

**CLÁUDIA CRISTINA GALVÃO XAVIER**

**ANÁLISE “IN VITRO” DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DA RESINA  
COMPOSTA À DENTINA TRATADA COM DIFERENTES SISTEMAS  
ADESIVOS.**

**ARARAQUARA  
2005**

CLÁUDIA CRISTINA GALVÃO XAVIER

ANÁLISE "IN VITRO" DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DA RESINA  
COMPOSTA À DENTINA TRATADA COM DIFERENTES SISTEMAS  
ADESIVOS.

*Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"- UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Odontologia.*

*Área de Dentística Restauradora.*

*Orientador : Prof. Dr. Sizenando de Toledo Porto Neto.*

**ARARAQUARA  
2005**

Xavier, Claudia Cristina Galvão

Análise “in vitro” da resistência de união da resina composta à dentina tratada com diferentes sistemas adesivos. / Claudia Cristina Galvão Xavier. – Araraquara : [s.n.], 2005.

157 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Sizenando de Toledo Porto Neto

1. Adesivos dentinários 2. Resistência à tração 3. Ataque ácido dentário I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley Cristina Chiusoli Montagnoli CRB 8/5646

Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

# ***DADOS CURRICULARES***

**Cláudia Cristina Galvão Xavier**

- ✓ **Nascimento**
  - 31 de Dezembro de 1971 / Natal-RN
- ✓ **Filiação**
  - Ismael Benévolo Xavier
  - Maria das Graças Galvão Xavier
- ✓ **1989 – 1993 - Curso de Graduação**
  - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
- ✓ **1995 Cirurgiã Dentista do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte até a presente data**
- ✓ **1995 – 1996 - Especialização em Dentística Restauradora**
  - Faculdade de Odontologia de Araraquara
  - Universidade Estadual Paulista- UNESP
- ✓ **1997 Professora da EAP/ABO-RN (Atualização, Aperfeiçoamento, e Especialização) até a presente data.**
- ✓ **1999 – 2001 Curso de Mestrado em Odontologia- Área Clínicas Odontológicas**
  - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
- ✓ **2002- Professora Substituta da Disciplina de Dentística Pré-Clínica**
  - Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN.
- ✓ **2003 – 2005 - Curso de Doutorado em Odontologia**
  - Área de Dentística Restauradora
  - Faculdade de Odontologia de Araraquara
  - Universidade Estadual Paulista.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha filha, Juliana, maior razão,  
amor da minha vida, e à uma imensa SAUDADE que  
guardou no seu coração.*

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

- ✓ *A Deus, pela sua infinita força.*
  
- ✓ *À minha mãe e ao meu pai, Graça e Ismael, que desde o início, se doaram inteiros, permitindo que meus sonhos acontecessem. Não bastaria um muitíssimo obrigada.*
  
- ✓ *Às minhas lindas irmãs, Ana Karla e Karina, que sempre torceram e apostaram em mim. Aos meus amados sobrinhos, Maria Eduarda e João Victor, e aos meus queridos cunhados.*
  
- ✓ *A João, que apesar do nosso grande desencontro, nunca deixou de ser, verdadeiramente, um grande amigo.*
  
- ✓ *A toda minha família, pelo permanente incentivo.*
  
- ✓ *A Mariquinha, Lena e Creuza, por toda atenção e carinho dado à minha filha durante minhas horas ausentes.*
  
- ✓ *Ao Prof. Dr. Sizenando de Toledo Porto Neto, pela forma tão competente, experiente e objetiva com que tive o privilégio de ser orientada.*

## AGRADECIMENTOS

- ✓ *Ao Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-RN), colegas (em especial, Dr. Auridam Dantas, Dra. Liana, Ercília Maria, Dra. Ana Cristina e Luzia), pacientes, meus chefes (Keiler Soares, Prof. Otávio e Prof. Erivan Sales), diretores (Prof. Sérgio França, Prof. Mariz) e, especialmente, Prof. Getúlio Marques, por todo apoio e incentivo que deles recebi durante todo o meu curso.*
  
- ✓ *À Faculdade de Odontologia de Araraquara, nas pessoas de sua diretora Prof.a. Dra. Rosemary Adriana Marcantonio e vice-diretor Prof. Dr. José Cláudio Martins Segalla.*
  
- ✓ *Ao Prof. Dr. José Roberto Cury Saad, coordenador do curso de Pós-graduação em Dentística Restauradora, por essa oportunidade.*
  
- ✓ *A todos os professores do Departamento de Odontologia Restauradora, em especial aos professores da disciplina de Dentística Restauradora: Sizenando, Saad, Marcelo, Welington, Salete, Sillas e Osmir.*
  
- ✓ *Ao professor amigo, Marcelo Ferrarezi, por tudo e pela grande confiança que teve em mim. Ao professor amigo, Edinho, pela ajuda que tive, logo que cheguei em Araraquara.*

- ✓ *Ao Prof. Dr. Ricardo Calazans e Dr. Francisco das Chagas Pinheiro (Presidente da ABO/RN) pelo importante apoio. A toda equipe da EAP/ABO-RN, em especial aos funcionários: Edna, Rose, Mônica e Gomes. Obrigada.*
- ✓ *À professora amiga, Dra. Iara Farias de Andrade, pelo constante incentivo. À amiga Carla Simone.*
- ✓ *À professora Dra. Marisa Gabrielli, da disciplina de Cirurgia Buco-Maxilo-Facial, pela sua importantíssima ajuda, permitindo a obtenção das amostras, o que tornou possível a elaboração desta pesquisa.*
- ✓ *Ao professor Dr. Luis Geraldo Vaz, pela grandiosa e indiscutível colaboração na realização da parte experimental deste trabalho.*
- ✓ *À Paula Jaques, aluna do Doutorado em Odontopediatria, pelas grandes e importantes sugestões no estudo de microtração.*
- ✓ *A todos os funcionários da Faculdade de Odontologia de Araraquara, especialmente: Conceição, D. Cida, Adriana, Marinho, Vanderlei, Cida, Cláudio, Creuza.*
- ✓ *A Amanda, estagiária de informática, muito obrigada.*
- ✓ *A todos os funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara, em especial Maria Helena e Marley.*



- ✓ *Aos meus amigos das turmas de Mestrado e Doutorado: Cristina Magnani, Elaine, Pedro, Eduardo, Ricardo, Taylane, Roberto, Emanuel, Alessandra, Patrícia, Kina, Cláudia Freitas, Walisson, Leonardo, Cristina, Renato Roperto, Renato, André, Martin, Cláudia Huck, Elídio, Rinaldo, pela amizade, ajuda, oportunidade de tê-los conhecidos e por ter aprendido muito com eles.*
- ✓ *À minha amiga de Natal, Larissa Mesquita, pelo companheirismo e carinho.*
- ✓ *À minha grande amiga-irmã de Araraquara, Gisele, e toda a sua família, por todo carinho e tudo que fizeram por mim e por minha filha. À sua filha, Linda Giovanna, pela alegria que trazia, em seu sorriso, quando chegava em minha casa.*
- ✓ *Aos meus queridos vizinhos, Inês, Sr. Zeca, Marli, Cris e Dani, por todo carinho.*
- ✓ *Às grandes amiguinhas de Juliana, Dani, Linda, Marina e Marcela, por terem, de certa forma, amenizado a uma imensa saudade.*
- ✓ *Ao Prof. Romeu Magnani, pela elaboração da parte estatística, e à sua filha Cristina Magnani pela sua amizade, da qual terei saudade.*
- ✓ *Às Empresas 3M do Brasil, Dentsply, Ivoclar/Vivadent, que cederam os materiais pesquisados.*
- ✓ *A todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.*

“Ontem um menino que brincava me falou  
Que hoje é semente do amanhã  
Para não ter medo que esse tempo vai passar  
Não se desespere  
Nem pare de sonhar  
Nunca se entregue  
Nasça sempre com as manhãs  
Deixe a luz do sol brilhar no céu do seu olhar  
Fé na vida  
Fé no homem  
Fé no que virá  
Nós podemos tudo nós podemos mais  
Vamos lá fazer o que será ”

Gonzaga Jr.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Revisão da Literatura .....</b>	<b>22</b>
<b>3. Proposição .....</b>	<b>85</b>
<b>4. Material e Método .....</b>	<b>87</b>
<b>5. Resultados .....</b>	<b>100</b>
<b>6. Discussão.....</b>	<b>113</b>
<b>7. Conclusão .....</b>	<b>132</b>
<b>8. Referências .....</b>	<b>135</b>
<b>9. Apêndices .....</b>	<b>149</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>156</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>157</b>

## INTRODUÇÃO

Com o advento do condicionamento ácido (Buonocore<sup>5</sup>, 1955) como um meio de retenção, tornaram-se disponíveis novas possibilidades restauradoras com materiais resinosos. Conseqüentemente, os preparos cavitários padrões foram alterados para acomodar esta nova forma de retenção adesiva. Como a penetração da resina dentro das irregularidades microscópicas do esmalte condicionado produz uma retenção confiável, segundo Dogon et al.<sup>16</sup>, não se faz mais necessário realizar retenções para manter a restauração. Dessa maneira, surge uma nova era da “Odontologia Adesiva”, que relaciona os procedimentos restauradores baseados em resinas com retenção por condicionamento ácido. A adesão ao esmalte mostrou ser forte, consistente, confiável e durável, providenciando excelente selamento, além de retenção. Um benefício colateral deste desenvolvimento é a oportunidade de conservação tecidual no desgaste para propósitos mecânicos, assim como um aumento na capacidade de produzir restaurações estéticas que se integram com os tecidos dentais remanescentes (Touati et al.<sup>63</sup>, 2000).

O sucesso com adesão ao esmalte levou os pesquisadores a expandir seus esforços para incluir a dentina. Entretanto, as primeiras tentativas com adesão dentinária não foram bem sucedidas, devido, principalmente, a diferenças estruturais e de composição entre o esmalte e a dentina. A adesão ao esmalte é um procedimento executado com

maior sucesso que a adesão ao substrato dentinário (Van Meerbeek et al.<sup>66</sup> 2003). A dentina é um tecido naturalmente úmido, orgânico, apresentando cerca de 45% de hidroxiapatita inorgânica, disposta irregularmente entre os componentes orgânicos<sup>5</sup>.

Além disso, apesar da dentina ser considerada uma estrutura única, é encontrada uma grande variabilidade dentro do seu próprio substrato. Marshall et al.<sup>31</sup> comentaram sobre a variabilidade encontrada dentro do substrato dentinário e sua respectiva influência na adesão. O diâmetro e a densidade dos túbulos dentinários variam tremendamente em diferentes locais da dentina, os quais aumentam em amplitude e número à medida que se caminha da dentina superficial, a profunda<sup>53</sup>. Deste modo, na dentina superficial encontra-se uma grande quantidade de dentina intertubular, sendo seus túbulos dentinários presentes em menor diâmetro e número. Ao passo que, na dentina profunda, como os túbulos são bem mais amplos e apresentados em maior número, o percentual de dentina intertubular diminui, reduzindo, portanto, a área efetiva para adesão dentinária.

Os primeiros condicionamentos da dentina com ácido fosfórico não produziam nenhuma retenção com vários materiais restauradores testados. Além disso, os estudos de vários pesquisadores demonstraram um potencial de lesão pulpar, devido à aplicação do ácido para condicionar a dentina. Entretanto, contrariando estudos anteriores, Fusayama et al.<sup>22</sup> (1979) desenvolvia um sistema adesivo capaz de unir

efetivamente a resina composta restauradora à cavidade preparada, através do condicionamento total, esmalte e dentina.

Uma grande variedade de sistemas adesivos foram desenvolvidos e introduzidos no mercado odontológico. Contudo, a maioria deles não resistiu à prova do tempo, apesar de ter proporcionado em cada fase de desenvolvimento, condições para satisfazer requisitos básicos como: 1- Ser principalmente biocompatível; 2- Proporcionar suficiente resistência de união com o esmalte e a dentina; 3- Estabelecer imediata e efetiva união; 4- Prevenir a penetração bacteriana; 5- Ser de fácil manuseio.

Os baixos valores de resistência de união (em testes laboratoriais) foram um dos principais problemas com os primeiros sistemas adesivos, que giravam em torno de 3,5 – 7,0 MPa. As forças de contração de polimerização alcançavam forças da magnitude 10 MPa ou mais e, desta forma, distorciam ou rompiam a adesão dentinária. O teste de resistência adesiva é um indicador importante da capacidade dos adesivos para resistir à contração de polimerização dos compósitos<sup>4</sup>.

O condicionamento da dentina é necessário para remoção da smear layer e exposição das fibras colágenas da matriz dentinária. Durante o tratamento com primer, monômeros hidrofílicos que difundem através da dentina desmineralizada, estabiliza a rede de colágeno hidratado e desloca água com monômeros polimerizáveis. Finalmente, o adesivo resinoso é aplicado sobre a dentina tratada com primer formando um novo composto de resina e colágeno, chamado camada híbrida

(Nakabayashi et al.<sup>33</sup> 1982), representando o mais importante mecanismo de adesão dentinária<sup>3</sup>. Caso o adesivo dentinário não venha a se infiltrar corretamente, pode acontecer diminuição nos valores de força de união, além de haver uma exposição de fibras colágenas desprotegidas à degradação hidrolítica. Ainda, se o mesmo não chega a penetrar nos túbulos dentinários, selando-os, há um aumento do risco de sensibilidade dentinária e irritação pulpar devido à infiltração de produtos bacterianos ao redor dos *tags* de resina<sup>39</sup>.

Quanto ao papel dos *tags* na resistência adesiva é ainda incerto, mas a presença deles parece influenciar na adesão dentina e resina, Ferrari et al.<sup>18</sup>.

Atualmente, três métodos de adesão têm sido usados na prática dental para conseguir apropriada resistência adesiva entre materiais dentais e tecido dental. Um método modifica a *smear layer* e a incorpora no processo de adesão. Um segundo método remove completamente a *smear layer*, enquanto o terceiro método preferencialmente dissolve a *smear layer*, ao invés de removê-la. Portanto, enquanto muitos sistemas adesivos requerem aplicação do condicionador ácido no tecido dental, outros sistemas tem primers auto-condicionantes, que não necessitam de um condicionamento dentinário prévio (Costa et al.<sup>13</sup>).

Dependendo das suas composições e reações químicas, os adesivos atuais podem se classificados como sistemas adesivos

convencionais, adesivos passo único (universal simplificado / *one-step* / *self-priming*) ou sistemas auto-condicionantes (*self – etching*)<sup>3</sup>.

A maioria dos sistemas adesivos convencionais (3 passos) pode produzir elevadas resistências adesivas entre resina e a dentina, no entanto relatos têm descrito fatores que poderiam influenciar na sua performance de adesão. O condicionamento excessivo da dentina produz uma frágil adesão, porque fibras colágenas da base da dentina desmineralizada não são completamente impregnadas pela resina<sup>42</sup>. Além disso, há um risco de colapso do colágeno, durante a secagem com ar após condicionamento. O controle do umedecimento tem se mostrado crítico quando sistemas adesivos convencionais são usados<sup>56</sup>.

Após condicionamento da substrato dentinário com ácido gel, a elevada permeabilidade da dentina profunda é marcadamente aumentada por causa: (1) da ampliação dos túbulos dentinários, (2) da remoção da *smear layer* e *smear plug* e (3) das propriedades hipertônicas do ácido gel. Todos os três fatores podem interferir com uma permeação intra - dentinária de fluido resinoso dentro da dentina intertubular<sup>13</sup>. Essa grande quantidade de fluido dentinário, após condicionamento dentinário, parece interferir também com a completa polimerização do primer e/ou adesivo resinoso<sup>13</sup>. Segundo Pashley e Carvalho<sup>39</sup>, torna-se importante conhecer as características da permeabilidade dentinária para que se possa compreender melhor o fenômeno da adesão.



Recentemente, fabricantes têm introduzido materiais adesivos com primer próprio (sistema passo único, universal simplificado, *one-step* ou *self-priming*) para simplificação dos procedimentos clínicos. Adesivos *one-step* são solicitados para completar a infiltração na dentina condicionada, com a resina em um único passo clínico. Entretanto, estudos atuais têm sugerido que a combinação do primer e adesivo resinosos, em um passo único, pode reduzir a efetividade da hibridização<sup>3</sup>.

