Flow-it (Jeneric Pentron). No grupo 3 a resina composta Flow-it foi substituída pela resina de baixa viscosidade e de baixo módulo de elasticidade denominada Protect Liner-F (Kuraray). No grupo 4 foi utilizada uma camada de OptiBond Solo (Kerr) e no grupo 5 duas camadas. Para o grupo 6 foram utilizadas uma camada de Single Bond e uma camada da resina experimental de baixa viscosidade EM (3M ESPE). Os resultados mostraram que a utilização de resinas de baixa viscosidade em restaurações direta não altera os resultados nos testes de microtração, entretanto analisando tipo de fratura em MEV pode se concluir que uma resina de baixa viscosidade e de baixo módulo de

elasticidade pode agir como intermediário que reduz a tensão produzida pela contração de polimerização das resinas compostas.

Em 2001, OGATA *et al.* avaliaram a influência da direção dos túbulos dentinários na resistência de união, utilizando os testes de microtração. Foram feitas avaliações nas paredes pulpar e lateral, dos dentes testados com os adesivos Clearfil LB II (Kuraray), Imperva Fluoro Bond (Shofu), Single Bond (3M) e One Step (Bisco). Os autores encontraram formação de camada híbrida mais espessa nos sistemas que utilizaram ácido fosfórico como pré-tratamento da dentina. Os maiores valores em todos os grupos foram encontrados sempre na parede lateral devido ao direcionamento dos túbulos dentinários.

SOARES em 2001, avaliou a infiltração marginal em cavidades restauradas com resinas compostas de diferentes viscosidades. Foram realizados preparos tipo classe V em molares humanos, e restaurados com três tipos de materiais; uma resina composta de alta viscosidade (Sure Fil – Dentsply), uma resina composta de baixa viscosidade (Tetric Flow – Vivadent) e uma resina modificada por poliácido (Dyract AP - Dentsply). Foram testadas as técnicas convencionais de polimerização por 40 segundos com luz visível e a técnica de polimerização gradual, inicialmente por 10 segundos com 30% da intensidade total do aparelho e 30 segundos com intensidade total. Em nenhum dos materiais testados foi observado infiltração em esmalte. Para dentina todos os espécimes apresentaram algum tipo de degradação marginal com penetração da corante na interface dentina-compósito.

ZHENG *et al.* em 2001 avaliaram a relação entre a espessura da camada de adesivo e os valores do teste de microtração. Foram utilizados os adesivos Single Bond (3M) e Liner Bond 2V (Kuraray). Os procedimentos recomendados foram realizados conforme especifica cada fabricante. A espessura da camada híbrida foi mensurada e o teste de microtração em todos os corpos-de-prova, foi realizado. Para o adesivo Clearfill Liner Bond 2V, o aumento da espessura de adesivo aumentou a resistência de união. Para o adesivo Single Bond quando aumentava a espessura se obteve menores valores nos teste de

microtração, e que acima de 25µm a ocorrência de fratura coesiva na camada de adesivo foi predominante.

Em 2002, DIETSCHI *et al.* investigaram a adaptação marginal e interna de restaurações tipo classe II em resina composta, após aplicação convencional e tardia do material restaurador sobre o adesivo. Para este experimento foram utilizados os adesivos Optibond FL (Kerr), um adesivo que possui carga em sua composição, e Prime&Bond 2.1 (Dentsply) que não possui nenhum tipo de carga na suas composição. Não houve diferença entre os dois tipos de adesivo em esmalte, para dentina o adesivo com carga Optibond FL obteve os melhores resultados, depois de 500000 ciclos de carga mecânica. Os autores concluem que após 24 horas ocorre uma polimerização mais efetiva do adesivo, e a colocação do material após este período diminui qualquer tensão na área da interface. É também enfatizado que a utilização de um adesivo que tenha carga na sua composição favorece o estabelecimento de um selamento mais efetivo.

KITASAKO *et al.* em 2002, publicaram uma avaliação *in vitro* da técnica denominada *resin-coating*, esta técnica preconiza o selamento prévio da dentina previamente aos procedimentos de moldagem e a confecção de provisório. O experimento foi realizado em dentes bovinos e mensurado a resistência de união dos seguintes materiais e seus adesivos associados; Claparl DC (Kuraray) com a técnica *resin-coating*, Panavia 21 (Kuraray) e Super-Bond C&B (SBCB), um dia após a cimentação, seis meses, um ano e três anos após armazenagem em água. Os resultados mostraram que o armazenamento em água influenciou negativamente a resistência de união, através do teste de microtração, dos cimentos testados. Foi realizada a análise do padrão de fratura, e os autores concluíram que a técnica descrita como *resin coating* melhora o selamento da dentina protegendo a interface.

MAK *et al.* em 2002, avaliaram a resistência à união de quatro cimentos resinosos utilizando o teste de microtração regional. Para o teste foram utilizadas superfícies planas de dentina obtidas por desgaste do esmalte oclusal. Foram confeccionadas restaurações indiretas com resina composta e em seguida fixadas

sobre as superfícies com os cimentos testados., seguindo as recomendações do fabricante. Os corpos de prova foram seccionados para o teste de microtração. Não houve diferença significativa entre os cimentos All-Bond 2 (Bisco) e Rely X (3M Espe), seguidos de Super-Bond C&B (Sun Medical) e Panavia F (Kuraray) que obteve os valores mais baixos nos testes. Os autores também avaliaram o tipo de fratura dos espécimes, nos cimentos que obtiveram os maiores valores houve predominância de fratura adesiva entre cimento e resina ou coesiva em cimento. Em contrapartida no cimento Panavia F foi encontrada predominância de fratura adesiva em dentina, que segundo os autores é devido ao sistema autocondicionante que é aplicado previamente à cimentação.

Em 2002, MONTES realizou um experimento para avaliar a adaptação marginal de restaurações diretas em resina composta confeccionadas em dentina. Cavidades classe I, com alto fator C, foram restauradas utilizando um adesivo que utiliza o ácido fosfórico como pré-tratamento da dentina, Prime&Bond 2.1 (Dentsply) e um adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond (Kuraray). Os adesivos foram utilizados como indicado pelo fabricante e associados à resina composta de baixa viscosidade Protect Liner F (Kuraray). Foram realizadas análises em MEV da superfície de todos os dentes restaurados para avaliação e mensuração das margens. O autor conclui que a utilização de uma resina composta de baixa viscosidade diminuiu a formação de fendas, porém aumentou as irregularidades nas margens de restaurações diretas de resina composta em dentina.

### **3 - PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a adaptação marginal de restaurações indiretas confeccionadas em resina composta e fixadas com resina composta para fixação (cimento resinoso) após o selamento da dentina por diferentes formas de aplicação do agente adesivo e/ou associado a uma resina composta de baixa viscosidade. Adicionalmente, avaliar a resistência de união entre a resina composta para fixação e a dentina selada nas paredes correspondentes às regiões pulpar e vestibular de preparos cavitários, tipo Classe I, configurados para restaurações indiretas.



#### 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas neste estudo, uma resina composta indicada para confecção de restaurações indiretas, uma resina composta indicada para fixação de restaurações em porcelana, resina e metal, com o respectivo sistema de união e uma resina composta de baixa viscosidade indicada para aplicação em regiões cervicais com sensibilidade. As características de todos os materiais utilizados estão descritas nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Características da resina composta indireta utilizada no estudo.

| Resina               | Composição*   | Lote   | Fabricante   |
|----------------------|---|--------|--|
| Targis<br>Dentin-220 | Inorgânica: 85% em peso de vidro de bário e sílica (0,04-1,0 $\mu$ m).<br>Orgânica: Bis-GMA,UDMA e co-polímeros multifuncionais do Bis-GMA. | D09938 | Ivoclar /<br>Vivadent-<br>Schaan-<br>Liechtenstein |

\* Informações do fabricante

**Tabela 2.** Composição, lote, fabricante da resina composta para fixação, sistema adesivo e resina composta de baixa viscosidade usados no estudo.

| <b>Material</b> | <b>Composição*</b>  | <b>Lote</b> | <b>Fabricante</b>                              |
|-----------------|---|-------------|--|
| Rely X ARC      | Pasta A: BisGMA, TEGDMA, partículas de zircônia/sílica (68%, em peso), fotoiniciadores e amina, pigmentos.<br>Pasta B: BisGMA, TEGDMA, peróxido de benzoila partículas de zircônia/sílica (67%, em peso). | CACA        | 3M Dental Products Division St. Paul, MN, EUA. |
| Single Bond     | BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, copolímeros do ácido poli-alquenoico, iniciador, etanol.  | 1FM         | 3M Dental Products Division St. Paul, MN, EUA. |
| Protect Liner-F | BisGMA, TEGDMA, co-polímeros do fluormetacrilato- metil metacrilato, canforoquinona, 42% em peso de sílica coloidal e partículas orgânicas pré-polimerizadas .  | 0050        | Kuraray Co., Osaka, Japão.                     |

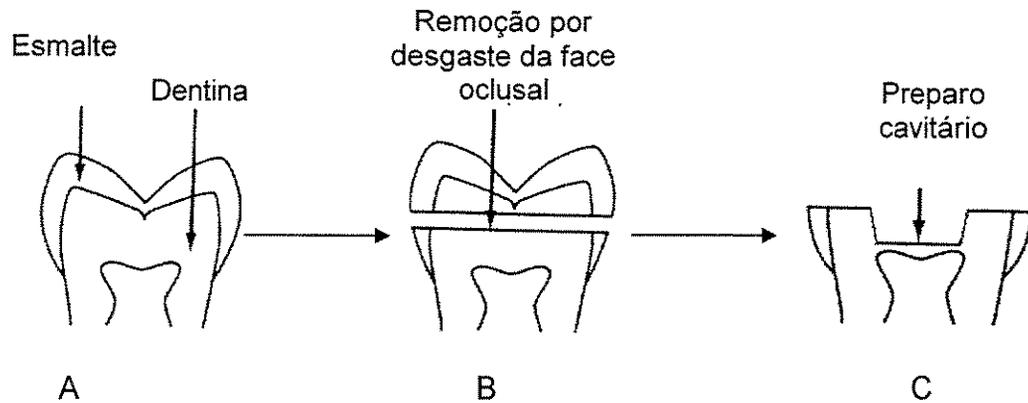
\* Informações do fabricante

### Teste de Adaptação Marginal

Para o teste de adaptação marginal foram utilizados 33 molares humanos hígidos recém-extraídos e armazenados em água sob temperatura de 4°C. Os dentes foram submetidos à profilaxia utilizando escova tipo pincel, em baixa rotação, associada a uma pasta profilática. Após a profilaxia, as raízes dos dentes foram incluídas com resina acrílica ativada quimicamente (Clássico, Artigos Odontológicos Ltda., Brasil) em cilindros plásticos, com 20 mm de diâmetro externo por 20 mm de altura, deixando a coroa dental totalmente exposta e projetada além da borda do cilindro plástico.

Em seguida, com o auxílio de uma politriz horizontal (Arotec S.A. Indústria e Comércio, Brasil) e lixas d'água de granulação 320 e 600 (Carborundum Abrasivos Ltda., Brasil), a superfície oclusal dos trinta e três dentes foi cuidadosamente desgastada sob refrigeração à água para se obter uma área plana em dentina e a periferia em esmalte (Figura 1B).

A seguir, nas superfícies da dentina foram confeccionadas cavidades com diâmetro de  $4 \pm 1$  mm e  $2,5 \pm 0,5$  mm de profundidade, levemente expulsivas para oclusal usando pontas diamantadas em formato cilíndrico arredondado N<sup>o</sup> 30006-31-131 025 e N<sup>o</sup> 845KR 31 025 (Brasseler, Savannah, GA, EUA), adaptada em turbina de alta rotação e sob constante irrigação ar-água. A forma geométrica da cavidade seguiu as recomendações técnicas para confecção de restaurações indiretas tipo *inlay* (Figura 1C). As pontas diamantadas foram substituídas por novas a cada 5 preparos. Todas as cavidades receberam acabamento com brocas de aço multilaminadas H339-014 (Brasseler, Savannah, GA, EUA). Após estes procedimentos, todos os dentes foram submetidos a banho ultra-sônico com água destilada durante 10 minutos para remoção de possíveis resíduos.



**Figura 1:** Ilustração esquemática do preparo da cavidade: (A) dente humano extraído antes do preparo cavitário; (B) Face oclusal do esmalte desgastada até exposição da dentina; (C) Preparo cavitário com aproximadamente 2,5 mm de profundidade.

Os dentes preparados foram separados aleatoriamente em 3 grupos. Os preparos cavitários dos dentes relacionados para Grupo 1 foram imediatamente moldados com auxílio de moldeiras individuais confeccionadas em plástico rígido, usando o material de moldagem elastomérico polimerizado por adição (Express-3M Espe, Dental Products Division St. Paul, MN, EUA), manipulado seguindo as recomendações do fabricante, para uso na técnica para moldagem dupla e simultânea. Com os moldes, foram obtidas réplicas em gesso especial tipo IV (Vel-Mix – Kerr Co., Orange, CA, EUA). Após a moldagem todos os dentes preparados foram armazenados em água sob temperatura de 4° C.

Nos dentes do Grupo 2, as paredes dos preparos cavitários foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, lavadas com água durante 30 segundos, e o excesso de água removido da cavidade usando bolinhas de algodão hidrófilo, deixando a superfície da dentina umedecida. O adesivo Single Bond foi aplicado em toda a superfície da cavidade com o auxílio de um pincel seguido por um leve jato de ar e foto-ativado por 10 segundos com a

unidade de luz visível XL 3000 (3M Dental Products Division, St. Paul, MN, EUA). Com as paredes da cavidade seladas, foi realizado o processo de moldagem do preparo cavitário seguindo os mesmos procedimentos técnicos descritos para os dentes do Grupo 1. Todos os dentes com os preparos cavitários selados foram armazenados em água sob temperatura de 4° C.

Os preparos cavitários referentes aos dentes do Grupo 3 também foram condicionados com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, lavados com água durante 30 segundos, e o excesso de água removido da cavidade usando bolinhas de algodão hidrófilo, deixando a superfície da dentina umedecida. O adesivo Single Bond foi aplicado em toda a superfície da cavidade com o auxílio de um pincel, seguido por um leve jato de ar e foto-ativado por 10 segundos com a unidade de luz visível XL 3000. Em seguida, uma camada de resina composta de baixa viscosidade (Protect Liner F) foi aplicada sobre a dentina previamente tratada com o adesivo Single Bond e também foto-ativada por 20 segundos. Depois disto, foi iniciado o processo de moldagem com os mesmos procedimentos técnicos descritos para o Grupo 1. Os dentes deste grupo também foram armazenados sob temperatura de 4° C.