Outra maneira de prevenir o risco de defeito na hibridização é o uso de sistemas adesivos auto-condicionantes. Com estes sistemas, condicionamento e tratamento com primer da dentina ocorrem simultaneamente, pela infiltração na *smear* dentinária coberta com resinas acidificadas. Portanto, procedimentos críticos como lavagem do ácido e tratamento com primer das fibras colágenas hidratadas foram eliminados. Além disso, o risco por uma impregnação incompleta da dentina desmineralizada pelo adesivo resinoso é completamente evitado. Contudo, é ainda incerto se estes materiais podem produzir adesão resistente e durável quando aplicados na dentina<sup>3</sup>. Segundo Van Meerbeek et al.<sup>66</sup>, 2003, os adesivos de três passos e condicionamento total são mais confiáveis ao longo do tempo, no entanto, os adesivos auto-condicionantes apresentam as melhores perspectivas futuras.

Hoje, há alguns tipos de sistemas auto-condicionantes que combinam o agente condicionador e o primer resinoso em um frasco único, sendo que em outro frasco acondiciona o agente adesivo isolado.

Ainda, existem vários sistemas, que associam todos os componentes (ácido + primer + adesivo) num frasco só<sup>29</sup>.

Segundo Costa et al.<sup>13</sup>, composições diferentes de muitos sistemas adesivos e seqüências variáveis de suas aplicações na dentina, tem levado a um aumento para diferenças nos aspectos da interface resina – dentina e diferentes valores de resistência adesiva, com formação de camadas híbridas em várias espessuras, assim como curtas e longas formações de *tags*, que podem ocorrer, algumas vezes associadas ou não com deslocamento de componentes resinosos através dos túbulos dentinários. Nesta situação, glóbulos de resina podem alcançar o espaço pulpar, promovendo efeitos citotóxicos a células pulpares.

Primers de sistemas adesivos *self-etching* tendem a criar camadas híbridas finas de apenas 1 $\mu$ m de espessura, enquanto que os sistemas adesivos convencionais, onde o condicionamento ácido e o tratamento com primer são aplicados separadamente, originam camadas híbridas mais espessas com 4–5 $\mu$ m<sup>71</sup>. Quando primers auto-condicionantes são usados com ou sem enxágüe, é possível que o colágeno desmineralizado da *smear layer* permaneça na dentina superficial, onde pode tornar-se incorporado na camada híbrida<sup>13</sup>.

Além das propriedades do material adesivo, muitos outros fatores podem influenciar a performance de adesão, como os relacionados com o substrato dentinário. Dentro do fator substrato dentinário, o aumento da área da matriz de dentina intertubular na dentina superficial, associada a

sua permeabilidade mais baixa, pode maximizar a formação da camada híbrida, resultando em mais elevada resistência adesiva quando comparada com a dentina mais profunda<sup>13</sup>. Com relação à presença da umidade, característica do substrato dentinário, um dilema tem se desenvolvido na adesão dentinária. A superfície de dentina desmineralizada deve ser deixada visivelmente úmida para prevenir colapso de completa rede de fibras colágenas expostas. Contudo, a água residual na superfície da dentina pode diluir os monômeros dos primers, previamente à polimerização. Dessa maneira, a diluição poderia prejudicar a produção de polímeros de alta qualidade, comprometendo a resistência de união<sup>42</sup>. Estudos indicam que a estrutura da matriz de dentina desmineralizada é muito diferente nos estados úmidos e secos. Existe uma grande evidência de que estas mudanças estruturais produzem profundas alterações na permeabilidade da matriz dentinária aos monômeros resinosos. Assim, isto modifica a qualidade da adesão entre a dentina e a resina<sup>39</sup>.

Segundo Swift e Bayne<sup>60</sup>, adesivos resinosos contendo água são menos sensíveis a variações no grau de umedecimento superficial da dentina, particularmente, em casos que a trama de colágeno tem sofrido um colapso parcial devido à secagem. Ao contrário, os adesivos a base de acetona são considerados mais susceptíveis às condições de umedecimento da dentina. Acetona é um solvente para o agente hidrofílico (primer), capaz de deslocar a água entre as fibras colágenas

com grande eficácia. Contudo, em casos onde o espaço interfibrilar foi reduzido pela secagem, a difusão do adesivo torna-se incompleta. Por outro lado, com o chamado “fenômeno de superumedecimento”, o excesso de umedecimento em certas áreas da superfície faz o adesivo, a base de acetona, fluir sobre estes reservatórios, resultando em lacunas e um incompleto selamento da dentina. Estas lacunas podem agir como local de iniciação de fratura e seu efeito não podem ser superados pela aplicação de camadas adicionais de adesivo.

No teste de resistência de união dos materiais adesivos, basicamente uma fatia da superfície dentinária é preparada, através de desgaste, e um bloco de resina composta é polimerizado na dentina, seguindo pré-tratamento e aplicação do agente adesivo. Então, cisalhamento ou resistência de união à tração são determinados. O termo “resistência de união” implica que ocorreu desadaptação com resultado de fratura da interface adesiva. Para agentes de união mais efetivos, contudo, a fratura é freqüentemente localizada na resina restauradora ou na dentina, indicando uma irreal resistência de união interfacial. Dessa maneira, os valores de resistência de união deveriam ser relatados associados com os modos de fraturas dos espécimes (Finger<sup>19</sup> 1988).

Grandes avanços foram alcançados com relação aos adesivos atuais, de maneira que altos valores de força de união tem sido conseguidos. No entanto, o estudo das fraturas ocorridas durante os testes tem mostrado um grande número de falhas coesivas, o que tem

obrigado os pesquisadores a tentar buscar outras formas de se avaliar a interface da adesão. Para isso, novos testes têm sido desenvolvidos, como é o caso do ensaio de microtração<sup>40</sup>. A microtração foi desenvolvida em 1994, por Sano et al.<sup>57</sup>, com o objetivo de se analisar a relação existente entre área de superfície para adesão e a resistência à tração de materiais adesivos.

Para Pashley et al.<sup>40</sup>, esta nova alternativa para se avaliar a interface adesiva, através da microtração, apresenta inúmeras vantagens em relação às demais, tais como: proporcionar o aparecimento de maior número de falhas adesivas, poder medir altos valores de força de união, ser capaz de avaliar a força de união em regiões restritas, permitir cálculos de valores em um único dente, permitir testes de união em superfícies irregulares e possibilitar a avaliação ao microscópio eletrônico de varredura.

O exame de microscopia eletrônica dá informações muito valiosas. A superfície fraturada, a superfície pré-tratada e a interface têm sido examinadas pela MEV e MET. A adesão na dentina não pode ser discutida sem microscopia eletrônica, sendo perigoso explicar adesão apenas por valores de resistência de união. Para o esclarecimento do mecanismo de adesão da dentina, superfícies fraturadas (após teste de resistência de união) e camada híbrida deveriam ser examinadas por MEV. A qualidade da camada híbrida está na dependência da

durabilidade da adesão e é o que se torna importante (Watanabe e Nakabayashi<sup>69</sup>, 1994).

Devido a esses avanços no estudo da Odontologia Adesiva, foi introduzido um novo grau de confiabilidade em termos de resistência de união e selamento, que tornou o processo de preparo tão conservador que normalmente as retenções mecânicas são eliminadas e o material restaurador é mantido apenas por retenção adesiva, sendo essa retenção adesiva que será o motivo deste trabalho.

A justificativa deste trabalho baseia-se no fato de que, apesar do grande desenvolvimento em torno dos sistemas adesivos dentinários, estes ainda podem apresentar falhas de adesão, as quais podem levar a problemas clínicos. Por esses motivos e com base na literatura pertinente, resolveu-se avaliar “in vitro” a resistência de união de diferentes sistemas adesivos atuais.

## REVISÃO DE LITERATURA

Testando uma maneira para aumentar a adesão dos materiais acrílicos às restaurações, Buonocore<sup>5</sup>, em 1955, observou que as superfícies de esmalte podem ser alteradas com o auxílio de um ácido oxálico-fosfomolibdate e um ácido fosfórico a 85%. Estes ácidos promoveram uma alteração física e química nessa superfície, favorecendo a união dos agentes resinosos. O tratamento com ácido fosfórico, além de ter dado melhores resultados, foi mais simples de usar. O condicionamento ácido da superfície de esmalte produziu um aumento na área de superfície, aumentando sua capacidade de umectação, permitindo um contato mais íntimo entre a resina e esmalte e aumentando a adesão. Deste modo, houve maior adaptação da resina às margens da cavidade, o que diminuiu a infiltração marginal, sugerindo este tipo de tratamento para selamento de fóssulas e fissuras, com posterior aplicação de resina acrílica, como método de prevenção à cárie.

Em 1979, Fusayama et al.<sup>22</sup> sugeriram um método para aumentar a adesão de um material restaurador ao tecido dental. O adesivo Clearfil foi utilizado em conjunção com uma resina Adaptic e Concise sobre o esmalte, dentina e dentina cariada, sendo que houve variação condicionando ou não a superfície dentinária. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos a testes de tração. Os autores observaram que o

agente adesivo realmente aumentou a resistência à adesão mesmo sobre o tecido dentinário cariado. Observaram ainda que o condicionamento do substrato favoreceu a uma melhora significativa na adesão.

Em 1982, Nakabayashi et al.<sup>33</sup> realizaram um trabalho com o intuito de verificar a efetividade da solução 4-meta na adesão de um cilindro de acrílico ao esmalte e à dentina (bovina e humana), condicionados com uma solução composta pela mescla de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%. Os autores observaram uma formação da então denominada camada híbrida, onde os monômeros resinosos com grupamentos hidrofóbicos e hidrofílicos, como o 4-Meta, infiltravam-se por entre as fibras colágenas expostas pelo tratamento ácido. Após sua polimerização, constituía-se uma zona mista ácido resistente de dentina desmineralizada permeada por resina. Esta camada promovia o aumento na resistência de união da resina composta à dentina. Este trabalho demonstrou que a obtenção de uma ótima adesão não se dava exclusivamente pela formação de *tags* no interior dos túbulos dentinários, mas principalmente pela retenção micromecânica dos agentes resinosos com as fibras colágenas da dentina intertubular e, por isso, o trabalho foi considerado um marco nos estudos dos adesivos dentinários.

Propondo discutir a significância clínica de parâmetros avaliados “in vitro”, especificamente valores de resistência de união, Finger<sup>19</sup>, em 1988,



realizou uma revisão de literatura sobre o assunto. Possíveis variáveis, num maior ou menor grau de significância, introduzidas durante o teste de resistência de união foram, dentro do trabalho, destacadas, como: idade, condição de armazenamento e natureza do dente extraído (bovina ou humana), região da dentina usada como área de adesão, rugosidade da superfície dentinária, momento de aplicação da carga sobre o espécime, termociclagem prévia ao teste e o grau de polimerização dos sistemas adesivos. Ao final, o autor concluiu que a eficácia dos agentes de união não é conclusivamente descrita pelos testes “in vitro”. Valores de resistências de união são somente discriminações grosseiras de parâmetros, não podendo ser muito predizível na performance clínica a longo prazo de uma restauração de resina. Além disso, os valores de resistências de união deveriam ser relatados junto com o modo de fratura dos espécimes. Valores de resistência de união obtidos de diferentes origens não são prontamente comparáveis. Valores de resistência de união são relacionados insuficientemente com os testes realizados em cavidades “in vitro” e os testes de resistência de união deveriam ser padronizados.

Em 1989, Van Noort et al.<sup>68</sup>, levados pelas ambigüidades presentes na interpretação dos dados de resistência de união à tração e ao cisalhamento, resolveram estudar a sensibilidade das resistências de união frente às mudanças nas condições dos testes, através da análise

do estresse por elemento finito. Especificamente, a geometria dos espécimes testados, sob análise, era um bloco de resina composta de 6 mm de comprimento e 6 mm de largura aderida a uma superfície plana de dentina. Era, então, aplicado um estresse de tração interfacial ou estresse de cisalhamento de 10 MPa perpendicular ao bloco, numa carga de 60N sobre materiais isotrópicos e linearmente elásticos para obtenção dos valores de resistência de união nominal (carga da fratura dividida pela área da secção transversal da superfície aderida). Dessa forma, uma malha de tensões foi gerada usando TOMECH, programa de elemento finito desenvolvido no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Sheffield. O programa produziu mudanças nos números dos parâmetros em diferentes condições, onde os efeitos foram considerados e estudados. Nas diferentes propriedades dos materiais, ocorreram mudanças nos módulos de elasticidade da resina composta, que foram virtualmente aumentados de 5GPa para 15 e 25 GPa. Para se estudar o efeito das mudanças na geometria dos espécimes, a altura do cilindro de resina composta foi sistematicamente reduzida de 6 mm para 5,4,3,2,1 e 0,5 mm. Ao passo que, para se avaliar os efeitos de variação das configurações do carregamento na distribuição do estresse interfacial, este foi aplicado nos comprimentos de 1 a 6 mm, enquanto sob as forças de cisalhamento as distâncias do ponto de aplicação variaram de 0,1,2,3,4 e 5 mm. Os resultados deste trabalho indicaram que a resistência de união nominal pode mudar com a geometria dos

espécimes, configurações do carregamento (de maneira mais intensa sob o cisalhamento) e dureza do material, pois estes levam a um aumento nas diferenças de distribuições do estresse da interface adesiva. Os autores concluíram que, de uma maneira geral, os testes deveriam ser suportados por resultados de análises do estresse de forma detalhada, para que o investigador possa interpretar a carga para fratura do espécime como sendo a verdadeira resistência do local, uma vez que as distribuições das tensões na interface são altamente heterogêneas. O trabalho demonstrou, ainda, que há uma necessidade de padronização dos procedimentos testes para as medidas de resistências de união, de maneira que uma comparação válida, universalmente, entre diferentes agentes de adesão possa ser realizada.

Através de uma revisão de literatura, Retief <sup>53</sup>, em 1991, enfatizou a importância de uma padronização para os testes laboratoriais que estudam a adesão à estrutura dental, tais como: testes de resistência de união (tração/cisalhamento), microinfiltração e medições de fendas marginais. Dessa maneira, os fatores variáveis aos testes de resistência de união de materiais adesivos ao dente foram destacados: o tipo do teste de resistência aplicado (tração ou cisalhamento), a natureza do dente estudado (humano ou bovino), o meio e o tempo de duração da armazenagem dos dentes, a preparação da superfície dentinária para receber o material adesivo, a forma de preparação dos espécimes, o tipo

e o valor da força aplicada. Para o autor, embora os resultados dos testes laboratoriais de adesão não possam ser extrapolados clinicamente, servem como uma projeção da performance clínica do material pesquisado. Por causa da grande variedade nas metodologias dos testes, os resultados obtidos de diferentes estudos laboratoriais não podem ser comparados.

Estudando o efeito da geometria local na medida da resistência à tração da dentina, Van Noort et al.<sup>67</sup>, em 1991, selecionaram coroas de 24 molares humanos extraídos livres de cárie, que foram cortados para exposição da dentina, lixadas, lavadas, secas. Sobre estas foi aplicado o primer do sistema Scotchbond 2<sup>®</sup>/ 3M. Dois grupos foram criados: no Grupo A, aplicou-se sobre a superfície uma camada de adesivo que, logo depois, foi fotopolimerizada. Sobre o adesivo foi construído, com o auxílio de um molde, um cilindro de resina composta (6 mm de altura/4 mm de diâmetro) que, em seguida, recebeu um pino de metal que foi cimentado sobre este cilindro. O Grupo B foi tratado de maneira semelhante ao Grupo A, exceto o momento da aplicação do adesivo, que foi feita depois da adaptação do molde para construção de resina composta. As amostras foram, posteriormente, levadas a uma máquina de tração (2 mm/min) e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variâncias com uma variável. As superfícies fraturadas selecionadas foram examinadas ao microscópio eletrônico de varredura. A espessura da película de adesivo

foi de 50  $\mu\text{m}$ . Os resultados foram produzidos com uso de um programa de elemento finito da Universidade de Sheffield, TOMECH. O módulo de elasticidade da dentina, do adesivo e da resina composta foram 15GPa, 4GPa e 20 GPa respectivamente, sendo aplicada uma carga, distribuída na porção superior do cilindro de resina, que gerou um “stress” nominal de tensão 10 MPa. Os resultados mostraram que a resistência à tração da resina à dentina foi afetada significativamente pelo método de aplicação do adesivo. O valor da força de união foi 3MPa quando o adesivo foi aplicado apenas na interface. No entanto, a força de união apresentou uma aumento para 6,90 MPa quando o adesivo foi espalhado sobre toda a dentina exposta. A inexistência do adesivo residual sobre a dentina para os espécimes do Grupo B confirmou que as falhas ocorreram entre o adesivo e a dentina. Segundo os autores, para uma medida verdadeira da força de união, o adesivo deveria ficar restrito apenas à interface, uma vez que a extensão do adesivo além da interface vai acarretar um valor alto, mas irreal de resistência adesiva. Uma padronização para medida da força de união se faz necessária, levando, porém, a geometria local e outros fatores conhecidos em consideração, caso os resultados de diferentes estudos sejam diretamente comparados.

Kanca III<sup>28</sup>, em 1992, realizou um estudo “in vitro” sobre a capacidade de adesão à uma dentina seca ou úmida. O sistema All Bond foi utilizado em ambas dentinas secas e úmidas, condicionadas com ácido

fosfórico 10% e 37%, sendo os corpos-de-prova confeccionados e submetidos a teste de resistência à união numa máquina Instron com velocidade de 5,0mm/min. Os dados foram colhidos e submetidos à análise estatística, revelando que as superfícies de dentina úmida apresentavam maior resistência à união que as superfícies secas. O autor sugere que este fato se deu devido ao comportamento da mistura primer-resina, onde houve uma adaptação íntima à dentina úmida.

Em 1993, Gwinnett<sup>25</sup> determinou, quantitativamente, o papel da infiltração da resina adesiva (camada híbrida) na adesão dentinária. Utilizou quatro grupos de dez molares, onde trinta dentes foram seccionados na região médio-coronária e a dentina foi aplainada com lixas 600. Os grupos foram divididos em: grupo 1 (*smear layer* intacta); grupo 2 (*smear layer* removida com Prophy jet); grupo 3 (condicionamento com ácido fosfórico 10% por vinte segundos) e o grupo 4 (que consistia numa dentina exposta por uma fratura transversa, médio-coronária). As superfícies dentinárias foram tratadas com All Bond 2 seguida à restauração com a resina P50. Os corpos-de-prova foram testados por cisalhamento a uma velocidade de 5mm/min e as amostras foram caracterizadas sobre microscopia eletrônica de varredura. Os resultados analisados, estatisticamente, demonstraram que a penetração da resina adesiva foi encontrada apreciável nos túbulos dentinários somente para o grupo 4 e que a maior penetração intertubular e tubular ocorreu no grupo

3. O autor concluiu que a penetração da resina adesiva pode contribuir com aproximadamente um terço da resistência à adesão desse sistema de condicionamento ácido total, caracterizando que a hibridização dentinária é de particular importância para otimizar resultados de adesão.

Heymann e Bayne<sup>26</sup>, em 1993, realizaram uma revisão de literatura sobre os conceitos existentes em adesão, dando maior ênfase aos fatores relacionados à adesão em dentina. Os autores fizeram um levantamento sobre os principais fatores que interferem na adesão, tais como: fatores relativos ao substrato dentinário, aspectos ligados ao paciente, fatores de ordem dentinária e, finalmente, fatores relacionados com os próprios materiais. Alguns aspectos foram levantados, como as diferenças estruturais da dentina e do esmalte em relação ao mesmo dente, a presença da *smear layer*, esclerose dentinária, a localização do dente, a flexão dental, o tamanho e forma das lesões, a idade do paciente, o grau de stress oclusal e, finalmente, aspectos ligados ao adesivo, bem como ao material restaurador colocado sobre ele. Os autores concluíram que as pesquisas tradicionais envolvendo a estrutura dentinária têm focado principalmente os materiais odontológicos. No entanto, segundo os autores, existem importantes aspectos relacionados com estrutura dentária e ao próprio paciente, que não deveriam ser considerados individualmente, uma vez que são tão importantes quanto os próprios materiais em si.

Em 1994, Carvalho et al.<sup>8</sup> determinaram a resistência de união à dentina dos sistemas adesivos Scotchbond MP e Variglass, usando um novo método de ensaios por microtração. Esta nova metodologia permite testar a resistência adesiva a pequenas áreas através do desgaste da secção transversal dos espécimes até  $0,5\text{mm}^2$ . A principal conclusão deste trabalho foi que a resistência à tração foi dependente da superfície da área adesiva. As superfícies adesivas variaram de 0,5 a  $5,0\text{mm}^2$ , sendo esta dimensão muito menor do que as superfícies adesivas, utilizadas antes rotineiramente em testes de laboratório. Uma relação inversa entre a resistência à tração e a área de superfície adesiva foi encontrada para ambos os materiais. Quando utilizaram-se as menores áreas, o Scotchbond MP atingiu valores de até 46 MPa e o Variglass resultou em valores em até 34 MPa.

Charlton e Beatty<sup>12</sup>, em 1994, verificaram a resistência à união dos sistemas adesivos Optibond e Scotchbond Multi-Purpose, observando a condição da dentina, se úmida ou seca. As amostras preparadas foram termocicladas e levadas à máquina Instron para teste mecânico. A análise estatística dos resultados obtidos indicou não haver diferenças estatisticamente significantes entre os dois tipos de situações na superfície dentinária.



Para analisar a resistência adesiva com diferentes níveis de mineralização, Perdigão et al.<sup>46</sup>, 1994, testaram quatro sistemas adesivos: All Bond 2, Amalgambond Plus, Prisma Universal Bond 3 e Scotchbond Multi-purpose, em 120 molares humanos extraídos, divididos em três grupos de 40 dentes. Após a dentina média ser exposta, os grupos de amostras foram artificialmente hipermineralizados em uma solução remineralizadora, e desmineralizados, através de uma solução de ácido acético ou sendo estocados em água destilada, sendo testados os grupos de dentina esclerótica, cáries e dentina normal. Foram aplicados os sistemas adesivos, realizadas as restaurações e verificada a resistência adesiva dos diferentes substratos dentinários e a interface analisada sob microscopia eletrônica de varredura. Para todos os adesivos, a resistência da dentina normal foi significativamente alta em relação aos outros substratos. A dentina hipermineralizada teve uma resistência adesiva significativamente maior do que a dentina desmineralizada, exceto usando o adesivo Prisma Universal Bond 3.

Sano et al.<sup>55</sup>, em 1994, realizaram um experimento com o intuito de investigar o percentual de participação da matriz de dentina desmineralizada (fibras colágenas) na resistência da dentina através da medição e comparação da máxima resistência à tração (UTS) e módulos de elasticidade de dentina mineralizada e desmineralizada. Partes pequenas (4 x 0,5 x 0,5 mm) de dentina (bovina e humana), foram

testadas no aparelho teste de microtração, "in vitro", sendo este uma modificação do aparelho Bencor-Multi – T teste, através da confecção de garras compostas por uma fenda e um dispositivo em cume. As garras foram usadas para fixar as extremidades dos espécimes, que posteriormente, foram estabilizados com uma cola à base de cianocrilato. A dentina humana (coronária) foi obtida de terceiros molares humanos não erupcionados, onde dois tipos de séries de espécimes foram preparados a partir de discos de 0,5mm, obtidos através de secções perpendiculares ao longo eixo do dente. Na primeira série, os espécimes nos quais as resistências à tração foram medidas, apresentavam dimensões com a região central modelada numa curva suave, evitando extremidade cortante que possa levar as concentrações de estresse. Em uma segunda série, os espécimes foram preparados com as paredes paralelas entre si, onde os módulos de elasticidade foram medidos. Por outro lado, na dentina bovina, secções longitudinais de dentina bovina média (0,5mm) foram divididas dentro de metades coronária e radicular e os mesmos tipos de espécimes foram separados como foram na dentina humana. Todos os espécimes aproximadamente tiveram a mesma dimensão final. Além disso, espécimes com as mesmas dimensões das amostras dentinárias foram construídos em alumínio para que servisse de comparação dos dados obtidos neste trabalho com os já citados na literatura. A dentina coronária humana mineralizada apresentou uma média de máxima resistência à tração (UTS) de 104MPa. Dentina

coronária de incisivo bovino exibiram uma UTS de 91MPa e dentina radicular bovina de 129 MPa. Os módulos de elasticidade da dentina bovina e humana mineralizados variaram de 13 a 15GPa. Quando espécimes dentinárias foram desmineralizadas em EDTA, a UTS e módulos de elasticidade caíram para 26–32MPa e 0,25GPa, respectivamente, dependendo da espécime de dentina. Os resultados indicaram que o colágeno contribui em torno de 30% da resistência à tração da dentina mineralizada, sendo bem mais que o esperado.

Dando início a uma série de estudos através de uma nova metodologia: o teste de microtração, Sano et al.<sup>57</sup>, em 1994, analisaram a relação resistente entre a área de superfície para a adesão e a resistência à tração. Neste trabalho, espécimes em formato de ampulheta permitiram avaliar áreas menores que  $0,4\text{mm}^2$ . Foram utilizados 20 molares humanos, que tiveram suas superfícies oclusais cortadas e polidas, para serem restauradas com os sistemas adesivos: Scotchbond Multipurpose, Clearfil Liner Bond 2 e Vitremer primer seguidos de uma coroa de resina composta de 3 a 5 mm de altura. Os espécimes foram armazenados a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Os dentes restaurados foram cortados em fatias paralelas, ao longo eixo do dente, e desgastados para tornar a interface mais suave. A área de adesão foi calculada antes e depois do teste, variando de  $0,5 \times 0,5$  a  $3 \times 3\text{mm}$ . A quantidade de dentina remanescente entre a interface adesiva e o corno pulpar foi medido usando um

micrômetro digital. Foi realizado o teste de tração em uma máquina de testes universal. Segundo os resultados obtidos, foi encontrado uma relação inversa entre a resistência à tração e a área de superfície aderida para os 3 sistemas adesivos. Em superfície de área abaixo de  $0,4\text{mm}^2$ , a resistência adesiva foi de 55 MPa para o Clearfil Liner Bond2, 38 MPa para o Scotchbond MP e 20 MPa para o Vitremer. Pequenas áreas de superfícies tiveram falhas de natureza adesivas. Este estudo permite a medição de altas resistências adesivas sem falhas coesivas em dentina. A utilização desta metodologia permitiu avaliar espécimes com tamanho padrão, podendo ser obtido diversos corpos-de-prova no mesmo dente.

Watanabe e Nakabayashi<sup>69</sup>, em 1994, resolveram descrever os métodos para medição de adesão à dentina, atualmente utilizados no Japão, discutindo as vantagens e desvantagens, fatores que possam afetar à adesão (substrato dentário, condições de armazenagem e o método do teste de resistência de união) e a durabilidade da adesão dentinária. Os métodos de testes para resistência de união são divididos em dois, teste de tração e cisalhamento. Os autores discutiram o melhor para prognóstico da performance clínica na resistência de união, a padronização dos diversos métodos propostos e, além disso, ressaltaram a importância da microscopia eletrônica. O teste de resistência à tração é o mais utilizado para avaliar a união da resina a dentina no Japão. Os autores finalizaram o trabalho afirmando que condições experimentais

padronizadas “in vitro” que possam simular condições “in vivo” estão ainda sobre investigações.

Em 1994, Watanabe et al.<sup>70</sup> pesquisaram a concentração de phenyl-P para se obter dissolução da estrutura dental através de um primer auto-condicionante. Os autores utilizaram altas concentrações de phenyl-P em 30% de HEMA como condicionador dentinário para melhorar a adesão do sistema adesivo a smear layer. O máximo de adesão foi conseguido na proporção de 20% de phenyl-P resultando em 10,4 MPa. Uma análise em microscopia eletrônica de transmissão demonstrou que essa proporção desmineraliza a superfície dentinária pela dissolução parcial dos cristais minerais ao redor do colágeno. Quando aplicada só sobre a smear layer, este sistema desmineraliza a smear layer e se incorpora à resina aplicada, que penetra a curta distância na dentina subjacente, criando uma camada híbrida que contém smear layer original. A vantagem desse sistema seria a possibilidade de permitir a adesão com uma simples solução que serve como condicionador e primer, simultaneamente.

Em 1995, Nakajima et al.<sup>35</sup> resolveram constatar se a adesão afetada pela cárie é inferior à dentina normal. Para isso, realizaram preparos em 47 molares humanos hígidos e com cáries coronárias na superfície oclusal, que foram removidas e preparadas para receberem os adesivos All Bond 2 (Bisco), Scotchbond Multi-purpose (3M), Clearfil Liner Bond II

(Kuraray). Foi aplicado o teste de microtração e foi observada a qualidade da camada híbrida sob microscopia eletrônica de varredura. De acordo com os resultados encontrados, os adesivos All Bond 2 (Bisco) e Clearfil Liner Bond II (Kuraray) apresentaram altas resistências adesivas para a dentina não afetada por cárie em relação à dentina afetada pela cárie (All Bond 2 – 26,90 vs 13,97 MPa; Clearfil Liner Bond II – 29,52 vs 13,97MPa). O adesivo Scotchbond Multipurpose/3M apresentou resistências semelhantes para as duas condições de substrato (20,32 vs 18,49 MPa). Sob microscopia eletrônica de transmissão, a camada híbrida formada pelos adesivos Clearfil Liner Bond II e All Bond 2, em dentina normal e afetada pela cárie, mostraram resistência ao ácido fosfórico e hipoclorito de sódio. A camada híbrida formada pelo Scotchbond Multi – purpose em dentina normal e afetada pela cárie mostraram susceptibilidade parcial ao tratamento com ácido fosfórico e hipoclorito de sódio. Os resultados de resistência adesiva indicaram que a adesão à dentina depende do tipo de adesivo e tipo de dentina, mas a qualidade da camada híbrida pode nem sempre contribuir com a resistência adesiva da dentina. O estudo das falhas adesivas determinou que o teste de microtração não foi eficiente em mostrar falhas adesivas exclusivas em muitos casos. As variações morfológicas e químicas sofridas pela dentina durante um processo de cárie podem determinar uma redução da qualidade adesiva e esse efeito é dependente do sistema adesivo empregado.

Numa revisão de literatura realizada por Pashley et al.<sup>40</sup>, em 1995, sobre os testes de adesão, os autores avaliaram aspectos como: substrato, condicionamento dentinário e variáveis relacionadas com a aplicação do primer e do adesivo, armazenamento e métodos de testes dos espécimes. Para os autores, grandes avanços foram alcançados com relação aos adesivos atuais, de maneira que altos valores de força de união tem sido conseguidos. No entanto, o estudo das fraturas ocorridas durante os testes tem mostrado em grande número de falhas coesivas, o que tem obrigado os pesquisadores a tentar buscar outras formas de se avaliar a interface de adesão. Para isso, novos testes têm sido desenvolvidos, como o ensaio de microtração, que tem como vantagens: proporcionar o aparecimento de maior número de falhas adesivas, poder medir altos valores de força de união, ser capaz de avaliar a força de união em regiões restritas, permitir cálculos de valores em um único dente, permitir testes de união em superfícies irregulares e possibilitar a avaliação ao microscópio eletrônico de varredura. Sendo suas desvantagens: técnica laboratorial trabalhosa e sensível, dificuldade de se medir forças de união menores que 5 MPa, necessidade de equipamento especial e desidratação rápida dos espécimes devido ao tamanho reduzido.

Em 1996, Ferrari et al.<sup>17</sup> estudaram “in vitro” e “in vivo”, através de microscopia eletrônica de varredura, a formação da camada híbrida

utilizando três sistemas de adesão à dentina. Foram selecionados 24 pacientes voluntários, cada um com um dente íntegro, mas comprometido periodontalmente com extração indicada. Metade dos dentes tiveram o esmalte removido com uma ponta diamantada formando o grupo 1, a outra metade recebeu preparos de classe II, constituindo o grupo 2. Foram analisados os seguintes sistemas adesivos: Prime & Bond, Scotchbond Multi-Purpose Plus e Clearfil Liner Bond 2. Os dentes foram divididos em subgrupos, nos quais foram testados diferentes materiais e o sistema Clearfil Liner Bond 2 foi avaliado em tempos de 30 e 60 segundos de aplicação. A parte “in vitro” dessa investigação utilizou 24 molares recentemente extraídos, que receberam os mesmos procedimentos descritos para o experimento “in vivo”. As amostras foram observadas sob microscopia eletrônica de varredura, onde foi constatado que todos os grupos apresentaram a formação da camada híbrida. O grupo que utilizou o sistema Clearfil Liner Bond 2 demonstrou uma camada híbrida menos espessa e tags mais estreitos, quando comparados com outros grupos. A morfologia da camada híbrida foi similar entre os experimentos “in vivo” e “in vitro”.