Sobre os modelos obtidos em gesso foram confeccionadas as restaurações usando a resina composta do sistema Targis, de acordo com os seguintes procedimentos: 1. Isolamento dos modelos com agente espaçador/separador recomendado pelo fabricante; 2. Aplicação da resina Targis na cavidade, em camadas incrementais de 1mm, e polimerização pela unidade foto-ativadora (Targis Quick – Ivoclar/ Vivadent, Schaan- Liechtenstein), 10 segundos cada camada, até completar a restauração. Em seguida, foi adicionada uma porção de três milímetros da resina composta restauradora, com forma cilíndrica, sobre a superfície da restauração, para auxiliar na remoção e fixação da restauração na cavidade. Todas as restaurações em resina Targis foram removidas das respectivas cavidades e posicionadas no interior de um equipamento denominado Targis Power Curing Unit (Ivoclar/Vivadent, Schaan, Liechtenstein), específico para o sistema e, que combina a polimerização da

resina por ativação pela luz visível e temperatura, durante 20 minutos, conforme as instruções do fabricante.

Todas as restaurações foram fixadas nos respectivos dentes preparados nos Grupos determinados usando a resina composta Rely X ARC utilizada em combinação com agente adesivo de frasco único Single Bond. Para isto, as superfícies internas das restaurações em resina composta foram submetidas a tratamento com jato de óxido de alumínio (50 $\mu$ m) por 10 segundos, lavadas e limpas usando ácido fosfórico a 35%, por 10 segundos. Nos dentes do Grupo 1, as respectivas cavidades foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos e lavadas com água durante 30 segundos. O excesso de água foi removido da cavidade usando bolinhas de algodão hidrófilo, deixando a superfície da dentina umedecida, e o adesivo Single Bond foi aplicado em toda a superfície da cavidade com o auxílio de um pincel e foto-ativado por 10 segundos com a unidade de luz visível XL 3000. Neste momento, partes iguais da resina composta para fixação Rely X ARC foram dispensadas sobre a superfície de papel impermeável próprio para manipulação de resinas compostas, misturadas durante 20 segundos e aplicadas nas paredes internas da cavidade. Em seguida, a restauração em resina composta Targis foi posicionada, adaptada na cavidade e mantida sob pressão constante de 500g durante 10 minutos. As margens da restauração receberam ativação adicional usando a luz visível durante 40 segundos em três direções. Nenhum excesso da resina composta para fixação foi removido durante este procedimento.

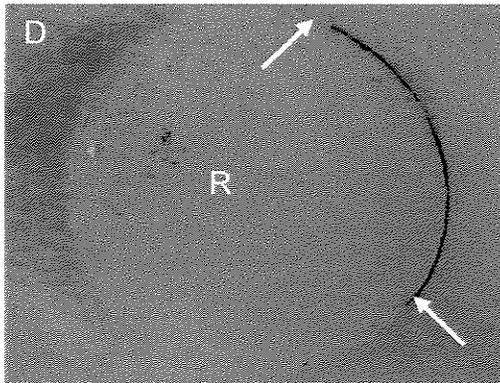
Nos dentes do Grupo 2 e 3, o ácido fosfórico a 35% também foi aplicado em toda cavidade que foi previamente selada com adesivo ou resina composta de baixa viscosidade (RCBV), lavado e a cavidade seca com leve jato de ar. Na seqüência, o adesivo Single Bond foi aplicado sobre todas as superfícies da cavidade com o auxílio de um pincel, seguido pela aplicação de um leve jato de ar e foto-ativado por 10 segundos com a unidade de luz visível XL 3000. Em seguida, partes iguais da resina para fixação Rely X ARC foram dispensadas,

manipuladas e usadas para fixação da restauração, seguindo os mesmos procedimentos descritos para o Grupo 1.

Após 24 horas de armazenamento, os corpos-de-prova receberam acabamento com lixas d'água de granulação decrescente a partir do número 320, 400, 600 e 1000 aderidas no prato giratório de uma politriz metalográfica (Arotec S.A. Indústria e Comércio, Brasil) sob irrigação constante. Para o polimento final da superfície dos corpos-de-prova, foram utilizadas pastas diamantadas com granulação de 6 $\mu$ m, 3 $\mu$ m e 1 $\mu$ m, respectivamente. Entre cada granulação de lixa d'água e pasta diamantada usada, os corpos-de-prova foram submetidos à limpeza em água destilada sob ultra-som, durante 10 minutos.

A seguir todos os corpos-de-prova foram submetidos a 1200 ciclos térmicos. Neste procedimento os corpos-de-prova permaneceram 30 segundos a 5° C e outros 30 segundos à temperatura de 55° C.

Em seguida, individualmente sobre a superfície de cada restauração foi aplicada uma solução de propileno-glicol e vermelho ácido 52 usada para detecção de cárie (Caries Detector-Kuraray Co., Japão), durante 10 segundos. Os corpos-de-prova foram lavados sob água corrente e seca com papel absorvente, a seguir foram posicionados, um a um, no estereomicroscópio Leica MZ6 (Suíça) no qual a imagem da área da restauração foi captada e transferida para um computador equipado com o programa Image ProPlus 4.1 (Media Cybernetic-Silver Springs, Maryland, EUA) para fazer a avaliação da adaptação marginal da restauração. A penetração do corante nas margens de cada restauração foi calculada em porcentagem e obtida pela proporção entre o comprimento da penetração do corante pelo comprimento total da cavidade, multiplicada por cem (YOSHIKAWA *et al.* 2001) como mostrado na figura 2. Os valores foram submetidos à análise estatística.



**a**

$$\text{Infiltração (\%)} = \frac{\text{Comprimento da penetração do corante}}{\text{Comprimento total das paredes cavitárias}} \times 100$$

**b**

**Figura 2:** a - Imagem obtida em lupa estereoscópica Leica e usada para ilustrar a infiltração do corante na interface dente-restauração (40X). Notar a penetração do corante em uma parte do comprimento total da interface dente restauração (seta). D= dentina; R=restauração.

**b** - Equação matemática usada para o cálculo percentual da penetração do corante na interface dente-restauração.

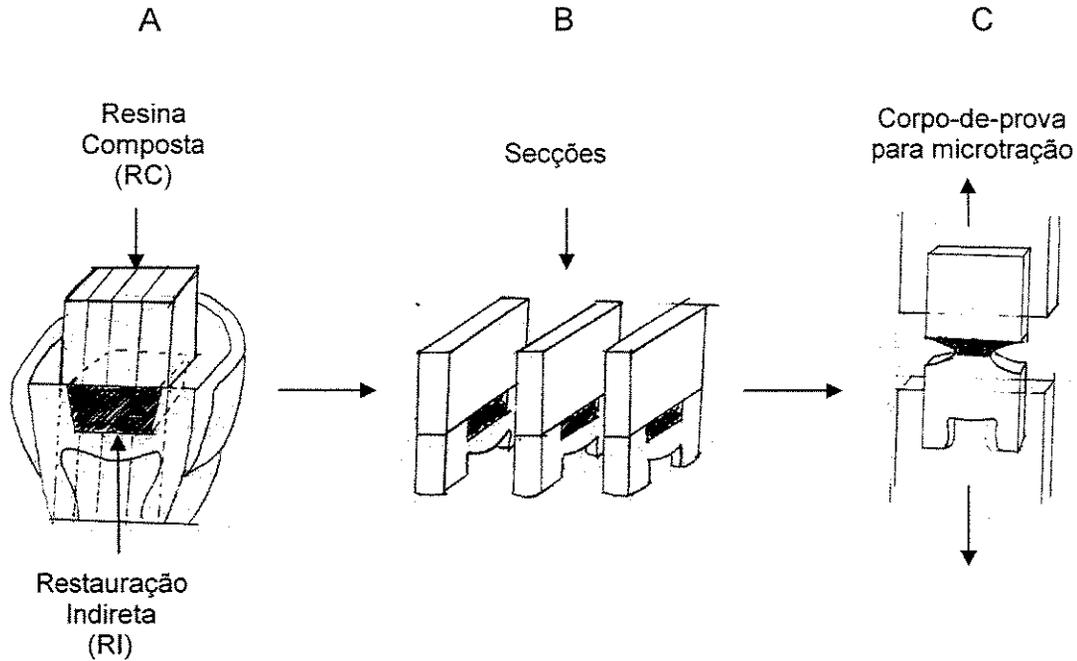
## Ensaio de Resistência de União

Na seqüência, as restaurações foram preparadas para o teste de resistência de união. A superfície oclusal de cada dente a ser submetido ao teste de microtração na parede pulpar foi condicionada com ácido fosfórico seguido pela aplicação e polimerização do adesivo Single Bond. Sobre o adesivo polimerizado, foi colocada uma camada de 4 mm de resina composta em incrementos de 2 mm (Z100-3M Espe, Dental Products Division St. Paul, MN, EUA), para facilitar o seccionamento do dente (Figura 3A). Após armazenamento em água destilada, os espécimes foram seccionados com irrigação constante no sentido ocluso-pulpar usando uma lâmina diamantada circular acoplada em uma cortadeira de precisão (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), para se obter espécimes com secções de aproximadamente 0,8 mm de espessura (Figura 3B).

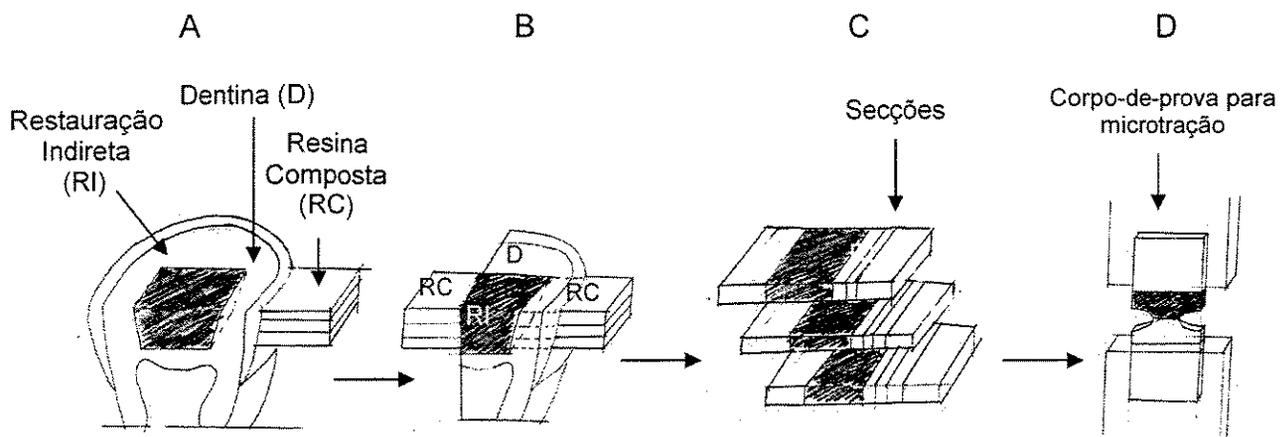
Para obtenção das secções na região vestibular, a estrutura do esmalte foi condicionada com ácido fosfórico e adicionado 4 mm de resina composta (Z100) associada ao sistema adesivo Single Bond (Figura 4 A). Em seguida a parte palatina/lingual do dente restaurado foi removida e a superfície da restauração indireta também foi condicionada com ácido fosfórico e outros 4 mm de resina composta foi acrescentado, com intuito de facilitar as secções dente/restauração para o ensaio de tração (Figura 4B, C e D).

Um mínimo de 10 secções foram utilizadas para cada grupo e região. Como não foi possível obter 10 secções dos dentes inicialmente submetidos ao teste de adaptação marginal, outros 15 dentes foram preparados, restaurados e submetidos às mesmas condições experimentais para a obtenção das secções específicas para o ensaio de tração.

Cada secção foi desgastada, com ponta diamantada em forma de chama, até alcançar a forma de uma ampulheta, com área de aproximadamente 0,8 mm<sup>2</sup> na região mais estreita, localizada na interface adesivo – dentina ou adesivo/resina de baixa viscosidade – dentina (Figuras 3C e 4 D).



**Figura 3 :** Preparo do corpo-de-prova para o ensaio de microtração na parede pulpar: (A) A cavidade foi restaurada com adesivo e/ou resina de baixa viscosidade e resina composta. Quatro milímetros de resina composta foram acrescentados sobre a superfície da restauração para facilitar o corte do dente em secções perpendiculares à interface adesivo/dentina no sentido longitudinal para teste da resistência de união na parede pulpar; (B) Secções do dente/restauração; (C) Corpo-de-prova preparados para serem submetidos ao ensaio de microtração.



**Figura 4 :** Preparo do corpo-de-prova para o ensaio de microtração na parede vestibular: (A) A cavidade foi restaurada com adesivo e/ou resina de baixa viscosidade e resina composta indireta. Quatro milímetros de resina composta foi acrescentado sobre a superfície vestibular para facilitar o corte do dente em secções perpendiculares à interface adesivo/dentina para teste da resistência de união na parede vestibular; (B) Hemi-secção do dente restaurado com acréscimo de 4 mm de resina composta na superfície do lado lingual/palatino da restauração indireta (C) Secções do dente/restauração; (D) Corpo-de-prova preparado para ser submetido ao ensaio de tração.

Os espécimes foram montados em um dispositivo similar ao sistema Bencor – Multi T com o adesivo à base de cianoacrilato e submetidos às forças de tração em uma máquina de ensaio universal Instron (modelo 4411, Canton, MA, EUA) sob velocidade de 1mm/minuto (Figuras 3C e 4D).

Os valores originais obtidos em quilograma-força (kgf) foram aplicados à equação matemática abaixo para obtenção dos valores de resistência de união em mega Pascal (MPa).

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

$R_U$  = Resistência de União

F = Força

A = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

Os valores transformados foram submetidos à análise estatística.

## **Análise do Padrão de Fratura**

Após o ensaio de tração, os espécimes fraturados foram coletados e armazenados em água destilada durante 24 horas. Em seguida, as partes dos espécimes fraturados foram pareadas e posicionadas em porta amostras de alumínio para cobertura com ouro/paládio e observação do padrão de fratura em microscópio eletrônico de varredura (MEV) de pressão variável (JSM-5600 VP, JEOL - Japão). Durante a remoção dos espécimes do aparato da máquina de ensaio universal, alguns corpos-de-prova se fraturaram em fragmentos o que impossibilitou a análise de todos os corpos-de-prova. Dessa forma, o número de espécimes analisados para cada grupo e região estão descritos na Tabela 5.

Os espécimes analisados foram classificados da seguinte forma:

**Fratura Tipo I - Coesiva em Camada Híbrida:** quando a fratura ocorreu no corpo ou na base da camada híbrida.

**Fratura Tipo II - Coesiva em Resina Composta:** quando a fratura ocorreu no corpo da resina composta, seja esta na resina composta para fixação ou na resina composta de baixa viscosidade.

**Fratura Tipo III - Coesiva Mista:** quando ambos os tipos de fratura, estavam presentes no mesmo espécime, em aproximadamente 50% da área.

Após a classificação do tipo de fratura os resultados foram submetidos à análise estatística não paramétrica.



## 5 - RESULTADOS

### Avaliação da penetração do corante

Os valores originais, em porcentagem, da média da infiltração do corante nas margens da cavidade restaurada com resina composta na forma indireta usando diferentes resinas para fixação estão listados nos anexos 1, 2 e 3. Os valores originais foram transformados segundo arco seno da raiz de X/100 e submetidos à análise de variância (Anexo 4) e ao teste de Tukey ( $\alpha = 5$ ), conforme a Tabela 3.

**Tabela 3:** Valores médios (%) de infiltração do corante nas margens das cavidades restauradas com resina de forma indireta .

| <b>Grupo</b> | <b>Número de repetições</b> | <b>Médias *</b> |
|--------------|-----------------------------|-----------------|
| Grupo 1      | 12                          | 8,44 b          |
| Grupo 2      | 11                          | 18,92 b         |
| Grupo 3      | 10                          | 43,59 a         |

\*médias seguidas por letras distintas que diferem entre si, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Grupo 1 – 1 camada de adesivo

Grupo 2 – 2 camadas de adesivo

Grupo 3 – adesivo / PLF\* / adesivo

\*PLF = Protect Liner F

O Grupo 3 apresentou maior média percentual de penetração de corante nas margens da cavidade com diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) em relação aos Grupos 1 e 2 que não diferiram estatisticamente entre si.

## Ensaio de tração

Para o teste de microtração, os valores originais (Anexos 5 a 10) foram transformados segundo raiz quadrada ( $X + 0$ ) e submetidos à análise de variância multifatorial nos fatores *grupo* e *região* e a interação entre os dois fatores. Tanto os fatores como a interação dos fatores apresentaram diferença estatisticamente em nível de 5% de probabilidade. (Anexo 11). Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey ( $\alpha = 5$ ) e o resultado está mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4:** Valores médios resultantes do ensaio de tração nas regiões pulpar e vestibular da cavidade restaurada com resina composta na forma indireta (MPa).

| Grupo | Pulpar           | Vestibular       |
|-------|------------------|------------------|
| 1     | 25,92 (2,27) a A | 11,37 (1,14) c B |
| 2     | 14,71 (1,78) b B | 23,29 (1,42) a A |
| 3     | 16,07 (2,81) b A | 17,54 (2,20) b A |

Valores médios seguidos por letras minúsculas diferentes, em coluna, diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

Valores médios seguidos por letras maiúsculas diferentes, em linha, diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Tukey.

( ) = desvio padrão da média

Na parede pulpar, o valor de resistência de união foi maior e estatisticamente diferente para o Grupo 1, onde foi utilizada uma camada de adesivo previamente a fixação da restauração, quando comparada com os Grupos 2 e 3 que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ).

Para os valores de resistência de união na parede vestibular, a maior média foi apresentada pelo Grupo 2 que foi estatisticamente diferente em relação ao Grupo 1 e 3. O valor de resistência de união apresentado no Grupo 3 foi maior e diferente estatisticamente quando comparado com o valor do Grupo 1 ( $p < 0,05$ ).

Na comparação dos valores de resistência de união entre as paredes pulpar e vestibular, o valor apresentado pelo Grupo 1 na parede pulpar foi superior e estatisticamente diferente em relação à parede vestibular. No Grupo 2 o valor apresentado na parede vestibular foi maior e diferente estatisticamente em relação à parede pulpar e, no Grupo 3, os valores de resistência de união não diferiram entre si.

## **Tipo de Fratura**

Os resultados da análise em MEV e a classificação do tipo de fratura foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Anexos 17 a 19) estão apresentados na Tabela 5.

A utilização de uma camada de adesivo na parede pulpar da cavidade (G1P) resultou em predominância nas fraturas do tipo coesiva na camada híbrida (Tipo I) com diferença estatística significativa em relação à aplicação de duas camadas de adesivo na mesma região (G2P) e na região vestibular (G2V), e também em relação à parede vestibular onde foi aplicada a resina composta Protect Liner F (G3V). Não houve diferença estatística entre estes três últimos Grupos. O Grupo 2/parede pulpar (G2P) apresentou predominância da fratura do tipo III (mista), com diferença estatística em relação ao Grupo 1, parede pulpar (G1P). No Grupo tratado com duas camadas de adesivo na parede vestibular (G2V), foi encontrado predominância de dois tipos de fratura o tipo II, coesiva em resina composta, e o tipo III, mista. No Grupo tratado com a resina composta de baixa viscosidade na parede vestibular (G3V), foi encontrado predominância de fratura tipo II, coesiva em resina composta. O tipo de fratura observado na parede pulpar, na qual foi usado o Protect Liner F (G3P) e na região de parede vestibular onde foi aplicada somente uma camada de adesivo (G1V) não apresentaram diferença estatística entre si e em relação aos demais grupos, embora tenha apresentado predominância de fratura do tipo I (Tabela 5).

**Tabela 5:** Padrão de fratura: letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis

| Grupos | Tipo I | Tipo II | Tipo III |      | Kruskal-Wallis<br>p<0,05 |
|--------|--------|---------|----------|------|--------------------------|
| G1P    | 9      | 3       | 1        | (13) | B                        |
| G2P    | 1      | 2       | 3        | (6)  | A                        |
| G3P    | 8      | 2       | 4        | (14) | AB                       |
| G1V    | 4      | 1       | 2        | (7)  | AB                       |
| G2V    | 4      | 5       | 5        | (14) | A                        |
| G3V    | 0      | 11      | 4        | (15) | A                        |

Tipo I : fratura coesiva em camada híbrida

Tipo II : fratura coesiva em resina composta

Tipo III : fratura coesiva mista em camada híbrida e em resina composta

G1P: grupo 1 – parede pulpar - 1 camada de adesivo

G2P: grupo 2 – parede pulpar - 2 camadas de adesivo

G3P: grupo 3 – parede pulpar - adesivo / PLF\* / adesivo

G1V: grupo 1 – parede vestibular - 1 camada de adesivo

G2V: grupo 2 – parede vestibular - 2 camadas de adesivo

G3V: grupo 3 – parede vestibular – adesivo / PLF\* / adesivo

\* Protect Liner F

( ) = Total de espécimes avaliados para classificação do tipo de fratura

As Figuras 7, 8, 9 e 10 ilustram o padrão de fratura Tipo I observado para os espécimes do Grupo 1, parede pulpar (G1P). Partes opostas de fragmentos de um mesmo corpo-de-prova, após o ensaio de tração, estão caracterizando o padrão característico de fratura coesiva na camada híbrida (Tipo I), conforme Figuras 7 e 8. Em maior aumento, a Figura 9 está mostrando os diferentes níveis de fratura dentro da camada híbrida, onde pode ser observado túbulos dentinários abertos e obstruídos por adesivo na mesma área de fratura. O

lado oposto (Figura 10) está mostrando a camada híbrida impregnada pelo adesivo com os túbulos dentinários preenchidos com resina.

As Figuras 11 e 12 mostram lados opostos de um espécime característico da parede pulpar do Grupo 2 (G2P). Em um dos fragmentos é perceptível a fratura coesiva na camada híbrida expondo os túbulos dentinários (Figura 13). No lado oposto (Figura 14) nota-se os prolongamentos resinosos que se romperam dos túbulos dentinários com parte da camada híbrida.

Nas ilustrações do Grupo 3, parede pulpar (G3P) as partes homólogas do mesmo fragmento mostram a fratura coesiva na camada híbrida da parede pulpar (Figuras 15 e 16). Em aumento maior nota-se nitidamente a presença de fibrilas colágenas unidas nos prolongamentos resinosos e a região intertubular caracterizada pela presença de adesivo (Figura 15 A). O lado oposto (Figura 16 A) nota-se a área rompida na dentina. Na Figura 15 B, os prolongamentos resinosos apresentam uma base mais espessa em função do rompimento da dentina peritubular. A região equivalente está ilustrada na Figura 16 B, na qual o túbulo dentinário está aberto pela remoção do prolongamento resinoso durante o ensaio de tração. No Grupo 3 (G3P), houve predominância de fratura do tipo I, coesiva em camada híbrida. Na figura 17, é possível visualizar o lado de um fragmento classificado como fratura tipo III, coesiva mista, onde podem ser observados, no mesmo espécime, exemplos de fratura tipo I (Área A) e II (Área B). Na figura 19, pode ser observado em maior aumento o padrão característico da fratura tipo II, coesiva em resina composta do Grupo 3 parede pulpar (G3P) .

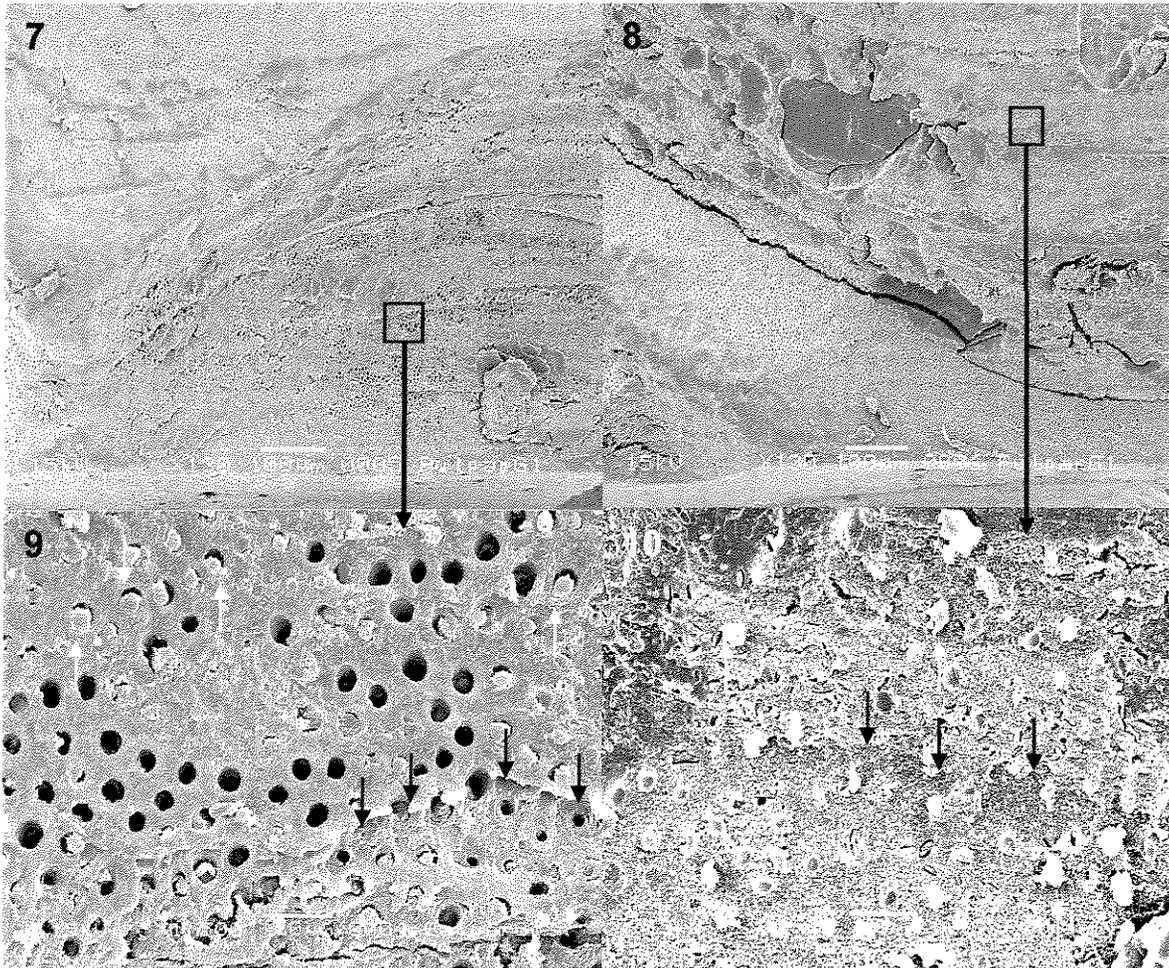
Na figura 20, está ilustrado um exemplo de fratura coesiva em camada híbrida (tipo I), predominante nos espécimes do Grupo 3, parede pulpar (G3P).

As Figuras 21 e 22 estão ilustrando a fratura coesiva na camada híbrida (Tipo I) na parede vestibular dos espécimes do Grupo 1 (G1V). Nota-se na Figura 21 os prolongamentos resinosos que reproduziram a forma anatômica dos túbulos dentinários no sentido longitudinal. A Figura 22 mostra a mesma região em maior aumento, onde se observa parte de um túbulo dentinário rompido, sendo possível

visualizar áreas das fibrilas de colágeno da dentina intertubular onde ocorreu fratura coesiva em camada híbrida.

Nas fotografias 23 e 24 estão caracterizadas partes opostas de um mesmo fragmento do Grupo 2 (G2V), onde se observa a arquitetura dos túbulos que foram impregnados pelo adesivo, em uma fratura coesiva em camada híbrida (Tipo I), área A, e coesiva em resina composta (Tipo II), área B. Na Figura 25, correspondente ao lado da dentina na área de fratura, pode se observar a característica longitudinal dos túbulos dentinários impregnados pelo adesivo e áreas de dentina que foram condicionadas pelo ácido e parcialmente impregnadas pelo adesivo (setas vermelhas). A Figura 26 mostra o lado correspondente a resina onde partes dos túbulos impregnados ficaram unidos ao corpo da resina composta.

Para os espécimes do Grupo 3 (G3V) da região vestibular foi verificada predominância de fratura coesiva em resina composta (Tipo II), como ilustrado nas Figuras 31 e 32. Entretanto algumas áreas, como ilustradas nas Figuras 27 e 28, exemplificam área de fratura mista, onde se observa a fratura em camada híbrida (Área A) e coesiva em resina composta (Área B) no mesmo corpo-de-prova. A fratura na camada híbrida está caracterizada nas Figuras 29 e 30. Essas áreas equivalentes de uma mesma região mostram parte dos prolongamentos resinosos em ambas as imagens. Na Figura 29 foi possível observar áreas de dentina peritubular rompidas durante o ensaio de tração e na Figura 30 pode se notar fibrilas colágenas impregnadas pelo adesivo.