Tay et al.<sup>61</sup>, em 1996, avaliaram, num adesivo contendo acetona, os efeitos de diferentes níveis de umedecimento da superfície na técnica de adesão úmida. A superfície dentinária foi condicionada com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos. Num grupo, a água foi deslocada com 3



segundos de jatos de ar e, num outro grupo, a água foi removida com papel absorvente. As superfícies foram caracterizadas pela formação de uma camada híbrida intacta e os túbulos dentinários foram selados com núcleos sólidos do primer logo abaixo de glóbulos intratubulares de primers. O excesso de água sobre a superfície dentinária resultou na criação de espaços com forma de bolha na interface dentina/primer. Uma camada de dentina intertubular impregnada com resina esteve presente e, abaixo dos espaços citados acima, houve um selamento incompleto dos túbulos dentinários. Os autores discutiram que a presença de fendas microscópicas na interface primer/dentina pode oferecer uma explicação morfológica para o decréscimo da resistência à união quando esses sistemas forem aplicados com excesso de umidade na superfície.

Yoshiyama et al.<sup>73</sup>, avaliaram, em 1996, através de microtração regional, a influência do tipo de dentina na resistência de união de 3 sistemas adesivos. Pré-molares humanos extraídos por problemas periodontais foram divididos em dois grupos: Grupo 1 – lesões naturais, constituído por dentes que exibiram defeitos em cunha no terço cervical da superfície radicular vestibular; Grupo 2 – lesões artificiais, constituído por dentes que não exibiram nenhum tipo de lesão cervical. No segundo grupo, os defeitos em cunha foram preparados com pontas diamantadas finas em alta rotação. Foram testados os adesivos All Bond 2 (Bisco), Scotchbond Multi – purpose (3M) e Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray), sendo

as lesões preenchidas com um compósito de baixo módulo de elasticidade (Protect Liner Bond). Após preparadas, as amostras foram seccionadas em série, resultando em quatro secções por dente, cada uma apresentando de 0,7 a 0,8mm de espessura. Em seguida, foram desgastadas na interface adesiva, para formação de uma curva tênue e ,posteriormente, levadas a ensaios mecânicos. Duas das quatro secções foram usadas para testar a adesão oclusal e as outras duas, a adesão gengival. As espessuras de dentina remanescente foram calculadas para cada “fatia”, medindo-se a distância entre o local da adesão e o corno pulpar mais próximo. Os espécimes fraturados também foram avaliados quanto à microdureza da região da interface e observados ao microscópio eletrônico de varredura. Os resultados indicaram que não existem diferenças regionais na força de união, apesar dos valores para a adesão em lesões naturais serem de 20% a 45% mais baixos do que aqueles obtidos para adesão à dentina normal de defeitos criados artificialmente, dependendo do sistema adesivo. O teste de microdureza mostrou que a dureza na região gengival foi menor do que na região oclusal, mas não foi diferente para a dentina normal e esclerótica. Além disso, não foi encontrada correlação entre força de união, espessura de dentina remanescente e microdureza. A microscopia eletrônica de varredura revelou que o sistema Clearfil Liner Bond 2 gerou as camadas híbridas mais finas e que as lesões naturais continham dentina esclerótica e as lesões artificiais dentina normal. Apesar dos valores de resistência

adesiva serem menores em dentina esclerótica do que em dentina normal, os valores absolutos foram altos (16 a 17 MPa) em relação a sistemas adesivos de gerações anteriormente passadas.

Em 1997, Campus et al.<sup>6</sup> analisaram a microestrutura da interface resina adesiva / dentina, gerada por três sistemas adesivos em diferentes substratos dentinários, com microscopia eletrônica de varredura e transmissão. Dois tipos de estrutura dentinária foram utilizados: uma, contendo dentes jovens e outra, contendo dentes adultos. Vinte preparos de classe V, médios para profundos, foram confeccionados nas superfícies vestibular e lingual dos dentes utilizando os seguintes sistemas adesivos: Prime & Bond 2.0, Clearfil Liner Bond 2 e PSA. Após a extração, os dentes foram fixados, desidratados e secos para análise em MEV e MET. A camada híbrida do sistema Prime & Bond 2.0 para dentina jovem foi da ordem de 4-5 $\mu$ m, enquanto as superfícies dentinárias adultas apresentaram uma espessura de camada híbrida reduzida (0,5 a 1,0  $\mu$ m). No sistema Clearfil Liner Bond 2, a espessura da camada híbrida para dentina jovem foi de 3-4 $\mu$ m e 0,5-1,0 $\mu$ m para dentina adulta. Para os autores, o reforço da camada híbrida é menos efetivo em amostras esclerosadas do que em dentina normal.

Chappell et al.<sup>11</sup>, em 1997, realizaram um trabalho para definir o tamanho ideal da amostragem e padronizar uma metodologia para o teste

de microtração. Foram preparados seis terceiros molares, recentemente extraídos e não erupcionados, que tiveram o terço oclusal da coroa removido e a superfície dentinária abrasionada com lixa 320. Em seguida, cada dente foi tratado com Scotchbond Multipurpose, condicionado com ácido fosfórico, coberto com resina Z100 (3M) e cortado em um mínimo de 5 secções de  $(1,0\text{mm} \pm 0,1\text{mm})$  de espessura que representaram: dentina externa, intermediária e interna. No final dos preparos, as amostras apresentaram uma área de superfície central de  $1,7 \pm 0,1\text{mm}^2$ , foram levadas para o teste propriamente dito na Máquina Instron 11225 a  $0,5\text{mm}/\text{min}$  de velocidade. As médias de resistências para dentinas externas, intermediária e interna foram  $30,4 \pm 7,2$  MPa,  $32,3 \pm 6,4$  MPa e  $25,5 \pm 6,0$  MPa, respectivamente e, para todos os grupos, foi de  $30,1 \pm 6,9$  MPa. Além disso, ocorreram 6 fraturas coesivas em dentina durante este trabalho, sendo 30 o total das amostras testadas. Após obtenção dos resultados e de uma poderosa análise, para os autores, o tamanho ideal da amostragem para futuros testes de resistência à união entre dentina/adesivo por microtração deveria ser de 27 amostras ou seis dentes.

Em 1997, May<sup>32</sup> avaliou a resistência de união de duas resinas modificadas Fuji IILC (FL) e Photac-Fil (PF), com e sem pré-tratamento. Além disso, os dados obtidos foram comparados com os valores de resistência de união de um poliácido modificado (Dyract, Dy). Na pesquisa

foram utilizados dentes bovinos, sendo testados em 5 combinações: Fuji II LC cápsula (FL) + condicionador GC (+C); FL sem condicionador (-C); Photac – Fill aplicação rápida (PF) + Ketac – condicionador (+C); PF sem condicionador (-C) e Dyract (DY). Após armazenagem a 100% de umidade relativa a 36°C por 24h a resistência de união por tração (MPa) foi determinada. O autor verificou que não houve diferença estatística entre os grupos, concluindo que o Photac Fill sem a utilização de condicionamento prévio mostrou-se igual aos outros materiais testados e, portanto, pode ser utilizado como sistema auto-condicionante.

Segundo Nakajima et al.<sup>34</sup> (1997), a resistência de união da resina à dentina afetada por cáries apresenta maior relevância clínica do que quando aplicada em uma dentina normal. Dessa forma, os autores decidiram avaliar as resistências de união à microtração de diversos sistemas adesivos, aplicando a técnica de adesão úmida na dentina normal versus dentina afetada. Dez molares humanos extraídos e com cárie na porção coronária tiveram sua face oclusal nivelada (lixa 320), até a exposição de uma superfície dentinária plana. Em seguida, todo tecido afetado por cárie foi removido aplicando os critérios tátil, visual e com auxílio de solução evidenciadora, deixando uma superfície com cárie no lado experimental e outra normal no lado contrário do mesmo dente. Posteriormente, a dentina foi polida (lixa 600), aderida com Scotchbond Multipurpose Plus/3M (MPP) usando 37% de ácido fosfórico (15 seg.) ou

One-Step Bisco (OS), seguindo as instruções dos fabricantes, através da técnica de adesão úmida, seguida pela construção de blocos com a resina APX. Após 1 dia em água a 37°C, os dentes foram seccionados verticalmente em partes de 0,7mm de espessura e, posteriormente, recortados para obtenção de área adesiva para testes de 0,9 mm<sup>2</sup> que foram levadas à máquina operadora para o teste propriamente dito (INSTRON) a uma velocidade de 1 mm/min. Após os resultados, os autores concluíram que ambos os sistemas de adesão utilizados uniram-se uniformemente bem em cada substrato (normal e com dentina afetada). Quando a técnica de adesão úmida foi utilizada, os sistemas se comportaram de maneira semelhante, não havendo, portanto, diferenças significantes entre os valores de resistências adesiva à microtração obtidos.

Pameijer e Louw<sup>38</sup>, em 1997, verificaram, “in vivo”, se a pressão pulpar afeta a adesão à dentina. Tal experimento utilizou quatro macacos babuínos, que receberam tratamento endodôntico intencional em alguns dentes, para servir como grupo de comparação e outros mantidos vitais. A superfície dentinária foi exposta e tratada com os seguintes sistemas adesivos: Prime & Bond 2.0 e Permaquick, após condicionamento da dentina com ácido fosfórico a 35% e restauradas com resina composta. Após o sacrifício dos animais, os espécimes foram submetidos à teste de resistência de união. Os resultados mostraram que não houve diferença

estatisticamente significativa entre os materiais, em relação à condição pulpar. Prime & Bond para polpa vital atingiu valores de  $14,65 \pm 3,00$  MPa e, para polpa não vital,  $14,83 \pm 6,70$  MPa. Os valores para o sistema Permaquick, em polpa vital, foram  $19,68 \pm 5,90$  MPa e, para polpa não vital,  $19,92 \pm 5,70$  MPa. Os autores concluíram que a pressão pulpar não interfere adversamente na adesão à dentina.

Em 1997, Pashley e Carvalho<sup>39</sup> realizaram uma revisão de literatura sobre a estrutura da dentina, associando-a com a adesão. Os autores descrevem a fundamental importância da permeação da resina adesiva nos espaços criados entre as fibras colágenas pelo condicionamento ácido durante os procedimentos adesivos. Caso a resina não venha a se infiltrar corretamente, pode acontecer diminuição nos valores de força de união, além de haver uma exposição das fibras colágenas desprotegidas à degradação hidrolítica. Dessa forma, se as resinas não penetrarem dentro dos túbulos dentinários, selando-os, há um aumento do risco de sensibilidade dentinária e irritação pulpar devido à infiltração de produtos bacterianos ao redor dos *tags* de resina. Baseados nisso, os autores discutem os vários fatores que podem influenciar a adesão, tais como a permeabilidade dentinária, a umidade da dentina e a presença de dentina anormal. São discutidos também aspectos relacionados às metodologias de avaliação da adesão, como os testes de resistência adesiva e os de microinfiltração, concluindo que é importante

entender as características da permeabilidade dentinária para que se possa compreender melhor o fenômeno da adesão. Recentes estudos indicam que a estrutura da matriz de dentina desmineralizada é muito diferente nos estados seco e úmido. Existe uma grande evidência de que estas mudanças estruturais produzem profundas alterações na permeabilidade da matriz dentinária aos monômeros resinosos. Assim, isto modifica a qualidade da adesão entre a dentina e as resinas. Apesar dos maiores avanços em relação aos adesivos dentinários terem ocorrido na última década, avanços futuros devem ocorrer, de modo que os fabricantes possam aplicar os conhecimentos adquiridos, considerando a dentina como um substrato adesivo sujeito a uma larga variedade de condições.

Propondo estudar o efeito da água e da diferença regional na resistência de união da resina composta à dentina, Pereira et al.<sup>48</sup> (1997) selecionaram molares, recentemente extraídos, que foram nivelados e, casualmente, divididos em 3 grupos: pressão pulpar = 0 (P=0), pressão pulpar =15 cm H<sub>2</sub>O (P = 15) e dentina super-resssecada. Os sistemas adesivos Clearfil Liner Bond II (LBII) e One – Step (OS) foram aplicados sobre os dentes, seguindo instruções dos fabricantes, e restaurados com a resina Clearfil Photo Posterior. Após 24 horas de armazenagem em água, os dentes foram seccionados em 8 porções (sendo 0,7 mm de espessura) e cortados para serem submetidos ao teste de microtração



(1mm<sup>2</sup> de área de superfície adesiva). Em seguida, foram ainda divididos em 3 grupos: região comunicando com o corno pulpar através dos túbulos dentinários (ph), região central (center) e região periférica (entre o corno pulpar e a junção esmalte/dentina; peri). Após obtenção e análise dos resultados, no grupo do sistema adesivo One-Step, a resistência de união na região próxima ao corno pulpar foi significativamente mais baixa do que na região central e periférica. Entretanto, no grupo LBII, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes na resistência de união, quanto às diferentes regiões estudadas. Além disso, quando as amostras foram super-resssecadas, nenhuma diferença significativa entre regiões e materiais também não foi observada.

Em 1997, Schreiner et al.<sup>58</sup> propuseram comparar resultados dos testes de resistência a microtração, aos do cisalhamento aplicados em 5 sistemas adesivos dentinários: Scotchbond Multipurpose com ácido maleico (SM), Scotchbond Multipurpose com ácido fosfórico (SP), Scotchbond Multipurpose plus (SBP), Clearfil Liner Bond (CL) e o Prime & Bond (PB). Foi avaliado também o modo de fratura que ocorreram em ambos os testes, através da MEV. Foram usados 30 terceiros molares que tiveram seus terços oclusais removidos, o remanescente dentinário abrasionado com carbide silicone (320 de granulação), enxaguado e sobre eles aplicados os sistemas adesivos pré-selecionados. Em seguida, foi construída uma coroa de resina Z100 (3M) em cada remanescente já

preparado. Após secções longitudinais e laterais, obtiveram-se amostras para teste na máquina Instron 11225, de  $1,7\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$  (área de superfície). Após aplicação do teste de resistência à microtração, obtiveram-se: SM =  $24,6 \pm 3,4$ , SP =  $28,8 \pm 8,9$ , SBP =  $22,7 \pm 1,8$ , PB =  $25,5 \pm 7,4$  e CL =  $36,8 \pm 4,8$  MPa, havendo uma diferença significativa (Teste Bonferroni) entre CL e PB, SM e SBP, além disso CL apresentou significativamente mais fraturas coesivas de dentina e resina. Quanto ao cisalhamento foram obtidos os seguintes resultados: SM =  $19,4 \pm 4,4$ , SP =  $24,5 \pm 8,4$ , SBP =  $15,3 \pm 4,9$ , PB =  $23,2 \pm 7,1$  e CL =  $24,8 \pm 3,5$  MPa, não havendo, portanto, diferenças estatisticamente significantes entre estes materiais. Além disso, no teste de cisalhamento houve mais fraturas coesivas na dentina e na resina do que no teste de microtração, que apresentou mais fraturas do tipo adesivas. No final deste estudo, CL se apresentou significativamente mais resistente do que PB, SM e SBP, mas não do que SP ( $P < 0,5$ ).

You et al.<sup>74</sup>, em 1997, avaliaram a adesão ao cimento e dentina úmida e seca, submetendo os seguintes sistemas adesivos a resistência à união: All Bond 2, One-Step, Prime & Bond e Scotchbond Multi-Purpose, restaurados com a resina Prisma TPH. Para todas as condições testadas, somente o sistema All Bond 2 teve valores acima de 20 MPa para todas, as situações. Quando a superfície esteve úmida, a resistência à união para o cimento e dentina foi praticamente a mesma com os sistemas All

Bond 2, One-Step e Scotchbond Multi-Purpose, enquanto que o sistema Prime & Bond aderiu melhor para a dentina (30,0 MPa) do que para o cimento (25,2 MPa). Os resultados mostram que os sistemas utilizados aderiram melhor à superfície úmida do que sobre a superfície seca.

Armstrong et al.<sup>1</sup>, em 1998, propuseram estudar a resistência adesiva de dois adesivos (All Bond 2 e Optibond FL), mediante teste de microtração e verificação dos modos de fratura, através de microscopia eletrônica de varredura. Para o estudo foram utilizados 6 molares humanos, onde a superfície oclusal foi removida, aplicados os sistemas adesivos e restaurada. Após 24 horas, foi realizado o teste de microtração, mostrando que não houve diferença estatística entre os adesivos. Quanto aos modos de fratura, os modos coesivos ocorreram tanto em dentina como em resina, obtendo um total de 55% das amostras avaliadas. A medida do tamanho do espécime não afetou a resistência adesiva.

Cinquenta molares humanos, divididos em quatro grupos, foram avaliados por Phrukkanon et al.<sup>50</sup>, em 1998, com o objetivo de analisar a influência da forma e da área da secção transversal de união na resistência a microtração e na distribuição do stress de quatro sistemas adesivos. Os quatro grupos, sendo 1 para cada adesivo: Scotchbond MP Plus (SBMP), OptiBond FL (OBFL), OptiBond Solo (OBS), One-Step (OS),

foram divididos em subgrupos, para preparar espécimes com secção transversal de união apresentando áreas de 1,1; 1,5; 3,1 mm<sup>2</sup>. Em cada subgrupo, os dentes foram cortados verticalmente para formar metades. Os dentes, após terem suas superfícies oclusais cortadas e lixadas, receberam os tratamentos de acordo com as instruções do fabricante. Foram construídos blocos de resina composta de aproximadamente 9mm de comprimento, 3mm de largura e 5mm de altura. Uma metade dos blocos foram seccionados em fatias e desgastados para formas secções transversais cilíndricas com as diferentes áreas testadas. A outra metade dos blocos de resina foi seccionada e lixada, para se obter espécimes retangulares nas três dimensões testadas, submetidos ao ensaio de tração na velocidade de 1mm / min.<sup>-1</sup>. Realizou-se a observação por microscopia eletrônica de varredura. Um modelo de análise de elemento finito foi criado usando dois programas de computador e simulando áreas de secção transversal da adesão para determinar a distribuição do stress. De acordo com os resultados, grupos com áreas de 3,1mm<sup>2</sup> apresentaram valores de união significativamente menores do que os grupos com área de 1,1 mm<sup>2</sup>. Isto não aconteceu quando foram utilizados os adesivos SBMP e OS. Os espécimes cilíndricos com área de adesão de 1,1 e 1,5mm<sup>2</sup> exibiram, em sua maioria, falhas adesivas. Quanto a força de união não foram encontradas diferenças entre os espécimes retangulares e cilíndricos, no entanto, na análise de elemento finito, foi observado que a distribuição do stress foi mais heterogêneo nos espécimes retangulares.

Sendo assim, os resultados confirmaram que pequenas áreas de superfície produzem valores mais altos de força de união do que aqueles que usam superfície das áreas mais largas. Isto provavelmente acontece devido a uma menor quantidade de defeitos encontrados em espécimes com pequena área.

Em 1998, Phrukkanon et al.<sup>49</sup> estudaram o efeito da área de adesão na resistência a microtração, tração e ao microcislamento de 4 sistemas adesivos. Sessenta molares humanos extraídos foram, aleatoriamente, divididos em quatro grupos: Scotchbond Multipurpose Plus, Optibond FL, Optibond Solo e One Step. Cada grupo foi novamente dividido em três subgrupos com espécimes de 1,2; 1,4; 2,0mm de diâmetro. Em cada grupo, os dentes foram cortados pela metade, para realizar-se os preparos das amostras para os ensaios acima mencionados. As médias de força de união foram comparadas mediante a análise de variâncias (com uma e duas variáveis) e o teste T de Student. Os modos de fratura foram observados sob microscópio eletrônico de varredura e as frequências dos modos de fratura comparadas usando os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Segundo os resultados, os valores de resistência adesiva obtidos, tanto para o teste de microtração como microcislamento, foram menores quando se utilizou espécimes de 2,0 mm de diâmetro. Com relação aos modos de fratura, foi verificado que a maioria dos espécimes com 1,2 e 1,4mm de diâmetro exibiu falhas

adesivas na interface entre os dentes e resina. Sendo assim, os autores concluíram que altos valores de força de união estão associados a áreas de pequeno diâmetro e que o efeito dos ensaios de tração e cisalhamento é semelhante.

Prati et al.<sup>51</sup>, em 1998, avaliaram a morfologia da interface resina-dentina e a resistência adesiva ao cisalhamento de vários adesivos dentinários classificados como: condicionamento total de frasco único, condicionamento total de múltiplos passos e auto-condicionantes. Cavidades do tipo classe I e V foram preparadas em molares humanos, recém-extraídos e restauradas com resina composta. Cada amostra, após restaurada, foi seccionada, sendo que uma das metades foi desmineralizada, enquanto a outra metade teve a superfície polida para permitir a formação de uma camada de dentina infiltrada por resina (RIDL). A avaliação da RIDL intertubular (iRIDL) e da RIDL peritubular (pRIDL) foi feita em microscopia eletrônica de varredura. A resistência adesiva de todos os adesivos avaliados foi mensurada 2 minutos após a polimerização. A avaliação em MEV mostrou RIDL e *tags* de resina de diferentes morfologias, dependendo do material utilizado e da localização da dentina. A dentina profunda apresentou RIDL mais fina e superficial. A pRIDL apresentou-se mais fina que a iRIDL. A resistência adesiva variou dependendo do material utilizado. Os sistemas adesivos auto-condicionantes apresentaram valores mais altos de resistência adesiva,

enquanto um dos adesivos de condicionamento total apresentou valores muito altos. A contribuição da pRIDL na adesão da dentina superficial, foi limitada pelo pequeno número de túbulos dentinários. Adesivos de condicionamento total frasco único apresentaram resistência adesiva similar aos de condicionamento total múltiplos passos. Os sistemas adesivos auto-condicionantes produziram os valores mais altos de resistência adesiva imediata. Este estudo não mostrou correlação entre resistência adesiva e espessura e morfologia da RIDL.

Sano et al.<sup>54</sup>, em 1998, publicaram um artigo sobre considerações clínicas em adesão dentinária. Inicialmente, os autores citam a importância da hibridização na técnica restauradora, porém enfatizando os fatores críticos que envolvem este procedimento. A manutenção da rede de colágeno, após o condicionamento ácido, é um destes fatores, podendo se colapsar se não for mantida umedecida para permitir a penetração do adesivo. Para evitar este passo crítico - colapso das fibras colágenas - existe uma outra estratégia, a utilização de sistemas auto-condicionantes. Estes sistemas utilizam monômeros ácidos que permitem que a rede de colágeno permaneça mais flexível e permeável à 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.

Através de um estudo comparativo, Van Meerbeek et al.<sup>65</sup>, em 1998, analisaram ao microscópio eletrônico de transmissão a morfologia da interface resina – dentina produzida por 2 sistemas adesivos com primers a base de água, em distintas situações de hidratação do substrato. Terceiros molares humanos tiveram suas raízes removidas e seu esmalte oclusal seccionado em dois cortes paralelos entre si, sendo o primeiro na junção cimento – esmalte e o outro na face oclusal. Discos de dentina foram (1mm de espessura) obtidos, lixados, condicionados (Optibond/Keer –ácido fosfórico 37,5% e Scotchbond MP/3M – ácido maleico a 10%) seguindo as instruções dos fabricantes, lavados e secos sob quatro situações diferentes. Dessa maneira foram criadas: situação 1 – secagem da dentina com jatos de ar por 5s (técnica seca com suave secagem); situação 2 – secagem da dentina com jato de ar por 15 s (técnica seca com intensa secagem); situação 3 - ligeira secagem com ar (técnica úmida com ligeira secagem); situação 4 – secagem com bolinha de algodão seca (técnica úmida com remoção do excesso de umidade). Nas técnicas úmidas, a dentina condicionada foi cuidadosamente observada brilhante e visivelmente hidratada. Em seguida, os discos receberam seus respectivos tratamentos (primers e resinas adesivas) e foram seccionados perpendicularmente à interface adesiva em 2 metades, onde cada metade foi ainda dividida em 3 ou 4 secções retangulares paralelas à interface. Posteriormente à preparação dos espécimes, foi feita observação ao microscópio eletrônico de transmissão de acordo com os procedimentos



próprios para este estudo. Os resultados deste trabalho mostraram que uma camada híbrida morfológicamente bem organizada foi formada pelo sistema Optibond/ Keer de maneira consistente, enquanto que o Scotchbond MP/3M produziu uma zona híbrida com ultra-estrutura mais variável. Quando os dois sistemas adesivos foram aplicados, tanto em dentina úmida quanto em dentina seca, não foram encontradas maiores diferenças na ultra – estrutura da camada híbrida. Quando os adesivos foram aplicados pela técnica seca, não foram observados sinais de colágeno desmineralizado, colapsado ou incompletamente infiltrado por resina. Além disso, quando os dois sistemas adesivos foram aplicados na dentina úmida, não foram encontrados sinais de “over wetting” (excesso de umedecimento). Provavelmente, a quantidade de água existente nos primers dos dois sistemas testados foi adequada para hidratar e expandir a rede de fibras colágenas, suavemente secas por ar e colapsada. Novos estudos se fazem necessário para determinar se estes resultados podem ser extrapolados para outros sistemas adesivos, que contém primers a base de água.

A proposta deste estudo, Yoshiyama et al.<sup>71</sup> (1998), foi medir as resistências de união regional à tração (TBS) de dois sistemas adesivos, disponíveis no mercado *self-etching/self-priming*, em várias localizações de um mesmo elemento humano dental: esmalte, porção coronária e cervical da coroa, porção média e apical da dentina radicular, além de

observar por microscopia (MEV) as interfaces adesivas formadas. Esmalte e dentina foram removidos da superfície labial do dente para, posteriormente, ser executado um preparo cavitário longo na porção central da dentina, estendendo-se do meio da coroa até o ápice radicular do dente. Os dois sistemas *self-etching/self-priming*, Clearfil Liner Bond (LB2) (Kuraray) e Fluro Bond (FB) (Shofu), respectivamente, foram aderidos nas superfícies seguindo as instruções dos fabricantes, e coberto com Lite Fill II resina composta (Shofu). Em seguida, resina/dente foram cortados, em série, em ângulo reto com o longo eixo do dente e os cortes obtidos foram então acabados para se obter uma superfície com área de secção transversal de  $1\text{mm}^2$ , para serem submetidos ao teste (TBS). LB2 e FB mostraram, significativamente, valores de resistência de união regional à tração (TBS) mais elevada na porção coronária, cervical e média da dentina radicular. As MEV mostraram que a espessura da camada híbrida, formada em ambos os sistemas, foram em torno de  $1,0\ \mu\text{m}$  na coroa, cervical e porção média da dentina radicular, sendo menor que  $0,5\ \mu\text{m}$  na região apical da dentina radicular. Os autores concluíram que, frente aos resultados, os sistemas *self-etching* e *self-priming* produzem boa adesão na coroa, cervical e porção média da dentina radicular, pela criação de camadas híbridas finas e transicionais. Entretanto, a adesão ao nível de esmalte e porção apical da dentina radicular deveria ser melhorada.

Pashley et al.<sup>41</sup>, em 1999, numa revisão bibliográfica descreveram as várias modificações sofridas nos testes de microtração. Este teste é realizado com espécimes que variam entre 0,5 a 0,7mm<sup>2</sup> de espessura e são colocados de tal maneira que a força de adesão seja concentrada na interface adesiva durante o teste, tendo a vantagem de que um mesmo dente poderá fornecer vários espécimes e também vários substratos podem ser analisados. Este é um método ideal para analisar a duração da união entre a resina e o substrato dentário. Os autores concluíram que o teste de microtração é um método versátil, que não pode ser executado como um método convencional, sendo muito mais trabalhoso, porém, com um grande potencial de discernimento da resistência de adesão de materiais restauradores a vários substratos e regiões com relevância clínica.

Em 1999, Paul et al.<sup>42</sup> propuseram avaliar as propriedades físicas de polímeros experimentais feitos de um primer dentinário, consistindo de HEMA e um tipo de adesivo dentinário composto de HEMA e BIS-GMA. Ambos, primer e adesivos resinosos, foram diluídos em quantidades específicas de água (0,5,9,17 ou 29% em volume) previamente à polimerização com o intuito de simular o potencial de diluição dos primers ou adesivos (frasco único) pela água na superfície dentinária. Espécimes em miniatura (10 x 0,5mm) (comprimento x espessura) foram confeccionadas num formato tipo taça (curva central) e num outro formato

com lados paralelos através do preenchimento dos moldes, adequadamente, pelo monômero do primer (HEMA) ou mistura de um comonômero do adesivo (HEMA + Bis-GMA). Para os espécimes dos adesivos resinosos, a preparação foi feita por intermédio da reprodução em moldes de alumínio com um material de impressão vinylpolysiloxano. No entanto, para os espécimes de primers resinosos, moldes de cera foram solicitados pois o catalisador N – tributyl – borane usado para polimerizar quimicamente misturas de HEMA – água interagem com o vinylpolysiloxano (material de impressão). O ensaio de tração foi realizado em dispositivo nominado pelo Dr. Bernard Ciucchi com os espécimes fixados por grampos, cimentados com cianoacrilato e fraturados por uma velocidade de 0,6 mm/min, usando uma máquina de teste universal com uma célula de carga de 5kg. Uma hora após polimerização, metade dos espécimes foi submetida a testes físicos, sob condições a seco, e a outra metade foram imersas em água por 24 horas e, então, testada enquanto úmida. A máxima resistência à tração (UTS), módulos de elasticidade (E), percentual de estiramento a fratura e dureza foram calculados. As propriedades físicas do primer e adesivos resinosos, sob condições a seco, não foram alteradas pela incorporação de água até 9% em volume, sendo que o conteúdo de água mais elevado diminuíram as propriedades físicas ( $P < 0,05$ ). A imersão de primers em água por 24 horas (sob condições de umidade) diminuiu significativamente suas propriedades, enquanto que a imersão em água dos adesivos resinosos foram sem

efeito apenas quando o conteúdo intrínseco de água era de 0 ou 5% em volume. Os autores concluíram que os efeitos da água de forma extrínseca são mais relevantes do que os do conteúdo de água intrínseco na resina Poli-Hema. Além disso, espera-se que camadas híbridas formadas, principalmente de Poli-Hema sejam mais elásticas do que aquelas formadas por cadeias de polímeros bifuncionais com ligações químicas cruzadas.

Através de uma revisão de literatura, Perdigão e Lopes<sup>43</sup>, em 1999, discutiram 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 à aplicação do adesivo dentinário, porém há adesivos que utilizam outra estratégia de adesão. Estes outros sistemas são chamados de adesivos auto-condicionantes, 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, que são difíceis de padronizar, evita-se o colapso da rede de colágeno, que pode influenciar na eficiência da técnica.

Em 1999, Shono et al.<sup>59</sup> avaliaram a uniformidade da união entre resina e dentina oclusal, através de uma nova versão do teste de microtração. Foram utilizados terceiros molares humanos extraídos, não erupcionados, que tiveram sua superfície oclusal cortada e a dentina preparada em dois níveis: superficial (0,5mm da junção amelo – dentinária) e profunda (0,5mm do corno pulpar mais alto, preparada através de um corte a 1,5mm abaixo do primeiro). Foram avaliados dois sistemas adesivos, One-Step / Bisco e Tokuso Macbond / Tokuyama Corp., que foram utilizados seguindo as instruções dos fabricantes. Em seguida, coroas de resina composta (Z100/ 3M para o One-Step e Palfique Estelite para o Macbond) foram confeccionadas. Posteriormente, os dentes foram seccionados verticalmente para obtenção dos espécimes em palitos com dimensões de 1x1x8mm, que foram individualmente testados sob tração a uma velocidade de 1mm/min. A adesão com o One-Step / 3M foi realizada por dois clínicos diferentes e a única diferença entre eles foi que o clínico B cortou os espécimes em uma secção transversal ligeiramente menor. No total, havia 5 grupos feitos pelo clínico A: 1 – One-Step em dentina superficial; 2 – One Step em dentina profunda ; 3 – Macbond em dentina superficial; 4 – Macbond em dentina profunda; 5 – dois pares de cilindros de resina Z-100 pré-polimerizados, com 10mm de diâmetro, aderidos um ao outro pelo adesivo One-Step. O clínico B testou somente o adesivo One-Step nas dentinas superficial e profunda. As falhas foram classificadas como adesivas, coesivas do

adesivo, coesivas da dentina, coesivas da resina ou mistas e confirmadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os resultados deste trabalho indicaram que com o adesivo One-Step, o clínico A obteve um grande número de adesões zero (adesão que não pode ser mensurada quando o espécime fratura durante sua manipulação) na dentina superficial e em um menor número na dentina profunda, acarretando um grande desvio padrão na força de união ( $22 \pm 20\text{MPa}$  na dentina superficial e  $27 \pm 14\text{MPa}$  na dentina profunda). No entanto, com o adesivo Macbond não houve valores zero de adesão e, conseqüentemente, a variação foi menor ( $41 \pm 13\text{MPa}$  na dentina superficial e  $27 \pm 12\text{MPa}$  na dentina profunda). Quando os pares de cilindros da resina Z-100 foram unidos com o One-Step, seccionados em palitos e testados como descrito anteriormente, houve pequena variação na força de união regional ( $37 \pm 1\text{MPa}$ ). Através deste trabalho, os autores concluíram que a metodologia utilizada detectou diferenças regionais com relação à resistência à tração e que amplas diferenças estavam relacionadas à técnica e não ao material. Isto indica uma não homogeneidade da união adesiva, o que contraria opiniões anteriores.