**Figuras 7 e 8:** Imagens superiores mostram fotografias (130x) mostrando partes opostas de um mesmo espécime do Grupo 1 (G1P), com padrão característico de fratura coesiva na camada híbrida, tipo I, na parede pulpar.

**Figura 9:** Imagem da parte relativa à dentina do espécime, mostrando níveis diferentes de fratura dentro da camada híbrida. Túbulos obstruídos por prolongamentos dentinários (setas brancas). Interface entre dois níveis de fratura dentro da camada híbrida (seqüência de setas pretas) - 1500 x

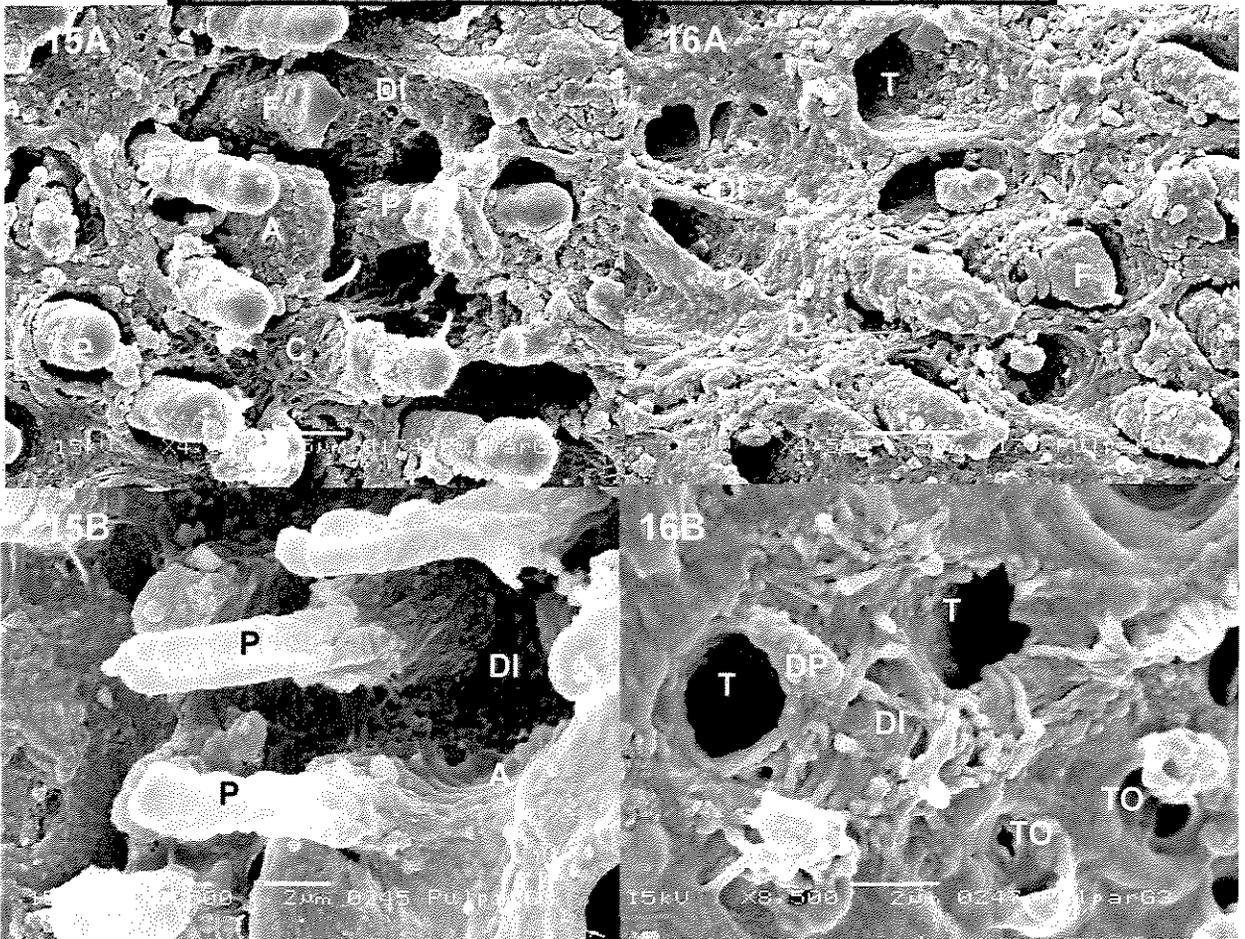
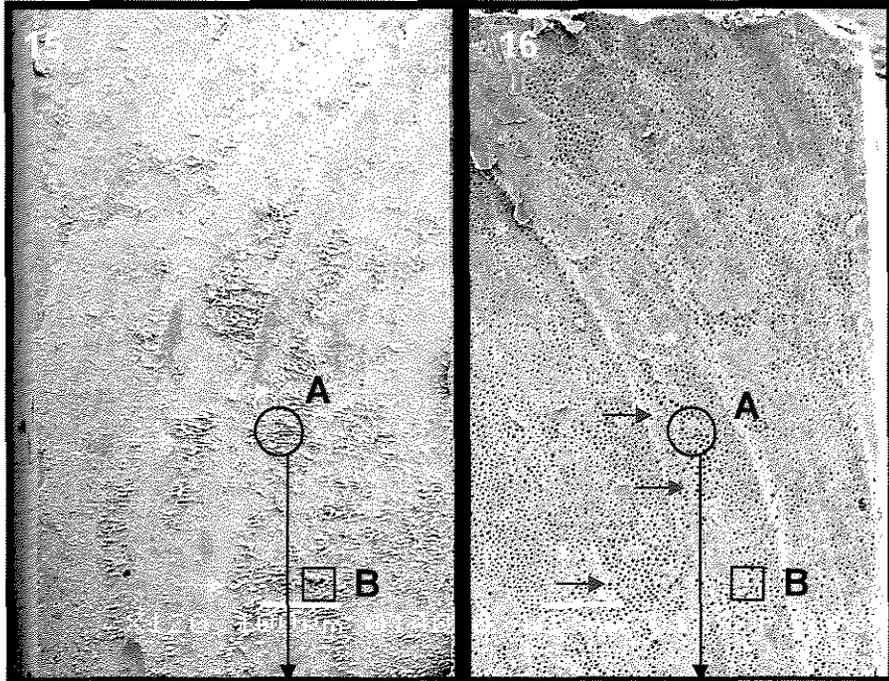
**Figura 10:** Imagem homóloga da figura 9, mostrando a parte relativa ao adesivo no espécime, com prolongamentos resinosos (setas amarelas). Interface entre dois níveis de fratura dentro da camada híbrida (seqüência de setas pretas) - 1500 x



**Figuras 11 e 12:** Imagens em 90x mostrando áreas fraturadas após o ensaio de tração de um mesmo corpo-de-prova, mostrando exemplo de fratura coesiva em camada híbrida, tipo I, no grupo 2, parede pulpar (G2P). Áreas marcadas são ilustradas em maior aumento nas figuras 13 e 14

**Figura 13:** Aumento de 5000x, onde é mostrado exemplo de fratura coesiva do lado dentinário. Nota-se na imagem, partes da dentina peritubular rompidas (setas amarelas). A imagem mostra também que a fratura ocorreu tanto na parte profunda como na superficial da dentina preenchida pelo adesivo. DI = dentina intertubular ; DP = dentina peritubular.

**Figura 14:** Aumento de 4000x, mostrando fratura coesiva em camada híbrida no lado do adesivo. Parte da dentina peritubular (setas amarelas) que se rompeu está presente próxima à base dos prolongamentos formados pelo adesivo (setas brancas). Nota-se também prolongamentos fraturados indicados por setas vermelhas.



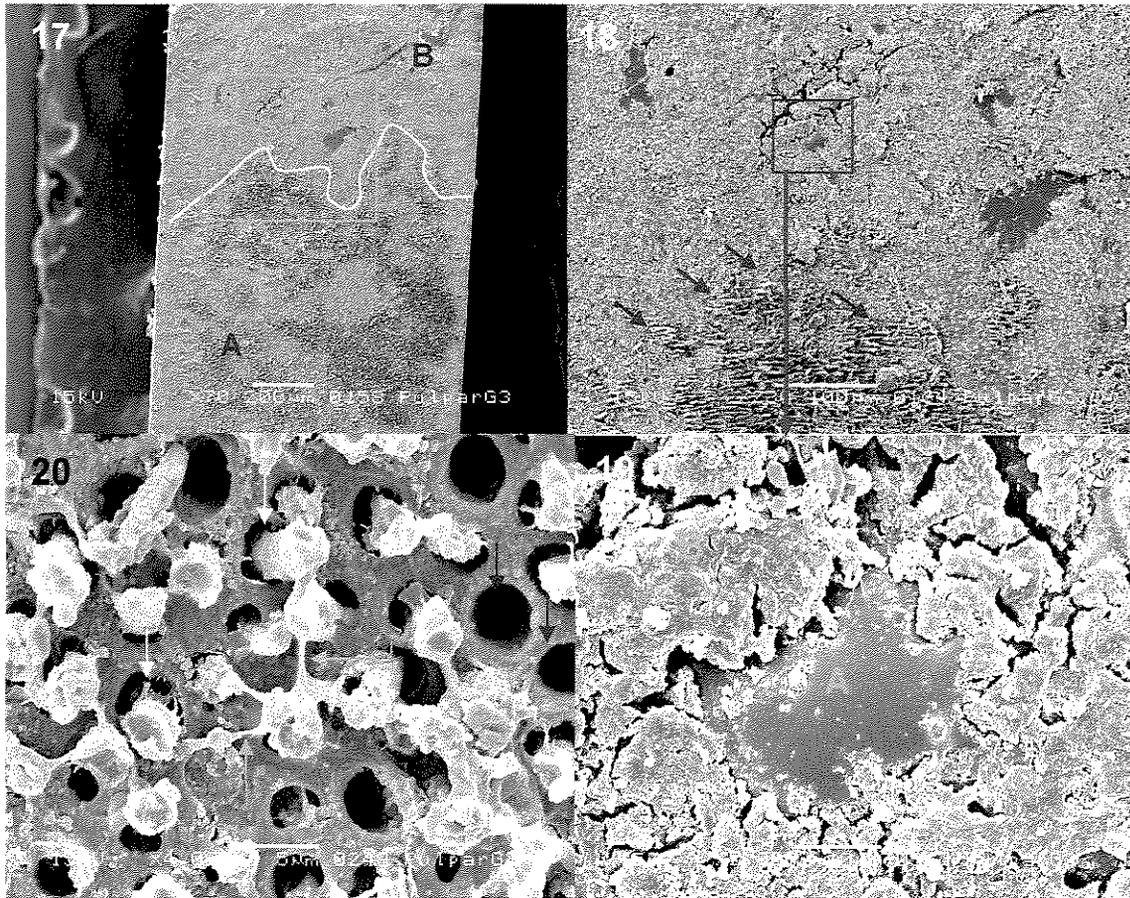
**Figuras 15 e 16:** A linha preta no centro da fotografia divide a imagem que está mostrando as partes homólogas do mesmo espécime do Grupo 3, parede pulpar (G3P). Na imagem 15 se observa área de prolongamentos de adesivo (setas amarelas) enquanto que na 16 é possível visualizar o lúmen dos túbulos rompidos (setas vermelhas). Aumento de 120x. Áreas marcadas são mostradas nas imagens abaixo em maior aumento.

**Figura 15A:** Imagem mostrando exemplo característico de fratura coesiva em camada híbrida, tipo I, no grupo 3, com nítida presença de áreas de colágeno aderidas aos prolongamentos de adesivo (C) e fragmentos de adesivo (A) que penetrou na dentina intertubular entre os prolongamentos (P). F=Prolongamento fraturado próximo à base.

**Figura 16A:** Lado do tecido dental mostrando área rompida de dentina (D) e parte de fragmentos de prolongamentos fraturados (F). T=Túbulos Dentinários; DI=dentina intertubular preenchida pelo adesivo; P= Prolongamentos resinosos

**Figura 15B:** Aumento de 8500x mostrando prolongamentos resinosos (P). Nota-se também na imagem, parte da dentina intertubular (DI) rompida e parte aderida (A) próxima à base dos prolongamentos.

**Figura 16B:** Lado dentinário rompido mostrando, os túbulos dentinários (T), dentina intertubular (DI). Remanescentes da dentina peritubular de um túbulo (DP) e túbulos parcialmente obstruídos (TO).

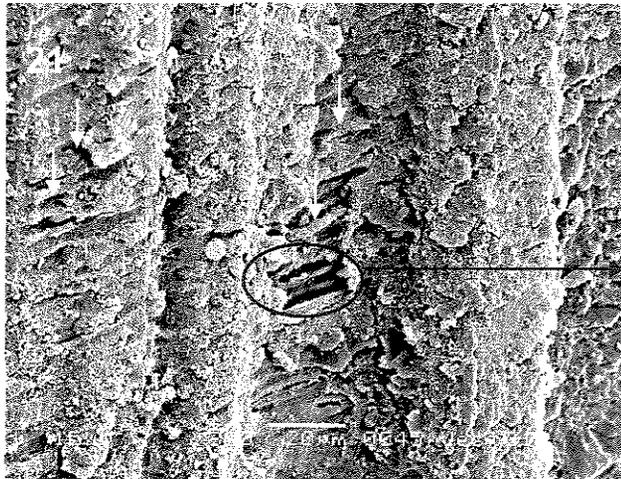


**Figura 17:** Uma das partes de um espécime classificado como fratura mista do Grupo 3, parede pulpar (G3P). A linha amarela divide as áreas de fratura tipo I, coesiva em camada híbrida (área A), e tipo II, coesiva em resina composta (área B). Na figura 18, em maior aumento, a área delimitada pela linha verde mostra o limite entre os dois tipos de fratura.

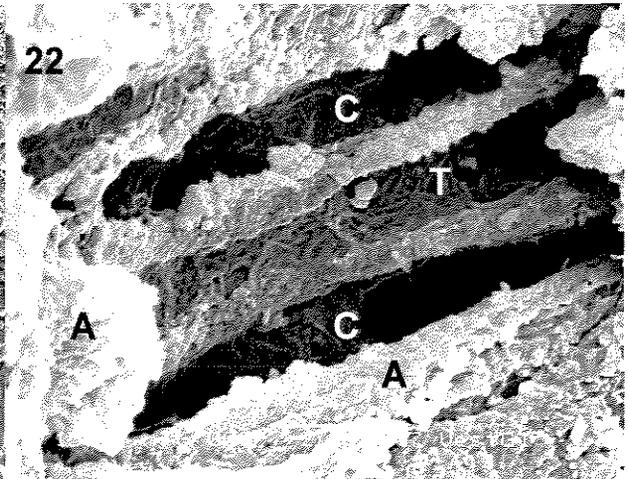
**Figura 18:** Aumento de 230x da área delimitada pela linha verde da figura 17. Setas vermelhas indicam limite entre os dois tipos de fratura, onde é possível visualizar prolongamentos resinosos característicos de fratura tipo I, em camada híbrida. Área delimitada pela linha azul, exemplifica a fratura tipo II, coesiva em resina composta, observada na figura 19.