Braga et al.<sup>4</sup>, em 2000, determinaram e compararam a resistência adesiva à tração de 3 adesivos com carga (Prime & Bond NT, Prime & Bond NT dual cure e Optibond Solo ) e dois adesivos sem carga (Prime & Bond 2.1 e Single Bond ), aplicados na dentina bovina. Fragmentos da

dentina labial de incisivos bovinos foram embebidos em cilindros de PVC com resina acrílico auto-polimerizável e estabelecido superfícies planas, usando lixa de granulação 200 e 600. Uma superfície com 3 mm de diâmetro para adesão foi delimitada com uma fita adesiva perfurada. Depois do condicionamento com ácido fosfórico 37% (15s.) e aplicação do adesivo, uma base de resina, em forma de cone truncado, foi construída (TPH). Em seguida, o teste de tração foi efetuado, após 24 horas de armazenagem em água destilada a 37°C. Os modos de fratura foram visualizados usando um estereomicroscópio 10x. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada no parâmetro Neibull (m) entre os 5 adesivos testados. Para característica de resistência, diferenças estatisticamente significantes foram encontradas entre Single Bond (15,6 MPa) e Prime & Bond NT dual cure (8,5MPa) e entre Single Bond e Prime & Bond 2.1 (7,1MPa). Single Bond e Prime & Bond NT mostraram áreas de fraturas coesivas na dentina, na maioria das amostras. Para Optibond Solo, Prime & Bond NT dual cure e Prime & Bond 2.1, as fraturas foram predominantemente adesivas. Durante a comparação dos sistemas adesivos, neste estudo experimental, o uso de adesivos particulados não foi um fator adotado determinante na conquista dos principais fatores de resistência adesiva na dentina.

Costa et al.<sup>13</sup>, em 2000, através de uma revisão de literatura, avaliaram o comportamento dos sistemas adesivos atuais na dentina,



assim como as respostas pulparese seguintes à sua aplicação na dentina profunda ou nas exposições pulpares. Além disso, compararam e discutiram evidências clínicas e radiográficas, de aparente sucesso na terapia da vitalidade pulpar, e resultados obtidos de estudos em animais e humanos. Segundo os autores, as propriedades física/mecânica adequadas de sistemas adesivos auto-condicionantes, assim como a possível ausência de difusão de glóbulos de resina, através dos túbulos dentinários, sugerem que estes atuais sistemas adesivos podem ser úteis e seguros, quando aplicados na dentina em procedimentos de adesão na clínica diária. No entanto, estudos futuros são necessários para avaliar a performance clínica, a longo prazo, de sistemas adesivos (auto-condicionantes ou não), assim como a capacidade “in vivo” destes materiais para se deslocarem dentro dos túbulos dentinários e alcançarem o espaço pulpar, após a aplicação em cavidades profundas. Em contraste, reações inflamatórias persistentes, assim como atraso na cicatrização pulpar e falha de hibridização dentinária, foram vistos em polpas humanas capeadas com agentes de adesão. Os resultados observados em dentes de animais não podem ser diretamente extrapolados para condições clínicas humanas. Conseqüentemente, terapia em polpa vital, usando agentes ácidos e materiais adesivos, parece ser contra-indicada.

Em 2000, Perdigão et al.<sup>45</sup> mostraram as novas tendências da adesão em esmalte e dentina. Descreveram que a tendência da Odontologia adesiva é simplificar os passos dos procedimentos adesivos. Relataram que o adesivo Prompt L-Pop (3M ESPE) é um dos mais recentes adesivos de um único passo e tem demonstrado resultados promissores em testes laboratoriais, quando usado em esmalte.

Em 2000, Yoshiyama et al.<sup>72</sup> avaliaram a morfologia interfacial de dois sistemas adesivos aplicados em dentina afetada por cárie, além da sua resistência adesiva, através dos testes de microtração. Dentes molares humanos foram preparados e aplicados os sistemas adesivos Single Bond (SB) ou Fluorobond (FB), de acordo com as instruções do fabricante e restaurados com a resina AP-X. Foram obtidos espécimes de  $1\text{mm}^2$  e, então, aplicado o teste de microtração, com uma velocidade de  $1\text{mm}/\text{minuto}$ . As interfaces resina/dentina foram observadas sob microscopia eletrônica de varredura, antes ou após o desafio ácido / base. A resistência adesiva da dentina normal com os dois sistemas adesivos se mostrou significativamente alta em relação à resistência adesiva da dentina afetada por cárie. A técnica de molhamento adesivo aumentou significativamente a resistência adesiva do SB para a dentina normal e a dentina afetada por cárie. Na dentina afetada por cárie, não puderam ser formadas a típica camada híbrida e *tags* de resina. Os resultados sugeriram que a oclusão dos túbulos dentinários por depósitos minerais

pode evitar a penetração da resina, podendo também provocar resistência ácida na matriz intertubular da dentina afetada pela cárie.

Em 2001, Bouillaguet et al.<sup>3</sup> compararam, “in vitro”, a performance de união à dentina de 8 sistemas adesivos, usando um teste de resistência adesiva a microtração. Foram utilizados 30 dentes bovinos, 2 sistemas adesivos convencionais (Scotchbond Multipurpose Plus, Optibond FL), 4 sistemas one-step frasco único (Scotchbond 1, Asba S.A.C, Prime & Bond NT, Excite), dois materiais adesivos autocondicionantes (Clearfil Liner Bond 2V e Prompt L –Pop) e uma resina para restauração (Z100). Cada sistema de adesão foi usado, seguindo as instruções dos fabricantes, sobre as superfícies previamente planificadas da dentina radicular e, em seguida, aplicada a resina restauradora, já selecionada. Imediatamente à adesão, os dentes foram preparados para teste de microtração. A resistência adesiva para dentina foi mensurada usando um aparelho teste universal Vitrodyne V – 1000. As amostras fraturadas foram posteriormente observadas pela MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura). Apesar da simplificação dos procedimentos de adesão nos sistemas adesivos *one – step* e *self – etching* (frasco único e auto-condicionante, respectivamente), os resultados deste estudo indicam que apenas o Scotchbond MP Plus (convencional, 30,3 MPa ± 9,4) estabeleceu, estatisticamente, resistências adesivas mais elevadas na dentina radicular bovina.

Optibond FL ( $22,4\text{MPa} \pm 4,3$ ), Scotchbond 1 ( $18,9\text{MPa} \pm 3,2$ ), Clearfil Liner Bond 2V ( $18,9\text{MPa} \pm 3,0$ ) e Prime e Bond NT ( $18,3\text{MPa} \pm 6,9$ ) apresentaram estatisticamente os mesmos valores. Além disso, os modos de fraturas foram principalmente adesivas. Enquanto, o Asba SAC, Excite e o Prompt – L Pop apresentaram  $14,4 \pm 2,9$  MPa,  $13,8 \pm 3,7$ MPa,  $9,1 \pm 3,3$ MPa, respectivamente, de resistência adesiva.

Por meio do teste de microtração, Castro<sup>9</sup>, em 2001, analisou “in vitro” o efeito da solução de digluconato de clorexidina a 2% na força de união da resina composta à dentina tratada com os sistemas adesivos Prime & Bond NT (Dentsply), Single Bond (3M) e Clearfil SE Bond (Kuraray). Para isso, foram avaliados 24 terceiros molares humanos extraídos e livres de cárie, divididos aleatoriamente em oito grupos experimentais, sendo as dentinas tratadas com um dos três sistemas adesivos, de acordo com as instruções de cada fabricante, associados ou não à aplicação da clorexidina, antes ou depois do condicionamento ácido. Todas as amostras foram restauradas com a resina composta Z100 (3M), termocicladas em 250 ciclos e cortadas, obtendo-se espécimes com secção transversal de  $1,0\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$ , para serem levados a uma máquina de testes Universal, onde foi realizado o ensaio de microtração. Os espécimes tiveram suas áreas de união e espessuras de dentina remanescente medidas e anotadas. Os modos de fraturas ocorridos foram analisados mediante microscopia óptica (40x) e as fraturas mais

representativas foram levadas à microscopia eletrônica de varredura. Discos de dentina foram obtidos a partir de três dentes adicionais, recebendo, logo após, os tratamentos de superfície para serem também observados ao microscópio eletrônico de varredura. Os resultados deste estudo mostraram não haver diferenças entre os grupos, independente do sistema adesivo empregado e da aplicação ou não do desinfetante cavitário. Não foi observada correlação entre a força de união e a espessura da dentina remanescente. As falhas ocorreram na sua maioria na união, mas não foram encontradas falhas puramente adesivas entre o adesivo e a dentina em nenhum dos grupos. Os grupos em que o sistema adesivo Clearfil SE Bond foi aplicado, apresentaram o maior percentual de fraturas no substrato. A microscopia eletrônica de varredura revelou que a clorexidina, aplicada sobre a “smear layer” provocou alterações nesta camada e que, quando aplicada após o condicionamento ácido, deixou “debris” cobrindo parcialmente a dentina intertubular e obliterando a entrada de alguns túbulos dentinários.

Em 2001, Frankenberguer et al.<sup>20</sup> resolveram comparar o adesivo auto-condicionante Prompt L-Pop com dois adesivos de condicionamento total, EBS Multi e Prime Bond NT. Molares humanos extraídos foram restaurados com resina composta Pertac II ou com o compômero Aplitip e preparados para os testes de microtração. O Prompt L-Pop foi utilizado aplicando-se 5 diferentes protocolos: (1) em uma camada, como indicado

pelo fabricante, (2) como primer auto-condicionante + adesivo, (3) ácido fosfórico + primer + adesivo, (4) aplicado em várias camadas e (5) com adição de carga. Após 24 horas de armazenamento em água a 37 °C, os espécimes foram seccionados e realizou-se o teste de microtração. A interface dos espécimes foi analisada em microscopia eletrônica de varredura e de transmissão. Os autores concluíram que, quando combinado com resina composta, o Prompt L-Pop apresentou, significativamente, menor resistência adesiva aplicado em uma única camada que quando aplicado em várias camadas. Os maiores resultados foram obtidos quando o adesivo foi utilizado com compômero. A resistência adesiva do Prompt L-Pop aplicado em múltiplas camadas não foi estatisticamente diferente dos valores oferecidos pelo Prime & Bond NT.

Em 2001, Inoue et al.<sup>27</sup> avaliaram a resistência adesiva à microtração de onze adesivos dentinários, sendo três adesivos auto-condicionantes de um passo, quatro auto-condicionantes de dois passos, três adesivos de condicionamento ácido total de dois passos e um de condicionamento ácido total de três passos. Trinta e três molares humanos extraídos tiveram sua coroas cortadas ao nível da dentina média. As restaurações foram realizadas com resina composta Z100, seguindo orientações dos fabricantes. Após o corte dos dentes, foram obtidos espécimes de aproximadamente 1,0mm de espessura por 2,5mm de largura. Estes

espécimes foram adaptados ao formato de uma ampulheta, sendo que a área adesiva apresentou cerca de  $1,0\text{mm}^2$ . Após os testes de microtração, os resultados foram encaminhados para análise estatística. Foi observada a ocorrência de fraturas durante o preparo dos espécimes restaurados com os adesivos Prompt L-Pop2 e Prime & Bond NT. Os autores concluíram que os adesivos auto-condicionantes ou de condicionamento total de passos simplificados obtiveram os menores resultados de resistência adesiva, quando comparados aos adesivos de condicionamento total de três passos.

Com objetivo de comparar resultados de resistência adesiva à microtração aos da macrotração, Luchterhandt et al.<sup>30</sup> (2001) testaram os seguintes sistemas adesivos/compósito: Excite/Tetric Ceram (Exc), Optibond Solo Plus/Prodigy (OBSP), Prompt-L-pop/Tetric Ceram (PP) e um adesivo experimental auto-condicionante/Tetric Ceram (Expl). Foram usados, em ambos os testes, 5 espécimes. Para teste de microtração foi usada uma superfície da amostra de  $1\text{mm} \times 2,4\text{mm}$ . Os resultados revelaram que na microtração OBSP ( $31,8 \pm 6,8\text{MPa}$ ) e Expl ( $30,4 \pm 10,9\text{MPa}$ ) apresentaram valores médios de resistência adesiva superiores aos dos sistemas Exc ( $13,9 \pm 4,1\text{MPa}$ ) e do PP ( $13,4 \pm 6,8\text{MPa}$ ), ao passo que a macrotração sobre a dentina, nenhuma diferença significativa pôde ser encontrada para os sistemas OBSP, PP e Expl.

Em 2001, Ogata et al.<sup>37</sup> estudaram a influência da direção dos túbulos dentinários sobre a resistência de união à dentina, utilizando-se de 4 sistemas adesivos para dentina: Clearfil Liner Bond 2V, Single Bond, Imperva Fuoro Bond e One-Step. Foram utilizados 18 dentes, que tiveram suas coroas removidas por meio de corte transversal, expondo uma superfície plana de dentina, o que determinou túbulos cortados perpendicularmente. Os adesivos foram aplicados sobre esta superfície. Outros 18 dentes foram cortados ao meio, no sentido do seu longo eixo, e os sistemas adesivos aplicados lateralmente à dentina coronária, onde os túbulos estavam cortados longitudinalmente. As superfícies foram polidas (lixa 600) para criação da smear layer, previamente à aplicação do adesivo, seguindo as recomendações do fabricante. Após aplicação do adesivo, foi construída uma coroa de resina (Clearfil AP-X) (3 a 5mm de altura). Em seguida, os dentes foram armazenados em água a 37°C por 24 horas e, então, seccionados paralelamente ao longo eixo, formando fatias de 0,7mm de espessura, que foram desgastadas na interface adesiva, até obtenção de áreas de 0,95 a 1,05 mm<sup>2</sup>. Os espécimes foram levados à máquina de ensaios para microtração (1mm/min). As superfícies foram inspecionadas visualmente e microscopicamente após a fratura, para determinar o tipo de falha ocorrida. Os resultados demonstraram que os valores de resistência de união foram maiores quando os sistemas foram aplicados à superfície de dentina com os túbulos paralelos à interface adesiva, do que à superfície da dentina com



os túbulos cortados perpendicularmente. Esta diferença foi estatisticamente significativa para os sistemas adesivos Single Bond e One-Step. Quando inspecionados visualmente, a maioria dos espécimes apresentou fratura adesiva, confirmada pela microscopia de luz (20x). Os autores concluíram que a direção dos túbulos dentinários pode ser uma variável importante na resistência de união.

Analisando a correlação entre resistência adesiva e nanoinfiltração de restaurações de resina composta, Pereira et al.<sup>47</sup>, em 2001, utilizaram adesivos dentinários de condicionamento total e adesivos auto-condicionantes. Foram selecionados dez terceiros molares, que tiveram suas coroas cortadas, expondo-se a dentina média. As restaurações foram confeccionadas com o adesivo Clearfil Liner Bond 2V ou Single Bond, sendo a resina composta utilizada do tipo Clearfil AP-X. Os dentes foram seccionados perpendicularmente a interface adesiva, no sentido mesio – distal, originando espécimes de aproximadamente 0,7mm. A área adesiva foi ajustada apresentando largura de mais ou menos 1,4mm. Alguns dos espécimes foram imersos em solução de nitrato de prata 50% para ser possível a verificação da nanoinfiltração. Todos os espécimes foram submetidos à microtração. Após os ensaios, os espécimes foram preparados para serem observados ao microscópio confocal a laser, para ser comprovada a penetração da prata no interior da interface dente/restauração. Os autores concluíram que os valores de resistência

adesiva dos dois adesivos testados não foram significativamente diferentes. No entanto, os valores dos espécimes que foram imersos nas soluções de nitrato de prata por 1 hora aumentou significativamente. Nenhuma correlação entre resistência adesiva e nanoinfiltração foi mensurada.

Analisando a micromorfologia interfacial de restaurações estéticas adesivas, em dentes decíduos e permanentes, Telles et al.<sup>62</sup>, em 2001, selecionaram os sistemas adesivos Prompt L-Pop e Single Bond (controle). A dentina superficial de 15 dentes permanentes foi exposta. O Prompt L-Pop foi aplicado em uma das metades da cavidade e, na outra metade, aplicou-se o adesivo Single Bond ou o Vitremer Primer. Os dentes foram restaurados com a resina composta Z-250, compômero Hytac ou Vitremer. Os espécimes foram avaliados em microscopia eletrônica de varredura. Não foram observadas diferenças significantes na qualidade do selamento interfacial quando as restaurações dos elementos decíduos foram confrontadas às restaurações dos elementos permanentes. Foram encontradas muitas microfendas nas restaurações aderidas com o Prompt L-Pop. Os autores concluíram que o Prompt L-Pop falhou em não produzir adequado selamento na interface dente/restauração em resina composta ou compômero, em dentes decíduos ou permanentes.

Toledano et al.<sup>64</sup>, em 2001, determinaram a resistência de união a microtração de 5 sistemas adesivos em dentina superficial (SD) e em dentina profunda (DD). O estudo utilizou terceiros molares humanos extraídos, que tiveram suas coroas seccionadas ao nível da junção esmalte/dentina (SD) e também em dentina mais profunda (DD). Os sistemas adesivos testados foram: Single Bond (3M), Prime & Bond NT (Dentsply), Excite (Vivadent), Etch & Prime (Degussa) e o Clearfil SE Bond (Kuraray). Após aplicações dos sistemas, blocos de resina (Z100/3M) foram construídos, armazenados por 24 horas em água a 37°C e posteriormente cortados para obtenção de bastões (1,0mm<sup>2</sup>), que foram levados à máquina Instron para obtenção dos seus respectivos valores de resistência adesiva (MPa). As interfaces adesivas foram também examinadas pela TEM (Microscopia Eletrônica de Transmissão). Após análise dos resultados, os autores concluíram que a influência da profundidade na força de união dos sistemas adesivos para dentina é material dependente.

Em 2002, Guzmán Sierpinski<sup>24</sup> resolveu avaliar a influência que o laser de Er: YAG exerce sobre a resistência de união do material restaurador ao substrato dentinário, associando-se a diferentes sistemas adesivos. Para isto, foram avaliados 30 molares humanos livres de cárie divididos em três grupos experimentais, utilizando o laser de Er: YAG com uma energia de 260mJ/10Hz, e três grupos controles, em que foram

aplicados os seguintes tratamentos: G1) Laser, ácido fosfórico a 37%, Excite /Vivadent; G2) controle, ácido fosfórico a 37%, Excite /Vivadent; G3) laser, sistema adesivo Promp L –Pop/Espe; G4) controle, Prompt L – Pop/Espe; G5) laser, ácido fosfórico a 37%, Single Bond/3M; G6) controle, ácido fosfórico a 37%, Single Bond /3M. Todas as amostras foram restauradas com a resina composta Tetric Ceram/ Vivadent, termocicladas em 550 ciclos, e cortadas, obtendo-se espécimes de mais ou menos 1mm<sup>2</sup>, para serem levados a uma Máquina de Testes Universal onde foi realizado o ensaio de microtração. Os tipos de fraturas ocorridos foram analisados mediante microscopia óptica digital e as fraturas mais representativas foram levadas à microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que o sistema laser de Er: YAG apresentou as menores médias de tensão de ruptura, independente do sistema adesivo utilizado. O sistema adesivo Prompt L-Pop mostrou resistência adesiva estatisticamente menor, em relação aos outros sistemas adesivos estudados. Não houve diferença estatística entre os sistemas adesivos Single Bond e Excite. A maior parte das fraturas encontradas para todos os grupos foram do tipo adesiva.

Em 2002, Ogata et al.<sup>36</sup> analisaram por intermédio de testes de resistência de união à microtração, os efeitos produzidos por dois tipos de condicionadores para dentina (Mac Bond II, sistema auto-condicionante e Single Bond, associado ao ácido fosfórico) aplicados sobre superfícies

preparadas com diferentes tipos de brocas. Vinte e quatro dentes foram utilizados neste trabalho, que tiveram as coroas seccionadas em suas porções médias, para exposição das superfícies de dentina. Após regularização dessas superfícies com lixa abrasiva de granulação 600, os espécimes foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais e em grupo controle, de acordo com o tipo de tratamento determinado em cada superfície: com lixa 600 (grupo controle); com broca de aço laminada; com broca de aço picotada e, finalmente, com broca diamantada de granulação média. Após o tratamento das superfícies dentinárias com os sistemas adesivos descritos acima, blocos de resina foram confeccionados em todos os dentes, usando a (Clearfil AP-X). Posteriormente, os espécimes foram seccionados em forma de ampulheta, para serem avaliados através do teste de microtração. Para os espécimes tratados com o sistema Mac-Bond II, os piores resultados de resistência de união foram observados no grupo tratado com broca diamantada. Isto se deu, provavelmente, em função do agente condicionador não conseguir remover totalmente a *smear layer* e *smear plug* da superfície analisada. Já para os dois outros grupos tratados com broca de aço, não houve diferença significativa entre estes e o controle. Para os espécimes tratados com Single Bond, os melhores resultados foram observados no grupo tratado com broca de aço picotada, sem haver diferenças estatisticamente significantes entre os dois outros grupos e o grupo controle. O ácido fosfórico removeu toda a *smear layer* e

a *smear plug* dos espécimes de todos os grupos. Os valores de resistência de união obtidos em superfícies de dentina, submetidas a diferentes tipos de tratamento, variaram em função do tipo de sistema adesivo utilizado. Além disso, os autores concluíram que, embora diferentes sistemas adesivos possam influenciar nas respostas de resistência de união da dentina, submetidas a diferentes tipos de tratamento para potencializar os resultados de adesão, a *smear layer* deve ser totalmente removida.

Avaliando a resistência de união à microtração de adesivos auto-condicionantes e de condicionamento total, em dentina afetada por cárie, Ceballos et al.<sup>10</sup>, em 2003, correlacionaram os valores de resistência adesiva com o Diagnodent e a dureza Knoop dos substratos dentais. A superfície dentinária, dos molares humanos selecionados e extraídos, foi exposta onde a lesão cáriosa foi circundada por dentina normal. Prime & Bond NT, Single Bond, Clearfil SE Bond e Prompt L-Pop foram os adesivos dentinários utilizados. As coroas dentais foram reconstruídas com resina composta Tetric Ceram. Espécimes de 0,7mm de espessura foram obtidos a partir de dentes seccionados e a área adesiva foi ajustada para que os espécimes apresentassem dimensões finais de 1,0mm<sup>2</sup>, formada por dentina normal e dentina cariada. Após a realização dos ensaios mecânicos de microtração, os resultados indicaram que o adesivo Prompt L-Pop mostrou significativamente resultados menores de

resistência adesiva. Os adesivos de condicionamento total avaliados produziram valores maiores de resistência adesiva em dentina normal e cariada que os auto-condicionantes. Além disso, o aumento da fluorescência foi extremamente correlacionado com os baixos valores de dureza Knoop, na dentina afetada por cárie.

Guzmán – Ruiz et al.<sup>23</sup>, em 2003, tentaram avaliar a correlação existente entre resistência adesiva à microtração e nanoinfiltração, utilizando terceiros molares humanos, sem cárie. Os dentes foram montados em blocos de gesso individuais e tiveram o esmalte oclusal removido. Imediatamente após o preparo, 6 dos dentes foram restaurados com o sistema adesivo Optibond FL e a resina composta Prodigy. Foram gerados espécimes cilíndricos com secção transversal de 0,5mm<sup>2</sup> e 2,0mm de comprimento para os testes de tração. As amostras foram armazenadas em água, de acordo com seus grupos, durante 48 horas. Uma camada de verniz de unhas foi aplicada nos espécimes, deixando-se livre de 0,5 a 1,0mm da interface adesiva, antes da imersão em solução de nitrato de prata a 50%, durante 15 minutos. Foram lavados durante 5 minutos e imersos em solução fotoreveladora, durante 12 horas. Decorrida a fixação dos íons prata, foram realizados os testes de microtração em máquina universal Zwick 1445 Materials Testing Machine (Zwick 6mbh e CO, Uim, Germany) onde foi adaptado um dispositivo de Dirck, a velocidade de 1,0mm/minuto. A porcentagem de área de

penetração da prata foi observada em microscópio ótico e analisada por um programa computadorizado Image – Pro Plus. O mesmo estudo foi repetido com cinco dentes para o adesivo de condicionamento total e de três passos ScotchBond Multi-Purpose e quatro dentes para o adesivo auto-condicionante e dois passos Clearfil SE Bond, restaurados com a mesma resina composta mencionada acima. Os valores encontrados não mostraram relação entre resistência adesiva e nanoinfiltração, para os três adesivos testados. Os autores concluíram que pelos valores obtidos nenhuma evidência forte foi encontrada para a correlação entre os testes laboratoriais de adesão avaliados neste estudo. Porém, a possibilidade de existência desta relação não pode ser descartada. Para isto, serão necessários futuros estudos que desenvolverão estes métodos para investigar melhor a relação entre resistência adesiva e infiltração.

Em 2003, Perdigão et al.<sup>44</sup> relataram os avanços ocorridos na adesão aos substratos dentais, principalmente à dentina. Evidenciaram as novas gerações de adesivos dentinários e mostraram que a simplificação dos procedimentos adesivos tem levado à introdução no mercado odontológico, de adesivos que não utilizam o passo do condicionamento ácido separadamente e, conseqüentemente, não condicionaram o esmalte na mesma profundidade que os adesivos que utilizam o condicionamento prévio com ácido fosfórico.



Determinando o efeito dos diferentes níveis de umidade dentinária sobre a resistência adesiva, Reis et al.<sup>52</sup>, em 2003, utilizaram sistemas adesivos a base de água/etanol (Single Bond), acetona (One – Step) e água (Syntac Single Component). Após a remoção da superfície oclusal de molares humanos, os adesivos testados foram aplicados. As coroas dentais foram reconstruídas com resina composta. Para obtenção dos espécimes com 0,8 mm<sup>2</sup> a serem testados por microtração, os dentes foram seccionados nas direções dos eixos x e y. Após análise estatística, os autores concluíram que os adesivos Single Bond e Syntac Single Component apresentaram-se melhores nos substratos mais secos, enquanto o One-Step mostrou melhor desempenho em substratos com umidade. Os adesivos Syntac Single Component e One-Step obtiveram superioridade em dentina úmida, com máximos valores de resistência adesiva.

Em 2003, Van Meerbeek et al.<sup>66</sup> apresentaram a evolução dos procedimentos adesivos e as novas tendências relacionadas a materiais e testes para avaliação do selamento e resistência adesiva. Mostraram a importância dos testes laboratoriais, por serem capazes de prever o desempenho clínico dos materiais adesivos. Determinaram que os adesivos de três passos e condicionamento total são mais confiáveis ao longo do tempo. No entanto, os adesivos auto-condicionantes apresentam as melhores perspectivas futuras.

Freitas<sup>21</sup>, em 2004, estudou a avaliação do procedimento de hibridização imediata em restaurações indiretas de resina composta. A hipótese nula foi duplicada: os resultados dos adesivos de condicionamento total e auto-condicionante são similares; a hibridização imediata produz microinfiltração e resistência adesiva similares à cimentação convencional. Foram selecionados 20 terceiros molares humanos, recém extraídos e isentos de cárie, nos quais foram realizados preparos cavitários MOD, padronizados para restaurações indiretas. Os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais: G1) Hibridização com adesivo de condicionamento total (SB, Single Bond/ 3M ESPE), imediatamente após o preparo cavitário e antes da cimentação, G2) Hibridização com adesivo de condicionamento total antes da cimentação (SB), G3) Hibridização com adesivo auto-condicionamento (AP, Adper Prompt/3M ESPE), imediatamente após o preparo cavitário e antes da cimentação, G4) Hibridização com adesivo auto-condicionante (AP) antes da cimentação. Os espécimes foram restaurados com *inlays* de Targis (Ivoclar/Vivadent), cimentados com cimento resinoso Rely X ARC (3M/ESPE). Todos os produtos foram manipulados de acordo com as instruções do fabricante. Após termociclagem, os espécimes foram imersos em solução de nitrato de prata 50%, seccionados para avaliação da microinfiltração com escores pré-determinados de 0 a 3. Em seguida, os espécimes foram novamente seccionados com 0,8mm x 0,8mm, para realização dos testes de microtração. Os resultados obtidos foram

submetidos à análise estatística ( $P < 0,05$ ). Os escores da microinfiltração foram submetidos ao teste de Mann-Whitney, não indicando diferença na técnica de hibridização ( $P > 0,05$ ). Os resultados da microtração foram submetidos à análise de variância, que revelou que G1 foi superior a G2 e que G3 foi superior a G4. A hipótese nula foi parcialmente rejeitada. Nenhum dos adesivos eliminou a microinfiltração. A hibridização após o preparo cavitário e antes da cimentação, aumentou os valores de resistência adesiva com SB e AP.

Kina<sup>29</sup>, em 2004, avaliou, comparativamente, a influência da *smear layer* e da condição de tratamento da dentina (in vivo e in vitro), sobre a resistência de união entre um sistema adesivo auto-condicionante e o substrato dentinário. Foram realizados preparos cavitários de classe I em primeiros pré-molares superiores humanos, com profundidade média de 2,5mm. Todos os dentes foram restaurados com resina composta (Z100/3M), utilizando-se sistema adesivo auto-condicionante Clearfil SE Bond (Kuraray). As amostras foram divididas em 4 grupos experimentais: G1 – in vivo, com remoção da *smear layer*; G2 – in vivo, sem remoção da *smear layer*; G3 – in vitro, com remoção da *smear layer* e G4 – in vitro, sem remoção da *smear layer*. Para os grupos 1 e 2 (in vivo), os procedimentos operatórios foram realizados com o dente na cavidade bucal dos pacientes, sendo que para os grupos 3 e 4 (in vitro), estes procedimentos foram realizados após extração dos dentes, em

laboratório. O agente condicionador EDTA 0,5M PH 7,2 foi utilizado para remoção da *smear layer*. Os dentes foram mantidos em solução de glutaraldeído a 2,5% por período máximo de 5 dias sendo, posteriormente, cortados de tal forma a obter em média 8 “palitos” por dente. Cada espécime foi individualmente submetido ao teste de microtração e os valores de resistência de união expressos em MPa. Os resultados mostraram que, tanto “in vivo” como “in vitro”, a resistência de união média foi estatisticamente maior quando se realizou a remoção da *smear layer*. No entanto, apesar dos grupos in vitro apresentarem valores de resistência de união superiores aos grupos in vivo, esta diferença não foi estatisticamente significativa. Não houve correlação entre a resistência de união e a espessura da dentina remanescente ( $p = 0,830$ ). De acordo com as condições experimentais, foi possível concluir que os grupos in vivo e in vitro apresentaram valores de resistência de união semelhantes, que foram superiores quando a *smear layer* foi removida.

## PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar “in vitro” a força de união da resina composta à dentina tratada com quatro adesivos dentinários, por meio do teste de microtração, sendo dois sistemas universais simplificados (G1- Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>/Dentsply, G2- Single Bond<sup>™</sup>/3M ESPE) e dois auto-condicionantes (G3- AdheSE<sup>®</sup>/Vivadent, G4- Adper<sup>™</sup>- Prompt<sup>™</sup>L- pop<sup>™</sup>/ 3M ESPE).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **1. Preparo dos dentes**

Para a realização deste estudo foram selecionados 20 terceiros molares humanos íntegros, recém extraídos de pacientes com faixa etária entre 18 e 25 anos, que logo após a exodontia foram limpos e armazenados a 4°C em solução fisiológica, contendo timol a 0,2%, até o momento da sua utilização e por um período não superior a três meses. Os dentes utilizados neste experimento foram obtidos seguindo a metodologia para teste de análise de resistência adesiva sob microtração<sup>8,9,24,57</sup>, que foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara, cujo documento de aprovação é apresentado nos apêndices.

### **2. Preparo das superfícies de dentina**

Primeiramente, aos 3mm oclusais, as superfícies dos dentes foram cortadas (Figuras 1 e 2), utilizando uma máquina de cortes seriados ISOMET 1000<sup>®</sup> (BUEHLER Ltda. Lakebluff, IL, EUA) (Figura 3 e 4) e um disco de diamante série 15L (T= ½", com 4" dia/ 0,012", nº 11. 4254), sob refrigeração. Logo após, as superfícies foram lixadas com folha de carbureto de silício granulação 320 (3M) em uma politriz modelo DP-10<sup>®</sup> (Panambra Industrial e Técnica S.A – São Paulo- Brasil) (Figura 5) sob refrigeração com água, no intuito de eliminar as ilhas

de esmalte (Figura 6). Esta eliminação foi confirmada sob microscopia óptica (DF Vasconcelus S. A-São Paulo-Brasil) observando com um aumento de 30X. A “smear layer” foi padronizada pelo desgaste da superfície da dentina durante 1 minuto com folha de carbureto de silício de granulação 600 (3M). Se, durante o corte ou desgaste, a câmara pulpar fosse exposta, o dente era descartado. Em seguida, foi realizada a lavagem com água por 10 segundos e secagem com ar comprimido. Posteriormente, os dentes foram armazenados em água destilada e mantidos em temperatura ambiente.