**Figura 19:** Aumento de 2000x da área delimitada pela linha azul na figura 18, mostrando exemplo de fratura tipo II (coesiva em resina composta). Área central (A) fratura ocorrida entre a resina composta de fixação (RFC) e resina composta de baixa viscosidade (Protect Liner F). Área circundante (B) fratura ocorrida na RFC.

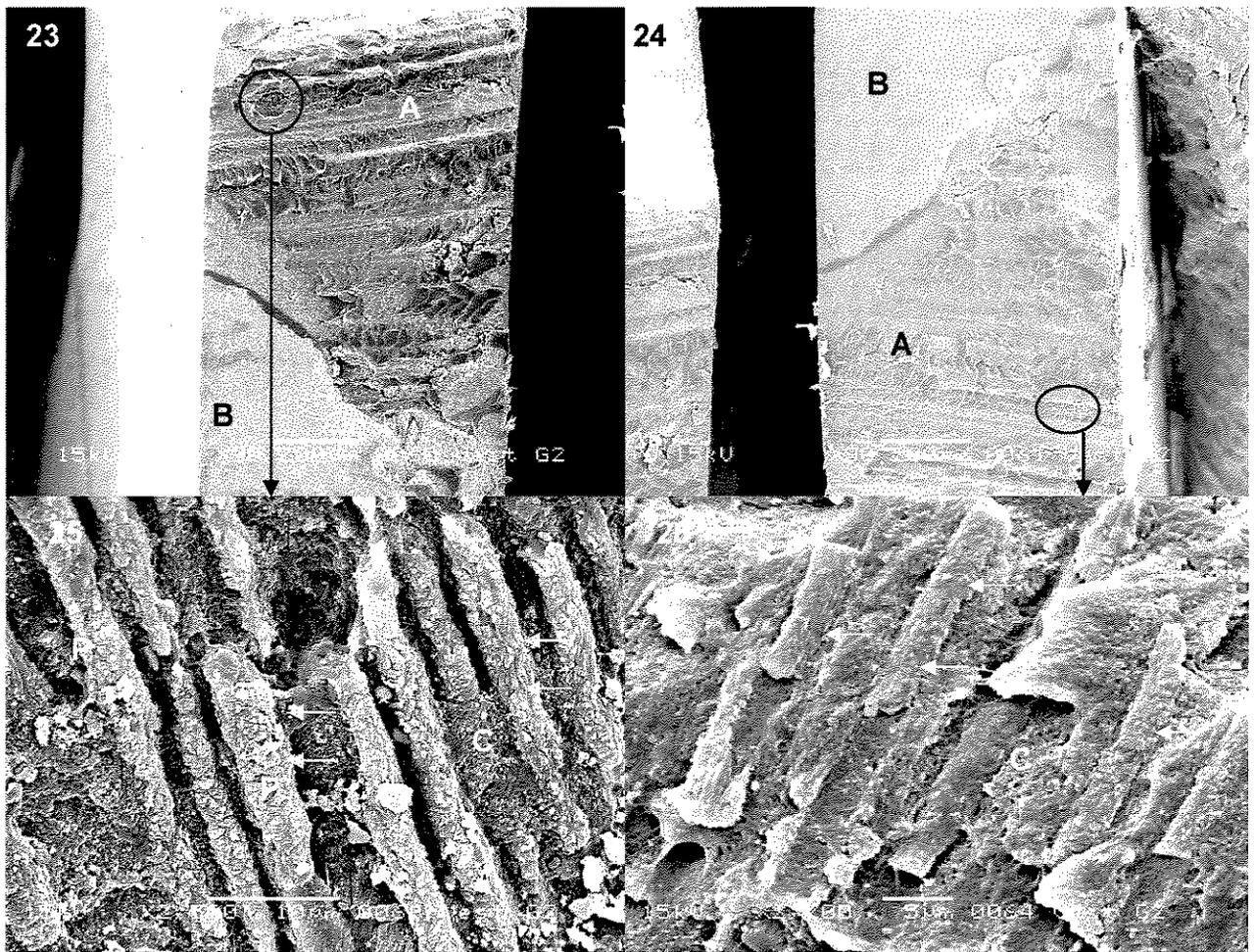
**Figura 20:** Exemplo de fratura tipo I (coesiva em camada híbrida), predominante nos espécimes do Grupo 3, parede pulpar (G3P). Na imagem é possível observar, túbulos dentinários sem a presença de prolongamentos resinosos (setas vermelhas), assim como túbulos preenchidos pelo adesivo (setas amarelas). Também pode se observar prolongamentos resinosos unidos pelo adesivo que penetrou nas anastomoses dos túbulos dentinários (setas verdes).



**Figura 21:** Imagem em 800x, exemplo de fratura coesiva em camada híbrida na região vestibular de um espécime do grupo 1 (G1V), onde se observa prolongamento resinoso (setas amarelas) no sentido longitudinal dos túbulos dentinários.



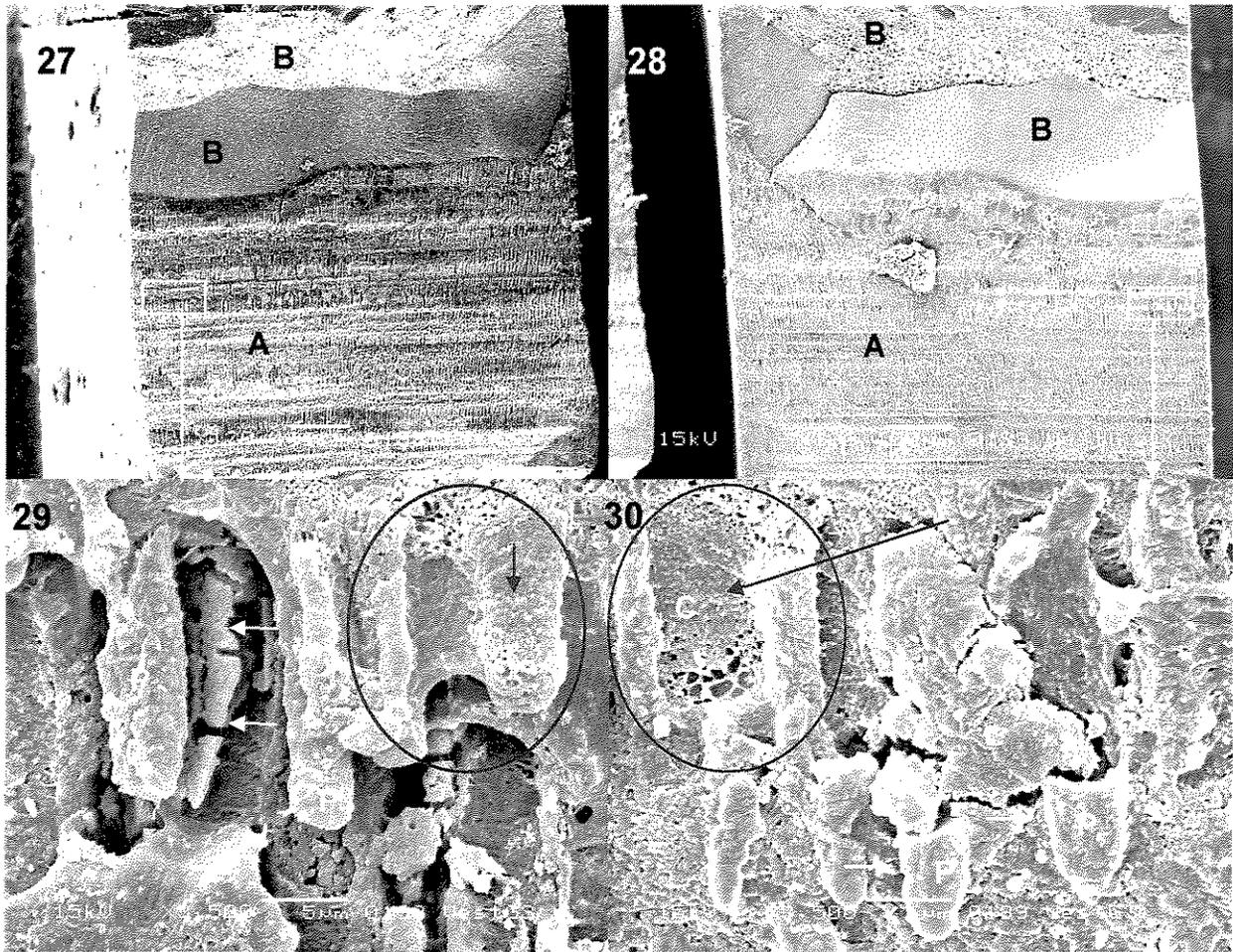
**Figura 22:** Aumento de 6000x da área delimitada na figura 21, mostrando parte da dentina peritubular rompida de um túbulo dentinário (T). É possível observar áreas das fibrilas de colágeno da dentina intertubular(C). A= adesivo



**Figuras 23 e 24:** Imagens em 90x do par de fragmentos fraturados de um espécime do grupo 2, parede vestibular (G2V). Áreas marcadas são mostradas em maior aumento nas figuras 25 e 26.

**Figura 25:** Imagem da dentina impregnada pelo adesivo. Neste aumento (2500x) é possível observar a estrutura dos prolongamentos formados pelo adesivo e as irregularidades formadas pela estrutura de colágeno da parte interna dos túbulos dentinários (setas amarelas). Nota-se também partes da dentina condicionada pelo ácido e não penetrada pelo adesivo (setas vermelhas). C= Colágeno aderido à dentina; P= Prolongamentos de adesivos.

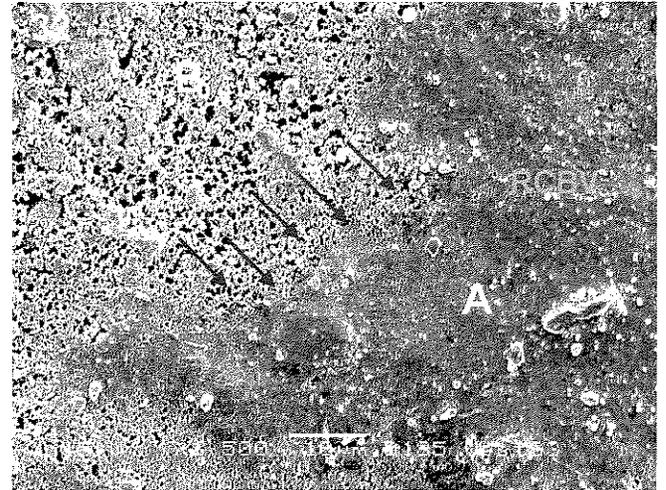
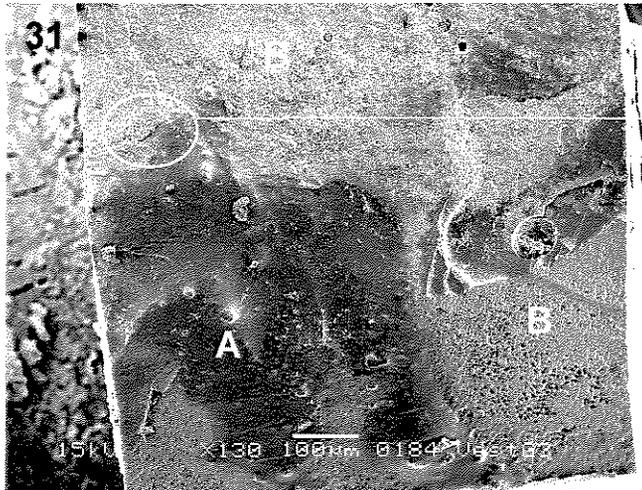
**Figura 26:** Imagem da parte de adesivo/resina onde se nota parte de túbulos dentinários que foram impregnados pelo adesivo e se romperam no teste de tração. Parte do colágeno impregnado pelo adesivo também está presente nesta imagem (C); Prolongamentos de adesivos (setas amarelas)



**Figuras 27 e 28:** Lados opostos de um espécime do grupo 3, parede vestibular (G3V), classificada como fratura coesiva mista. Fratura coesiva em camada híbrida é mostrada na região marcada com a letra A. No mesmo corpo de prova é possível observar fratura coesiva em resina composta (Área B). Áreas marcadas com quadrados amarelos são mostradas em maior aumento nas figuras 29 e 30.

**Figura 29:** Imagem mostrando região impregnada pelo adesivo formando prolongamentos resinosos no formato dos túbulos dentinários (P). Também é possível observar fragmento de parte da dentina peritubular rompida (setas amarelas horizontais).

**Figura 30:** Imagem da região correspondente ao da figura 29, mostrando os segmentos fraturados e unidos à resina composta (setas brancas). No círculo demarcado em vermelho é possível notar a estrutura de colágeno (C) da dentina copiada no prolongamento resinoso (seta vermelha) da área homóloga. P= Parte dos prolongamentos resinosos da figura 29.



**Figura 31:** Imagem em 130x mostrando exemplo característico de fratura coesiva em resina composta (Tipo II), predominante na parede vestibular dos espécimes do grupo 3 (G3V). No fragmento não é possível observar áreas de dentina, o que caracteriza a predominância de fratura do tipo II, coesiva em resina composta, no fragmento. A= área onde ocorreu fratura entre resina composta de fixação e resina composta de baixa viscosidade (Protect Liner F); B= área de fratura na região resina composta de fixação/adesivo.

**Figura 32:** Aumento de 1500x da área delimitada em amarelo na figura 31. Nesta fotografia é possível observar na seqüência de setas vermelhas, a interface entre a fratura ocorrida entre Protect Liner F e resina composta de fixação (A), e área de fratura na região resina composta de fixação/adesivo (B). RCF= Resina composta de fixação; RCBV= Resina composta de baixa viscosidade

## 6 - DISCUSSÃO

O momento crítico no procedimento técnico de uma restauração, associando resina composta e sistemas adesivos, está na aplicação e polimerização da camada do adesivo e na tensão gerada pela contração do primeiro incremento de resina composta inserido na superfície do adesivo seja na forma restauradora direta ou indireta (DIETSCHI *et al.* 2002). Nas restaurações indiretas, a tensão gerada pela contração da resina composta usada para fixação pode romper a camada híbrida e abrir espaços microscópicos que podem gerar a dor pós-operatória (SORENSEN & MUKSGAARD 1995, MAGNE & DOUGLAS 1999). A aplicação de uma camada de adesivo para selar a dentina previamente à moldagem e ao uso de agentes cimentantes provisórios, e outra camada no momento da fixação da restauração, produziu a redução da infiltração marginal, aumentou a resistência de união entre dentina-adesivo-resina restauradora e foi eficiente na redução da sensibilidade pós-operatória, de acordo com BERTSCHINGER *et al.* (1996) e PAUL & SCHÄRER (1997).

Usando esse procedimento técnico de selar a dentina previamente ao ato de fixação da restauração indireta, este estudo utilizou uma camada de adesivo (Grupo 2) e uma camada de resina composta de baixo módulo de elasticidade sobre o adesivo polimerizado (Grupo 3), antes dos procedimentos de moldagem, para avaliar o efeito na resistência de união nas paredes dentinárias internas da cavidade e comparou com o Grupo 1, onde foi utilizada a técnica convencional para cimentação da restauração utilizando resina composta para fixação.

Na avaliação da margem externa da cavidade restaurada, verificou-se maior valor percentual na penetração de corante nas interfaces de união das restaurações do Grupo 3, que foi estatisticamente diferente em relação aos Grupos 1 e 2 (Tabela 3). Provavelmente a presença de quatro materiais formando a interface de união na região da margem externa produziu maior irregularidade na superfície da região oclusal. Nesta técnica a dentina foi condicionada com

ácido fosfórico, e em seguida, foram aplicados o adesivo Single Bond e a resina de baixa viscosidade Protect Liner F, previamente à moldagem das cavidades. Para os procedimentos de fixação da restauração foi aplicada uma nova camada de adesivo seguido pelo cimento resinoso. Esta seqüência de aplicações de diferentes materiais aumentou a espessura da interface de união e propiciou a formação de maiores irregularidades na superfície da região cavo-superficial, resultando em maior impregnação do corante e intensidade na coloração.

Em contrapartida na análise em MEV dos fragmentos fraturados após os testes de resistência de união dos espécimes do Grupo 3, notou-se prevalência de fratura coesiva em camada híbrida (Tipo I) para a parede pulpar (Figuras 15 e 16) e fratura coesiva em resina composta (Tipo II) na parede vestibular (Figuras 31 e 32). Apesar desta diferença na prevalência do padrão de fratura, a análise estatística não mostrou diferença significativa (Tabela 5). É possível especular que talvez tenha ocorrido maior conversão dos monômeros que compõem o adesivo no interior da dentina desmineralizada, orientando dessa forma, a fratura no corpo da camada híbrida na parede pulpar (Figuras 15 e 16) e no corpo da resina composta na parede vestibular (Figuras 31 e 32), ou ainda a ocorrência da fratura do tipo III (mista = camada híbrida / resina composta) como mostra as figuras de 17 a 20 e de 27 a 30. Na parede pulpar, o efeito da melhor polimerização do adesivo pode ser visualizado na figuras 15 A e 15 B, onde partes da dentina estão unidas à base dos prolongamentos formados pelo adesivo, e na figura 20 onde mesmo após o ensaio de tração é possível visualizar anastomoses intactas entre os prolongamentos adesivos. A presença de uma camada de resina composta de baixa viscosidade com carga na superfície da fina camada de adesivo neutralizou o oxigênio exposto na camada do adesivo, propiciando a maior conversão dos monômeros e, conseqüentemente, o nível de conversão do adesivo (RUEGGERBERG & MARGESON 1990; UNTERBRINK & LIEBENBERG 1999). Além disso, o direcionamento dos túbulos dentinários na região vestibular proporcionou maior área mineralizada no corpo do túbulo dentinário para a difusão dos monômeros como é visto nas Figuras 27 e 28 e relatado por MARSHALL *et al.*

(1997). Dessa forma, a área de união foi maior e o rompimento ocorreu coesivamente no corpo da resina de baixo módulo de elasticidade (Figura 27 e 28 - Área B).

Coerente com estas características no padrão de fratura, os valores de resistência de união entre as duas regiões (pulpar e vestibular) não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 4). Também a espessura formada pela seqüência de materiais aplicados nessa interface de união e o baixo módulo de elasticidade do adesivo e do Protect Liner F talvez tenham sido responsáveis por esse comportamento físico-mecânico. Em assim sendo, a resina composta Protect Liner F, de baixo módulo de elasticidade, aplicada sobre a camada de adesivo é capaz de absorver parte da tensão produzida pela contração da resina composta durante a polimerização e a tensão produzida pelo carregamento axial durante o ensaio de tração. Segundo MONTES *et al.* (2001), essa característica reforça o conceito da “parede cavitária elástica” e a espessura da camada formada alcança 200 µm. Dessa forma, o fator baixo módulo de elasticidade somado a espessa camada formada tanto na parede vestibular como na pulpar determinaram os menores valores de resistência de união sem diferença estatística entre elas (Tabela 4).

No Grupo 2 deste experimento, a dentina foi selada previamente ao procedimento de moldagem e fixação da restauração com o cimento resinoso. Nesta condição, os valores percentuais referentes à penetração do corante nas margens da restauração não diferiram estatisticamente entre si para os Grupos 2 e 1. Isto significou que a espessura do adesivo e da resina composta para fixação formada na interface de união entre a dentina e a resina restauradora apresentou menos irregularidades quando comparada com as restaurações do Grupo 3. Este resultado foi semelhante àquele descrito por MONTES *et al.* (2002) usando a associação de um adesivo com uma resina de alto escoamento e baixo módulo de elasticidade (Protect Liner F) em cavidades do tipo Classe I com as paredes totalmente em dentina para restaurações diretas com resina composta.

Neste estudo o preparo cavitário tipo classe I também foi confeccionado totalmente em dentina, mas com as paredes laterais levemente divergentes para possibilitar a inserção da restauração indireta. Nesta situação, as paredes laterais da cavidade apresentam túbulos dentinários que são quase paralelos à superfície cortada e na parede pulpar os túbulos dentinários são cortados perpendicularmente à superfície. Essa diferença morfológica entre as paredes da cavidade foi um dos fatores que influenciou a resistência da interface de união entre resina composta e dentina. O outro fator está relacionado com a espessura formada pela camada de adesivo unida à dentina ou na aplicação de uma camada de resina composta com baixo módulo de elasticidade na superfície do adesivo unido à dentina. As duas condições puderam ser avaliadas neste estudo.

O valor médio de resistência de união apresentado para a parede vestibular do Grupo 2 foi maior e com diferença estatística em relação aos Grupos 1 e 3 que também diferiram entre si. Por outro lado, na parede pulpar, o valor de resistência de união foi maior para o Grupo 1 e estatisticamente diferente quando comparada com os Grupos 2 e 3 que não diferiram entre si ( $p>0,05$ ), conforme a Tabela 4. Provavelmente, quando da aplicação da camada de adesivo nas paredes da cavidade, tenha ocorrido o escoamento natural do adesivo aplicado na parede vestibular em direção à parede pulpar com acúmulo de adesivo nos ângulos diedros da cavidade. Nesta condição, a camada de adesivo na parede vestibular torna-se mais delgada e facilita a concentração de oxigênio na sua superfície que, por sua vez, impede a adequada polimerização da camada de adesivo, resultando em baixa resistência na interface de união da parede vestibular do Grupo 1. Na parede pulpar a espessura do adesivo parece ser adequada porque resultou em alto valor de resistência de união na interface resina composta-dentina. Segundo, ZHENG *et al.* (2001), os maiores valores de resistência de união são obtidos quando a espessura da camada do adesivo Single Bond varia entre 25 a 50  $\mu\text{m}$ . Na avaliação do padrão de fratura, os resultados demonstraram não haver diferença estatística significativa, e tanto na parede pulpar, como vestibular a predominância foi para a fratura coesiva em

camada híbrida (Tipo I), como ilustrado nas figuras de 7 a 10, e de 21 a 22. Isto talvez esteja mostrando que a espessura da camada formada na parede pulpar tenha ficado entre 25 a 50  $\mu\text{m}$ , valor adequado para a obtenção de uma maior resistência de união, como afirmou ZHENG *et al.* (2001), mas também tenha deixado claro que a penetração do adesivo na região condicionada pelo ácido fosfórico foi aquém da área desmineralizada. Com isso, a área mais susceptível à fratura fica localizada base da camada híbrida como mostrado na Tabela 5 e ilustrada nas Figuras 7 a 10, e 21 a 22.

Quando foi aplicada uma segunda camada de adesivo ou a camada da resina composta de baixa viscosidade Protect Liner F (Grupos 2 e 3), o fenômeno do escoamento também ocorreu em direção à parede pulpar e a somatória das camadas resultou, provavelmente, em uma espessura maior na superfície da parede pulpar que comprometeu a resistência de união nesta região. Por outro lado, na parede vestibular a espessura formada pela segunda camada de adesivo (Grupo 2) talvez tenha tornado-se adequada e propiciado maior valor de resistência de união (Tabela 4). Uma outra situação pode também ter influenciado na obtenção de um maior valor de resistência de união da interface dentina vestibular-resina composta. O direcionamento quase que paralelo dos túbulos dentinários facilitou a penetração do adesivo na dentina peritubular da superfície do túbulo e na dentina que envolve a abertura dos túbulos para formar uma grande área de união (Figuras 25 e 26), cujo resultado foi a maior resistência nessa região, conforme também relatou OGATA *et al.* (2001). Nos resultados da análise do padrão de fratura foi possível observar novamente a influência da espessura da camada de adesivo. Embora, o valor médio da resistência de união tenha sido menor na parede pulpar, o padrão de fratura não apresentou diferença estatística significativa quando comparada à parede vestibular. Houve sim, predominância de fraturas coesivas mistas (Tipo III) no Grupo 2/parede pulpar, e uma distribuição de fraturas coesivas em resina composta (Tipo II) e coesivas mistas (Tipo III) no grupo 2/parede vestibular, como visto nas figuras 23 a 26.

Assim sendo, o selamento prévio da dentina usando adesivo, seguido por uma nova aplicação no momento da fixação da restauração mostrou, neste estudo, ser a técnica mais eficiente em relação à adaptação da resina composta indireta nas margens da cavidade e em relação a resistência na interface da parede vestibular. Exatamente as regiões críticas na manutenção da longevidade da restauração. Entretanto, a variabilidade estrutural no direcionamento dos túbulos dentinários nas paredes da cavidade e a espessura do adesivo ou outro material resinoso com baixo módulo de elasticidade são determinantes nas propriedades físicas da camada resinosa formada na superfície da dentina.

## 7 - CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e na análise estatística em que estes foram submetidos, pode-se concluir que:

1 - A incorporação de uma resina composta de baixa viscosidade na superfície da camada de adesivo produziu uma interface de união dentina – resina composta com maior irregularidade quando comparado com a aplicação de uma ou duas camadas de adesivo no procedimento de selamento da dentina.

2 - Na região pulpar o valor de resistência de união foi maior com diferença estatística quando foi utilizada uma camada de adesivo previamente a fixação da restauração (Grupo 1), em relação aos valores dos Grupos 2 e 3 que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ).

3 - A aplicação da segunda camada de adesivo antes da fixação da restauração propiciou maior valor de resistência de união na parede vestibular do Grupo 2 que foi estatisticamente diferente em relação ao Grupo 1 e 3. O valor de resistência de união apresentado pelo Grupo 3 foi maior e diferiu do valor do Grupo 1 ( $p < 0,05$ ).

4- Na parede vestibular houve distribuição entre as fraturas do tipo III (mista), II (coesiva em resina composta) e I (camada híbrida) sem diferença estatística entre os três grupos experimentais ( $p < 0,05$ ). Na parede Pulpar, houve predominância da fratura coesiva em camada híbrida (Tipo I) para o Grupo 1 com diferença estatística significativa em relação aos tipos de fratura ocorridos nos Grupos 2 (parede pulpar e vestibular) e 3 na parede vestibular.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

- BERTSCHINGER, C.; PAUL, S. J.; LÜTHY, H.; SCHÄRER, P. Dual application of dentin bonding agent: Effect of bond strength. **Am J Dent**, San Antonio, v. 9, n. 3, p. 115-119, June 1996.
- BOUILLAGUET, S.; CIUCCHI, B.; JACOBY, T.; WATAHA, J.C.; PASHLEY, D. Bonding characteristics to dentin walls of class II cavities, in vitro. **Dent Mater**, Washington, v. 17, n. 4, p. 316-321, July, 2001.
- BURGESS, J. O.; DE GOES, M. F.; WALKER, R.; RIPPS, A. H. An Evaluation of Four Light-Curing Units Comparing Soft and Hard Curing. **Pract Periodont Aesthet Dent**, New Jersey, v. 11, n. 1, p. 125-132, Jan./Feb. 1999.
- BURROW, M. F.; TAGAMI, J.; NEGISHI, T.; NIKAIDO, T.; HOSODA, H. Early Bond Strengths of Several Enamel and Dentin Bonding Systems. **J Dent Res**, Washington, v. 73, n. 2, p. 522-528, Feb. 1994.
- CASSIN, A. M.; PEARSON, G. J. Microleakage studies comparing a one-visit indirect composite inlay system and direct composite restorative technique. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 19, n. 3 p. 265-270, May 1992.
- CIUCCHI, B.; BOUILLAGUET, S.; HOLZ, J. Proximal adaptation and marginal seal of posterior composite resin restorations placed with direct and indirect techniques. **Quintessence Int**, Berlin, v. 21, n. 8, p. 663-669, Aug. 1990.
- DAVIDSON, C. L.; DE GEE, A. J. Relaxation of Polymerization Contraction Stresses by Flow in Dental Composites. **J Dent Res**, Washington, v. 63, n. 2 p. 146-148, Feb. 1984.

---

\*De acordo com a NBR 6023 de Agosto de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT.

\*Abreviaturas de Periódicos em conformidade com o Medline (Index to Dental Literature)

- DIETSCHI, D.; SPREAFICO, R. **Adhesive Metal-Free Restorations**-Current Concepts for the Esthetic Treatment of Posterior Teeth. Chicago: Quintessence Publishing, 1997, cap. 10, p. 185-201.
- DIETSCHI, D.; HERZFELD, D. *In vitro* evaluation of marginal and internal adaptation of class II resin composite restorations after thermal and occlusal stressing. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 106, n. 6, p. 1033-1042, Dec. 1998.
- DIETSCHI, D.; MOOR, L. Evaluation of the Marginal and Internal Adaptation of Different Ceramic and Composite Inlay Systems After an In Vitro Fatigue Test. **J Adhesive Dent**, Berlin, v. 1, n. 1, p. 41-56, Spring 1999.
- DIETSCHI, D.; MONASEVIC, M.; KREJCI, I.; DAVIDSON, C. Marginal and internal adaptation of class II restorations after immediate or delayed composite placement. **J Dent**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 259-269, Aug. 2002.
- DOUGLAS, W. H.; FIELDS, R. P.; FUNDINGSLAND, J. A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. **J Dent**, Oxford, v. 17, n. 4, p. 184-188, Aug. 1989.
- FEILZER, A. J.; DE GEE, A. J.; DAVIDSON, C. L. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. **J Dent Res**, Washington, v. 66, n. 11, p. 1636-1639, Nov. 1987.
- FUHRER, N. Restoring Posterior Teeth with a Novel Indirect Composite Resin System. **J Esthet Dent**, Hamilton, v. 9, n. 3, p. 124-130, May/June 1997.
- HASANREISOGLU, U.; SONMEZ, H.; UÇTASLI, S.; WILSON, H. J. Microleakage of direct and indirect inlay/onlay systems. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 66-71, Jan. 1996.

- HASEGAWA, E. A.; BOYER, D. B.; CHAN, D. C. N. Microleakage of indirect composite inlays. **Dent Mater**, Washington, v. 5, n. 6, p. 388-391, Nov. 1989
- IRIE, M.; SUZUKI, K. Current luting cements: marginal gap formation of composite inlay and their mechanical properties. **Dent Mater**, Washington v. 17, n. 4, p. 347-353, July 2001.
- KANCA III, J. Wet bonding: Effect of drying time and distance. **Am J Dent**, San Antonio, v. 9, n. 6, p. 273-276, Dec. 1996.
- KITASAKO, Y.; BURROW, M. F.; NIKAIDO, T.; TAGAMI, J. Effect of Resin-Coating Technique on Dentin Tensile Bond Strengths over 3 Years. **J Esthet Restor Dent**, Hamilton, v. 14, n. 2, Mar/Apr 2002.
- LEINFELDER K. F. New Developments in Resin Restorative Systems. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v. 128, n. 5, p. 573-581, May 1997.
- LLENA PUY, MAC; NAVARRO, L. F.; LLACER, V. J. F.; FERRANDEZ, A. Composite resin inlays: A study of marginal adaptation. **Quintessence Int**, Berlin, v. 24, n. 6, p. 429-433, June 1993.
- MAGNE, P., DOUGLAS, W. H. Porcelain Veneers: Dentin Bonding Optimization and Biomimetic Recovery of the Crown. **Int J Prosthodont**, Carol Stream, v. 12, n. 2, p. 111-121, Mar/Apr. 1999.
- MAK Y.F.; LAI, S. C. N.; CHEUNG, G. S. P.; CHAN, A. W. K.; TAY, F.R.; PASHLEY, D.H. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. **Dent Mater**, Washington, v. 18, n. 8, p. 609-621, Dec. 2002.

- MARSHALL, G.W.; MARSHALL, S.J.; KINNEY, J.H.; BALOOCH, M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. **J Dent**, Oxford, v. 25, n. 6, p. 441-458, Dec. 1997.
- MILLEDING, P. Microleakage of indirect composite inlays. An in vitro comparison with the direct technique. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v. 50, n. 5, p. 295-301, Oct. 1992.
- MONTES, M. A. J. R Tendências da união e adaptação marginal entre dentina e compósito odontológico. [tese]. Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP (Piracicaba- SP), 2002.
- MONTES, M. A. J. R.; DE GÓES, M.F.; CUNHA, M.R.B.; SOARES, A.B. A morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and filled adhesive in one and two coats. **J Dent**, Oxford, v. 29, n. 6, p. 435-441, Aug. 2001.
- NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers tooth substrates. **J Biomed Mater Res**, New York, v. 16, n. 3, p. 265-273, May 1982.
- NAKABAYASHI, N.; NAKAMURA M.; YASUDA N. Hybrid Layer as a Dentin-Bonding Mechanism. **J Esthet Dent**, Hamilton, v. 3, n. 4, p. 133-138, July/Aug. 1991.
- NAKABAYASHI, N.; ASHIZAWA, M.; NAKAMURA M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in a vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. **Quintessence Int**, Berlin, v. 23, n. 2, p. 135-141, Feb. 1992.

- NAKAJIMA, M.; SANO, H.; BURROW, M.F.; TAGAMI, J.; YOSHIYAMA, M.; EBISU, S.; CIUCCHI, B.; PASHLEY D.H. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives. **J Dent Res**, Washington, v.74, n. 10, p. 1679-1688, Oct. 1995.
- NIKAIDO, T.; TAKADA, T.; BURROW, M. F.; SATOH, M.; HOSODA, H. Early Bond Strengths of Dual Cured Resin Cements to Enamel and Dentin. **J Jpn Dent Mater**, Tokyo, v.11, n. 6, 910-915, 1992.
- OGATA, M.; OKUDA, M.; NAKAGIMA, M.; PEREIRA, P.N.R.; SANO, H.; TAGAMI, J. Influence of the Tubules Direction on Bond Strength to Dentin. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n. 1, p. 27-35, Jan./Feb. 2001.
- OTSUKI, M.; YAMADA, T.; INOKOSHI, S.; TAKATSU, T.; HOSODA, H. Establishment of a Composite Resin Inlay Technique: Part 7. Use of a Low Viscous Resin. **J Jpn Conserv Dent**, Tokyo, v. 36, n. 5, p. 1324-1330, 1993.
- PAUL, S. J.; SCHÄRER, P. The Dual Bonding Technique: A Modified Method to Improve Adhesive Luting Procedures. **Int J Periodont Rest Dent**, New Jersey, v. 17, n. 6, p. 537-545, Dec. 1997.
- PERDIGÃO, J.; LOPES, M. Dentin Bonding – Questions for the New Millennium. **J Adhesive Dent**, Berlin, v. 1, n. 3, p. 191-209, Autumn 1999.
- PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. A Comparison of Accuracy in Seating and Gap Formation for Three Inlay/Onlay Techniques. **Oper Dent**, Seattle, v.15, n. 4, p. 129-135, Aug. 1990.

ROBINSON, P. B.; MOORE, B. K.; M. L. SWARTZ Comparison of Microleakage in Direct and Indirect Composite Resin Restorations in Vitro. **Oper Dent**, Seattle, v.12, n. 3 p. 113-116, Summer 1987.

RUEGGEBERG, F. A.; MARGESON, D. H. The Effect of Oxygen Inhibition on an Unfilled/Filled Composite System. **J Dent Res**, Washington, v. 69, n. 10, p. 1652-1658, Oct. 1990.

SANO, H.; TAKATSU, T.; CIUCCHI, B.; HORNER, J. A.; MATTHEWS, W. G.; PASHLEY, D. H. Nanoleakage: Leakage within the Hybrid Layer. **Oper Dent**, Seattle, v. 20, n. 1, p. 18-25, Jan./Feb. 1995.

SANO, H.; SHONO, T.; SONODA, H.; TAKATSU, T.; CIUCCHI, B.; CARVALHO R. M. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength: Evaluation of a microtensile bond test. **Dent Mater**, Washington, 1994 Jul; 10(4): 236-240.

SANO, H.; TAKATSU, T.; CIUCCHI, B.; RUSSEL C.M.; PASHLEY, D.H. Tensile Properties of Resin-infiltrated Demineralized Human Dentin. **J Dent Res**, Washington, v. 74, n. 4, p. 1093-1102, Apr. 1995.

SANO, H.; UNO S.; INOUE, S. Clinical Considerations of Dentin Adhesion. In: Modern Trends in Adhesive Dentistry- Proceedings of the Adhesive Dentistry Forum 98 in Sapporo. p. 2-11, First Edition 1998.

SOARES, A. B. Infiltração Marginal em Restaurações de Compósitos com Diferentes Viscosidades Polimerizadas sob Intensidade Gradual da Luz Visível [tese]. Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP (Piracicaba- SP), 2001.

- SORENSEN, J.A.; MUNKSGAARD, E.C. Ceramic inlay movement during polymerization of resin luting cements. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 103, n. 6, p. 186-189, Jun. 1995.
- SUZUKI, S. Clinical Evaluation of a New Resin Composite Crown System to Eliminate Postoperative Sensitivity. **Int J Periodont Rest Dent**, New Jersey, v. 20, n. 5, p. 499-509, Oct. 2000.
- SWIFT, E. J.; TRIOLO JR. P.T.; BARKMEIER, W. W.; BIRD, J. L.; BOUNDS, S. J. Effect of low-viscosity resins on the performance of dental adhesives. **Am J Dent**, San Antonio, v. 9, n. 5, p. 100-104, Oct. 1996.
- TAY F.R. *et al.* Mechanical Disruption of Dentin Collagen Fibrils During Resin-Dentin Bond Testing. **J Adhesive Dent**, Berlin, v. 2, n. 3, p. 175-192, Autumn 2000.
- TOUATI, B.; AIDAN N. Second Generation Laboratory Composite Resins for Indirect Restorations. **J Esthet Dent**, Hamilton, v. 9, n. 3, p. 108-118, 1997.
- UNTERBRINK, G. L.; LIEBENBERG, W. H. Flowable resin composites as "filled adhesives": Literature review and clinical recommendations. **Quintessence Int**, Berlin, v. 30, n. 4, p. 249-257, Nov. 1999.
- VAN DIIJKEN, J. W. V.; HORSTEDT, P. Marginal breakdown of 5 year-old direct composite inlays. **J Dent**, Oxford, v. 24, n. 6, p. 389-394, Nov. 1996.
- VAN NOORT, R. **Introduction to Dental Materials**. London: Mosby, 1994, Section II, p. 89-105.

YOSHIKAWA, T.; BURROW, M. F.; TAGAMI, J. A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v. 17, n. 4, p. 359-366, July 2001.

YOSHIYAMA, M.; SANO, H.; EBISU, S.; TAGAMI, J.; CIUCCHI, B.; CARVALHO, R.M.; JOHNSON, M.H.; PASHLEY D.H. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. **J Dent Res**, Washington, v. 75, n. 6 p. 1404-1413, Jun. 1996.

ZHENG, L., PEREIRA, P.N.R.; NAKAGIMA, M.; SANO, H.; TAGAMI, J. Relationship Between Adhesive Thickness and Microtensile Bond Strength. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n. 2, p. 97-104, Mar/Apr. 2001.

## ANEXOS

### Valores Originais Adaptação Marginal

**Anexo 1:** Tabela de Valores Originais da Penetração de Corante na Interface das Restaurações Indiretas - Grupo I

| Grupo I | Total (mm) | Infiltrado(mm) | %     |
|---------|------------|----------------|-------|
| C1      | 14,5       | 0              | 0     |
| C2      | 13,51      | 0,93           | 6,88  |
| C3      | 12,81      | 0              | 0     |
| C4      | 13,06      | 1,94           | 14,85 |
| C5      | 13,81      | 0,48           | 3,47  |
| C6      | 15,06      | 2,01           | 13,34 |
| C7      | 12,54      | 1,42           | 11,32 |
| C8      | 14,99      | 3,59           | 23,94 |
| C9      | 13,24      | 1,41           | 10,64 |
| C10     | 12,67      | 1,56           | 12,31 |
| C11     | 10,93      | 3              | 27,44 |
| C12     | 15,56      | 0,74           | 4,75  |

**Anexo 2: Tabela de Valores Originais da Penetração de Corante na Interface das Restaurações Indiretas - Grupo II**

| Grupo I | Total(mm) | Infiltrado(mm) | %     |
|---------|-----------|----------------|-------|
| C1      | 13,10     | 1,78           | 13,58 |
| C3      | 12,87     | 3              | 23,31 |
| C5      | 14,59     | 10,13          | 69,43 |
| C6      | 14,85     | 1,19           | 8,01  |
| C7      | 13,75     | 6,99           | 50,83 |
| C8      | 13,26     | 1,28           | 9,65  |
| C9      | 11,82     | 0,29           | 2,45  |
| C10     | 14,32     | 4,94           | 34,49 |
| C11     | 12,02     | 2,83           | 23,54 |
| C12     | 14,9      | 1,47           | 9,86  |
| C13     | 14,89     | 0,09           | 0,6   |

**Anexo 3: Tabela de Valores Originais da Penetração de Corante na Interface das Restaurações Indiretas - Grupo III**

| Grupo I | Total(mm) | Infiltrado(mm) | %     |
|---------|-----------|----------------|-------|
| C1      | 14,29     | 6,19           | 43,31 |
| C3      | 13,27     | 5,63           | 42,42 |
| C4      | 12,4      | 4,7            | 37,9  |
| C5      | 11,10     | 3,75           | 33,78 |
| C6      | 12,12     | 5,92           | 48,84 |
| C7      | 11,96     | 4,69           | 39,21 |
| C9      | 10,48     | 5,44           | 51,9  |
| C10     | 12,57     | 8,04           | 63,96 |
| C12     | 14,06     | 4,8            | 34,13 |
| C13     | 14,01     | 5,74           | 40,97 |

### Análise de Variância - Adaptação Marginal

**Anexo 4:** Quadro da Análise de Variância para o teste de Adaptação Marginal -  
Transformação das Observações segundo Arco Seno da Raiz  $x / 100$

| Causas da<br>Variação | G.L. | S.Q.         | Q.M.         | Valor F | Prob. > F |
|-----------------------|------|--------------|--------------|---------|-----------|
| Tratamento            | 2    | 3289,0655615 | 1644,5327807 | 13,1833 | 0,00001   |
| Resíduo               | 30   | 3742,3017774 | 124,7433926  |         |           |
| Total                 | 32   | 7031,3673389 |              |         |           |

\*média geral = 27,260319

\*coeficiente de variação = 40,971%

## Valores Originais - Microtração Regional

**Anexo 5:** Tabela de Valores Originais do Teste de Resistência de União - Ensaio de Microtração - Grupo I / Parede Pulpar.

| Corpo de Prova | Espessura do corte (mm) | Constricção (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | Valor no Ensaio de Microtração (KgF) | Valor Transformado* (MPa) |
|----------------|-------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| C1             | 0,75                    | 1,09             | 0,817                   | 1,438                                | 17,23                     |
| C3             | 1                       | 1,02             | 1,020                   | 1,956                                | 18,79                     |
| C4             | 0,79                    | 1,14             | 0,900                   | 1,754                                | 19,08                     |
| C4             | 0,95                    | 1,04             | 0,988                   | 2,599                                | 25,77                     |
| C6             | 0,88                    | 1,14             | 1,003                   | 1,900                                | 18,56                     |
| C6             | 0,78                    | 1,18             | 0,920                   | 2,848                                | 30,32                     |
| C9             | 1,11                    | 0,96             | 1,065                   | 2,544                                | 27,5                      |
| C9             | 1,12                    | 1,02             | 1,142                   | 2,995                                | 21,8                      |
| C12            | 0,86                    | 1,07             | 0,920                   | 3,481                                | 37,07                     |
| C20            | 0,68                    | 1,36             | 0,924                   | 2,886                                | 30,58                     |
| C20            | 0,66                    | 1,52             | 1,003                   | 3,933                                | 38,42                     |

\* Fórmula utilizada para transformação em MPa

$$* R_U = \frac{F}{A}$$

$R_U$  = Resistência de União  
 $F$  = Força  
 $A$  = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

**Anexo 6:** Tabela de Valores Originais do Teste de Resistência de União - Ensaio de Microtração - Grupo I / Parede Vestibular.

| Corpo de Prova | Espessura do corte(mm) | Constrição (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | Valor no Ensaio de Microtração (KgF) | Valor Transformado* (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| C5             | 1,07                   | 1,08            | 1,155                   | 0,918                                | 7,78                      |
| C7             | 0,66                   | 0,96            | 0,633                   | 0,921                                | 14,25                     |
| C7             | 0,70                   | 1,12            | 0,784                   | 1,089                                | 13,56                     |
| C10            | 0,98                   | 1               | 0,980                   | 0,987                                | 9,86                      |
| C10            | 0,94                   | 0,78            | 0,733                   | 0,513                                | 6,86                      |
| C13            | 0,71                   | 1,18            | 0,837                   | 0,806                                | 9,43                      |
| C13            | 0,70                   | 0,99            | 0,693                   | 0,973                                | 13,77                     |
| C14            | 0,74                   | 1,09            | 0,806                   | 0,552                                | 6,70                      |
| C14            | 0,68                   | 0,96            | 0,652                   | 1,148                                | 17,23                     |
| C21            | 0,69                   | 1,19            | 0,821                   | 1,378                                | 16,44                     |
| C21            | 0,66                   | 1,22            | 0,805                   | 3,311                                | 40,29                     |
| C21            | 0,68                   | 0,94            | 0,639                   | 0,602                                | 9,20                      |

\* Fórmula utilizada para transformação em MPa

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

$R_U$  = Resistência de União  
 $F$  = Força  
 $A$  = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

**Anexo 7: Tabela de Valores Originais do Teste de Resistência de União - Ensaio de Microtração – Grupo II / Parede Pulpar.**

| Corpo de Prova | Espessura do corte(mm) | Constrição (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | Valor no Ensaio de Microtração (KgF) | Valor Transformado* (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| C2             | 0,69                   | 1,18            | 0,814                   | 1,807                                | 21,74                     |
| C2             | 0,73                   | 0,87            | 0,635                   | 1,120                                | 17,39                     |
| C3             | 1,01                   | 0,83            | 0,838                   | 1,870                                | 21,86                     |
| C3             | 0,71                   | 0,87            | 0,617                   | 0,331                                | 5,26                      |
| C4             | 0,73                   | 1,01            | 0,737                   | 0,948                                | 12,60                     |
| C4             | 0,86                   | 1,09            | 0,937                   | 0,785                                | 8,2                       |
| C10            | 1,03                   | 0,80            | 0,824                   | 0,771                                | 9,17                      |
| C10            | 0,98                   | 1,11            | 1,087                   | 0,469                                | 4,22                      |
| C11            | 0,96                   | 0,89            | 0,854                   | 1,635                                | 18,75                     |
| C11            | 1,02                   | 0,95            | 0,969                   | 2,485                                | 25,13                     |
| C12            | 0,77                   | 1,07            | 0,823                   | 1,866                                | 22,19                     |
| C12            | 0,79                   | 1,10            | 0,869                   | 1,287                                | 14,51                     |
| C22            | 0,69                   | 0,68            | 0,469                   | 0,515                                | 10,76                     |
| C22            | 0,66                   | 0,99            | 0,650                   | 0,947                                | 14,20                     |

\* Fórmula utilizada para transformação em MPa

\*

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

$R_U$  = Resistência de União

F = Força

A = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

**Anexo 8:** Tabela de Valores Originais do Teste de Resistência de União - Ensaio de Microtração – Grupo II / Parede Vestibular.

| Corpo de Prova | Espessura do corte(mm) | Construção (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | Valor no Ensaio de Microtração (KgF) | Valor Transformado* (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| C1             | 1,03                   | 0,99            | 1,019                   | 2,944                                | 28,29                     |
| C1             | 1,10                   | 0,70            | 0,770                   | 1,712                                | 21,78                     |
| C1             | 1,05                   | 0,78            | 0,819                   | 2,847                                | 34,06                     |
| C2             | 0,73                   | 0,96            | 0,700                   | 2,046                                | 28,6                      |
| C6             | 0,68                   | 0,96            | 0,652                   | 1,477                                | 23,10                     |
| C6             | 0,67                   | 1,12            | 0,750                   | 1,806                                | 23,58                     |
| C6             | 0,61                   | 1,06            | 0,646                   | 1,817                                | 27,53                     |
| C6             | 0,60                   | 1,01            | 0,606                   | 1,022                                | 16,52                     |
| C8             | 0,62                   | 1,12            | 0,694                   | 1,127                                | 15,90                     |
| C8             | 0,69                   | 0,99            | 0,683                   | 1,158                                | 16,61                     |
| C9             | 0,68                   | 0,95            | 0,646                   | 1,826                                | 27,70                     |
| C9             | 0,69                   | 0,98            | 0,676                   | 1,152                                | 16,69                     |
| C9             | 0,68                   | 0,97            | 0,659                   | 1,477                                | 21,94                     |
| C13            | 0,69                   | 1,02            | 0,703                   | 1,394                                | 19,98                     |
| C13            | 0,74                   | 0,90            | 0,666                   | 1,842                                | 27,10                     |

\* Fórmula utilizada para transformação em MPa

\*

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

$R_U$  = Resistência de União

F = Força

A = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

**Anexo 9:** Tabela de Valores Originais do Teste de Resistência de União - Ensaio de Microtração - Grupo III / Parede Pulpar.

| Corpo de Prova | Espessura do corte(mm) | Construção (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | Valor no Ensaio de Microtração (KgF) | Valor Transformado* (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| C3             | 0,72                   | 0,82            | 0,590                   | 0,831                                | 13,80                     |
| C4             | 0,71                   | 1,11            | 0,788                   | 1,292                                | 16,06                     |
| C5             | 0,72                   | 0,93            | 0,669                   | 1,117                                | 16,27                     |
| C5             | 0,78                   | 1,11            | 0,865                   | 1,899                                | 21,49                     |
| C6             | 1,02                   | 0,91            | 0,928                   | 0,577                                | 6,01                      |
| C23            | 0,97                   | 1,25            | 1,212                   | 0,874                                | 7,07                      |
| C23            | 0,89                   | 1,19            | 1,059                   | 0,499                                | 4,62                      |
| C24            | 0,77                   | 1,32            | 1,016                   | 2,289                                | 22,07                     |
| C24            | 1,07                   | 1,14            | 1,219                   | 1,407                                | 11,30                     |
| C25            | 1,68                   | 0,67            | 1,125                   | 0,519                                | 4,52                      |
| C25            | 0,74                   | 1,27            | 0,939                   | 0,501                                | 5,22                      |
| C25            | 0,99                   | 1,12            | 1,108                   | 1,932                                | 17,07                     |
| C26            | 0,65                   | 1,07            | 0,695                   | 2,954                                | 41,62                     |
| C26            | 0,67                   | 1,25            | 0,837                   | 0,972                                | 34,56                     |
| C27            | 0,61                   | 0,99            | 0,603                   | 1,196                                | 19,40                     |

\* Fórmula utilizada para transformação em MPa

\*

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

$R_U$  = Resistência de União

F = Força

A = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2\text{)} \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2\text{)}} \times 0,098$$

**Anexo 10:** Tabela de Valores Originais do Teste de Resistência de União - Ensaio de Microtração – Grupo III / Parede Vestibular.

| Corpo de Prova | Espessura do corte(mm) | Construção (mm) | Área (mm <sup>2</sup> ) | Valor no Ensaio de Microtração (KgF) | Valor Transformado* (MPa) |
|----------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| C1             | 0,81                   | 1,17            | 0,947                   | 1,191                                | 12,31                     |
| C1             | 0,61                   | 1,12            | 0,683                   | 1,443                                | 20,69                     |
| C1             | 0,60                   | 1,02            | 0,612                   | 1,127                                | 18,04                     |
| C7             | 0,80                   | 1,09            | 0,872                   | 0,244                                | 2,74                      |
| C9             | 0,72                   | 1,04            | 0,748                   | 1,529                                | 20,01                     |
| C9             | 0,74                   | 0,81            | 0,599                   | 1,113                                | 18,30                     |
| C10            | 0,69                   | 0,91            | 0,627                   | 0,633                                | 9,88                      |
| C10            | 0,64                   | 0,8             | 0,512                   | 2,295                                | 43,92                     |
| C10            | 0,63                   | 0,78            | 0,491                   | 0,594                                | 8,56                      |
| C12            | 0,63                   | 1,08            | 0,680                   | 0,552                                | 7,90                      |
| C13            | 0,67                   | 0,94            | 0,629                   | 1,312                                | 20,41                     |
| C13            | 0,73                   | 1,01            | 0,737                   | 0,891                                | 11,84                     |
| C13            | 0,62                   | 1,07            | 0,663                   | 0,562                                | 8,30                      |
| C28            | 0,66                   | 1,13            | 0,745                   | 0,582                                | 7,64                      |
| C28            | 0,65                   | 1,21            | 0,786                   | 1,134                                | 14,12                     |
| C29            | 0,66                   | 1,18            | 0,778                   | 1,630                                | 20,51                     |
| C29            | 0,70                   | 1,17            | 0,819                   | 2,537                                | 30,35                     |
| C29            | 0,93                   | 1,16            | 1,078                   | 2,181                                | 25,59                     |
| C30            | 1,06                   | 0,72            | 0,763                   | 2,408                                | 30,92                     |
| C30            | 0,81                   | 1,12            | 0,907                   | 1,752                                | 18,92                     |

\* Fórmula utilizada para transformação em MPa

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

$R_U$  = Resistência de União

F = Força

A = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

### Análise de Variância - Microtração Regional

**Anexo 11:** Quadro da Análise de Variância para o teste de Microtração Regional - Transformação das Observações segundo Raiz ( $x+0$ ).

| <b>Causas da Variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>S.Q.</b> | <b>Q.M.</b> | <b>Valor F</b> | <b>Prob. &gt; F</b> |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|---------------------|
| Grupo                     | 2           | 38,0930186  | 19,0465093  | 81,42          | 0,00001             |
| Região                    | 1           | 6,9476318   | 6,9476318   | 29,70          | 0,00002             |
| GRV*REG                   | 2           | 38,4317431  | 19,2158715  | 82,14          | 0,00001             |
| Resíduo                   | 80          | 18,7133053  | 0,2339163   |                |                     |
| Total                     | 85          | 102,1856987 |             |                |                     |

\*média geral = 4,113794

\*coeficiente de variação = 11,757%

**Anexo 12:** Teste de Tukey para média entre Grupos para Região Pulpar

| <b>Grupo</b> | <b>Número de repetições</b> | <b>Médias Originais*</b> |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1            | 11                          | 25,92 a                  |
| 2            | 14                          | 14,71 b                  |
| 3            | 15                          | 16,07 b                  |

\* médias seguidas por letras distintas que diferem entre si, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

**Anexo 13:** Teste de Tukey para média entre Grupos para Região Vestibular

| <b>Grupo</b> | <b>Número de repetições</b> | <b>Médias Originais*</b> |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1            | 12                          | 11,37 a                  |
| 2            | 15                          | 23,29 b                  |
| 3            | 20                          | 17,54 c                  |

\* médias seguidas por letras distintas que diferem entre si, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

**Anexo 14:** Teste de Tukey para média dentro do grupo 1

| <b>Grupo 1</b> | <b>Número de repetições</b> | <b>Médias Originais*</b> |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pulpar         | 11                          | 25,92 a                  |
| Vestibular     | 12                          | 11,37 b                  |

\* médias seguidas por letras distintas que diferem entre si, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

**Anexo 15:** Teste de Tukey para média dentro do grupo 2

| <b>Grupo 2</b> | <b>Número de repetições</b> | <b>Médias Originais*</b> |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pulpar         | 14                          | 14,71 a                  |
| Vestibular     | 15                          | 23,29 b                  |

\* médias seguidas por letras distintas que diferem entre si, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

**Anexo 16:** Teste de Tukey para média dentro do grupo 3

| <b>Grupo 3</b> | <b>Número de repetições</b> | <b>Médias Originais*</b> |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pulpar         | 15                          | 16,07 a                  |
| Vestibular     | 20                          | 17,54 b                  |

\* médias seguidas por letras distintas que diferem entre si, são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

## Análise de Variância – Tipo de Fratura

### **Anexo 17:** Teste de Kruskal-Wallis: Grupos 1, 2 e 3/ Parede Pulpar

H= 5,1166  
Grau de liberdade= 2  
(p) Kruskal-Walis= 0,0774

### **Anexo 18:** Teste de Kruskal-Wallis: Grupos 1, 2 e 3/ Parede Vestibular

H= 1,1690  
Grau de liberdade= 2  
(p) Kruskal-Walis= 0,5574

### **Anexo 19:** Teste de Kruskal-Wallis: Todos os grupos

H= 11,9564  
Graus de liberdade= 5  
(p) Kruskal-Walis= 0,0354  
R1 (posto médio)= 22,8846  
R2 (posto médio)= 45,3333  
R3 (posto médio)= 30,5000  
R4 (posto médio)= 34,2500  
R5 (posto médio)= 39,2143  
R6 (posto médio)= 44,3667  
p (1 e 2)= 0,0254  
p (1 e 3)= 0,3313  
p (1 e 4)= 0,2139  
p (1 e 5)= 0,0372  
p (1 e 6)= 0,0053  
p (2 e 3)= 0,1352  
p (2 e 4)= 0,3133  
p (2 e 5)= 0,5378  
p (2 e 6)= 0,9217  
p (3 e 4)= 0,6776  
p (3 e 5)= 0,2573  
p (3 e 6)= 0,0667  
p (4 e 5)= 0,5821  
p (4 e 6)= 0,2562  
p (5 e 6)= 0,4957