*Figura 1. Dente selecionado.*



*Figura 2. Dente fixado em suporte de madeira para preparo do corte da superfície oclusal.*



*Figura 3. Máquina de cortes Isomet 1000.*



*Figura 4. Amostra sendo preparada para receber tratamento experimental.*



*Figura 5. Politriz DP-10.*







*Figura 6. Superfície plana de dentina preparada para receber os respectivos tratamentos.*



### 3. Grupos de tratamento

**Quadro 1.** Distribuição dos grupos com suas respectivas composições químicas, segundo a técnica de aplicação dos sistemas adesivos universais simplificados e auto-condicionantes, seguindo as instruções dos seus fabricantes.

Grupos	Material	Comp. química	Tipo cond.	Téc. de aplicação
G1 	Prime Bond® NT™/ Dentsply  Lote: 168410	PENTA, Resinas de Di e Trimetacrilato, Sílica Coloidal nanométrica silanizada, Fotoiniciadores, Estabilizadores, Hidrofluoreto de Cetilamina e Acetona	Sistema Universal Simplificado	.Ácido fosfórico 37% 15s; .Lavagem c/ água 15s; .Secar c/ papel absorvente; .Aplicar 1 camada abundante de adesivo; .Esperar 20 a 30s; .Jatos de ar no máximo 5s; .Fotopolimerização 10s.
G2 	Single Bond™/3M ESPE  Lote: 4JU	Água, etanol, Hema, BIS-GMA, Dimetacrilatos, fotoiniciador, copolímero funcional dos ácidos poliácridílicos.	Sistema Universal Simplificado	.Ác. fosfórico 37% 15s; .Lavar c/ água 10s; .Secar c/ papel absorvente; .Aplic. 2 camadas consecutivas; .Espalhar por 2 a 5s com leve jato de ar; .Fotopolimerização 10s.
G3 	AdheSE®/Vivadent  Lote: F53302	Primer: acrilato de ácido fosfórico, amida, ácido diacrílico, água, iniciadores, estabilizantes Adesivo: dimetacrilato, HEMA, dióxido de silício altamente dispersos, iniciadores e estabilizantes	Auto-condicionante	.Recobrimento completo de todas as superfícies com AdheSE primer, iniciando pelo esmalte. Pincelar AdheSE Primer por mais 15s; .Remover excesso com forte jato de ar; .Aplicar AdheSE Bond, iniciando pela dentina, e remover o excesso com leve jato de ar ou com um aplicador novo; .Fotopolimerização 10s.
G4 	Adper™ Prompt™ L-Pop™/3M ESPE  Lote: EXM-618	Água, Ester fosfórico metacrilato, Bis-GMA, Iniciadores a base de canforquinona, estabilizadores, HEMA, ácido polialcenoico.	Auto-condicionante	.1a- aplic. 15s c/ ligeiro esfregaço; .2a- aplic. 5s s/ esfregaço; .Se necessário, aplicar novamente; .Secar c/ Jato de ar distante até próximo e de intensidade crescente; .Fotopolimerização 10s

Foram utilizados quatro marcas distintas de adesivos dentinários, sendo dois sistemas universais simplificados (ácido fosfórico 37% aplicado em separado) e dois sistemas auto-condicionantes, como identificados no quadro 1. Foram confeccionados quatro grupos de

tratamento que são mostrados no Quadro 1: para G1 e G2, utilizou-se 4 dentes, e 6 dentes para G3 e G4, sendo um total de 20 amostras.

#### **4. Restauração**

Uma vez realizados os tratamentos da dentina, foram confeccionadas restaurações das amostras com a resina Tetric<sup>®</sup> Ceram cor B3 (Ivoclar/Vivadent) (Quadro 2), com o auxílio de uma espátula para compósitos Thompson<sup>®</sup> /GTX nº 9, um porta-matriz Toflemire, uma matriz de aço com dimensões de 0,7 x 0,07mm e em pequenas porções de aproximadamente 1,5mm. Cada incremento de resina foi fotoativado por 40 segundos, individualmente, através de um aparelho fotoativador 3M Curing Light XL 3000 (3M Dental Products) de intensidade sempre superior a 450mW/cm<sup>2</sup>.<sup>1,7,2</sup> Ao final, as amostras obtiveram uma altura de ±4mm de coroas de resina composta, sendo que esta altura foi controlada por uma sonda milimetrada, antes da inserção do compósito, de maneira a posicionar a matriz no dente já na altura desejada ( Figura 7 e 8 ). Após a polimerização, foi realizada a remoção da matriz metálica e todas as faces dentárias foram novamente polimerizadas por 40 segundos. As amostras foram armazenadas em água destilada numa estufa de cultura (FANEM Ltda.-São Paulo-SP-Brasil), mantendo-se a temperatura de 37°C por 24horas.




**Figura 7.** Conjunto formado por resina composta e estrutura dental.



**Figura 8.** Amostras confeccionadas de resina composta e estrutura dental.

**Quadro 2.** Material utilizado para confecção das restaurações das amostras, sua composição química e técnica de aplicação

Material	Comp. química	Técnica de aplicação
Tetric Ceram®/IvoclarVivadent  Lote: E43096	BISGMA, dimetacrilato de uretano e trietileno glicol dimetacrilato(20,2%), vidro de bário, dióxido de silício altamente disperso e óxidos mistos esferoidais (79%). Estabilizadores e pigmentos (8%). Tamanho das partículas de 0,04 e 3 $\mu$ m com uma média de 0,7 $\mu$ m.	.Colocação de incrementos de mais ou menos 1,5mm de compósito. .Fotopolimerização por 40s cada incremento

## 5. Ciclagem Térmica

A ciclagem térmica foi feita com base em trabalhos anteriormente realizados<sup>15,14,24,9,69</sup>.

Após 24 horas de armazenamento em água destilada, as amostras foram submetidas à ciclagem térmica com temperaturas de 10°C e 50°C em água. O tempo de permanência foi de 15 segundos em cada temperatura, num total de 550 ciclos. Foi utilizado um aparelho de ciclagem térmica (Ética Equipamentos Científicos S.A – São Paulo- Brasil). As amostras, após a ciclagem, foram novamente armazenadas em água destilada e mantidas em uma temperatura de 37°C por 12 horas.

## 6. Obtenção dos Espécimes para o teste de microtração

Todo o preparo das amostras para o teste de microtração, desde o corte das superfícies oclusais dos dentes à obtenção dos espécimes, assim como o teste propriamente dito, foram realizados de acordo com a descrição da literatura<sup>8,9,24</sup>. Após o período de armazenamento, os conjuntos resina composta e dente foram fixados em suportes de madeira com godiva de baixa fusão e cortados na máquina de cortes ISOMET 1000, com o auxílio de um disco de diamante serie 15L em baixa velocidade, com constante irrigação. As amostras foram cortadas paralelamente ao seu longo eixo, em espessuras de 1,0mm  $\pm$  0,1mm, nos sentidos vestibulo-

lingual (Figura 9) e mesio-distal, obtendo-se espécimes com  $1,0\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$  de secção transversal e comprimento de  $\pm 8\text{mm}$ , sendo 4mm de resina e 4mm de dentina (Figura 10). Todos os espécimes foram analisados sob microscopia óptica com o aumento de 30X, sendo eliminados aqueles que apresentavam falhas, bolhas ou esmalte. De cada conjunto formado por resina composta e elemento dental, após a realização dos cortes, foram selecionados 8 palitos de cada das 4 ou 6 amostras, obtendo-se um total de 32 ou 48 valores de resistência de união para cada modelo de tratamento das respectivas amostras. Foi necessário um número maior de amostras (6 dentes) para os grupos de estudo (G3 e G4) devido a presença de adesões zero durante o desenvolvimento da metodologia destes grupos.



**Figura 9.** Amostra sendo cortada no sentido VL.



**Figura 10.** Aspecto dos espécimes (palitos) preparados para o teste de microtração.

## 7. Teste de Microtração

Para o ensaio de microtração, os espécimes foram medidos em sua secção transversal de união através de um paquímetro digital com leitura eletrônica (Digmatic Caliper®- Mitutoyo-Absolute - N.º. serie BB07467). Estes espécimes foram, posteriormente, posicionados pelas suas extremidades no dispositivo de microtração através de uma pinça clinica, de maneira a localizar a área de adesão perpendicular ao longo eixo da força de tração, onde foram fixados com um adesivo instantâneo (Superbonder Gel®- Henkel Loctite Adesivos Ltda-Itapevi-São Paulo-Brasil) (Figura 11) associado a um acelerador de cianoacrilato Zip Kicker (Figura 12).



*Figura 11. Adesivo instantâneo (Superbonder Gel® a base de cianoacrilato).*



*Figura 12. Acelerador de cianoacrilato (Zip Kicker).*

O ensaio microtração foi realizado em uma Máquina de Ensaio Universal MTS<sup>®</sup> (Material Test System 810- MTS System Corporation - Minneapolis-Minnesota-EUA) (Figura 13) a uma velocidade do atuador de 0,5mm/min, com adaptação de uma célula de carga de 1KN load transducer modelo 66118D-01 e com um programa acoplado a estes ( Testworks<sup>®</sup> - Sistema TestStart 2-MTS System Corporation-Minneapolis-Minnesota- EUA ). Logo após a fratura dos corpos-de-prova (Figura 14), o movimento foi imediatamente cessado e os dados coletados para posterior cálculo e análise. Os valores finais de resistência adesiva foram obtidos dividindo-se os valores de carga de ruptura obtidos em Newton (N) pelas secções transversais dos espécimes em mm<sup>2</sup> e expressos em MPa. Posteriormente ao teste de tração as superfícies de dentina e resina correspondentes ao local da área da adesão foram secas com papel absorvente e observadas ao microscópio óptico, em aumento de 40X, verificando o modo das fraturas e classificando-as em quatro tipos : Adesiva, coesiva da dentina, coesiva da resina e mistas.



*Figura 13. Dispositivo de microtração acoplado à máquina de ensaios mecânicos.*



*Figura 14. Espécime fixado ao dispositivo de microtração com cola à base de cianoacrilato, numa vista aproximada.*

## **8 Preparo dos espécimes para observação ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).**

Imediatamente após o teste de microtração, os espécimes fraturados mais representativos de cada grupo foram armazenados em glutaraldeído 2,5% por 48 horas. Decorrido este período, foram removidos do glutaraldeído e mantidos a seco em temperatura ambiente até o momento da leitura do tipo de fratura ocorrida. Antes de serem analisados ao MEV, os espécimes foram desidratados por meio da imersão em soluções de concentração crescente de etanol (30%, 50%, 75%, 95% e 100%). O tempo de permanência em cada solução foi de 30 minutos, sendo que para as duas últimas concentrações, esse tempo foi repetido em duas vezes. Em seguida, os espécimes foram colocados no dessecador por 12



horas, sendo uns montados com as fraturas, com a porção de dentina direcionada para cima (posição vertical), e outros com as fraturas, porção de resina e de dentina, uma de encontro à outra (posição horizontal), para observações e, também, confirmações dos modos de falhas. Posteriormente, os espécimes receberam uma camada de ouro com o auxílio de uma máquina metalizadora (Bal-Tec SCD 050) e foram observados ao MEV (Modelo JSM T 330A JEOL Co., Tokyo, Japão), com aceleração de voltagem de 20KV, sob aumento de 75 e 1500X.

## RESULTADO

Neste trabalho, estão em análise as resistências adesivas de dois sistemas universais simplificados e de dois sistemas auto-condicionantes, formando quatro grupos experimentais. Amostras de dentes foram submetidas à microtração para cada sistema adesivo. Assim, o delineamento experimental foi o hierárquico (ou *aninhado*) de modelo misto, considerando grupos como efeito fixo e dentes como efeito aleatório.

Quando estiveram satisfeitas as condições de homogeneidade de variâncias, julgada pelo teste de Levene, e de normalidade dos erros experimentais, avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, foi utilizada a análise de variância na avaliação da resistência. Caso contrário, empregou-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney.

### 1) Resistência adesiva

Nas tabelas A1 a A4 do apêndice A são dados os valores de resistência adesiva, em MPa, de acordo com o sistema adesivo utilizado: dois sistemas universais simplificados, Prime Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup> (Grupo 1) e Single Bond<sup>™</sup> (Grupo 2), e dois sistemas auto-condicionantes, AdheSE<sup>®</sup> (Grupo 3) e Adper<sup>™</sup> Prompt<sup>™</sup> L-Pop<sup>™</sup> (Grupo 4). Esses dados estão representados graficamente na figura 15. Nota-se que os sistemas auto-condicionantes (Grupo 3 e Grupo 4) apresentaram resultados de

resistência adesiva menores do que os outros dois sistemas e de difícil previsão. Diversas amostras deram resistências nulas ou próximas de zero, enquanto outras deram valores de resistência tão grandes quanto aos sistemas universais simplificados.

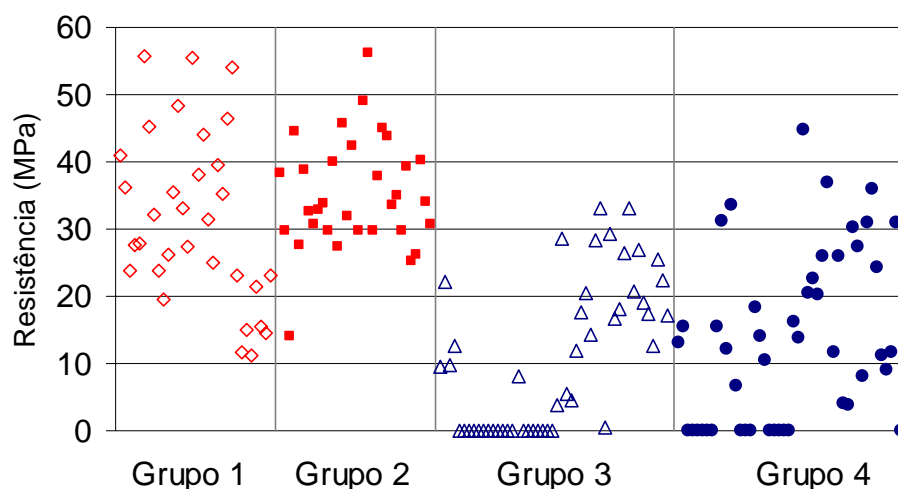


Figura 15 - Representação gráfica de valores de resistência adesiva, em MPa, obtidos em amostras dos grupos experimentais em estudo

Tabela 1 - Estatísticas descritivas da resistência adesiva, em MPa, de acordo com os grupos experimentais

Estatística	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Mínimo	11,26	14,13	0,00	0,00
Máximo	55,82	56,17	33,21	44,87
Mediana	29,65	33,67	8,80	11,63
Média	31,52	35,15	10,75	13,26
Desvio padrão	12,71	8,24	11,19	12,80

Na tabela 1 são mostradas algumas estatísticas descritivas da resistência adesiva, em MPa: mínimo, máximo, mediana, média e desvio padrão, referentes aos quatro grupos experimentais em estudo. Considerando a avaliação realizada no item anterior e a observação dessas medidas descritivas, vê-se que as médias dos sistemas auto-condicionantes são indiscutivelmente menores do que as médias de resistência dos sistemas universais simplificados. Assim, faz pouco sentido a comparação estatística das médias de resistência dos grupos 1 e 2 em relação às médias dos grupos 3 e 4. Esses grupos estão comparados separadamente a seguir. Entretanto, a comparação conjunta dos quatro grupos experimentais pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido por comparações múltiplas não-paramétricas, confirmou que a resistência dos grupos 3 e 4 são significativamente menores do que a resistência dos grupos 1 e 2.

Na tabela 2 é dado o sumário da análise de variância para avaliar o efeito dos sistemas adesivos universais simplificados (grupos 1 e 2) sobre a resistência adesiva. Observa-se que não há evidência de efeito de grupo sobre a resistência adesiva ( $p > 0,05$ ). Há, entretanto, efeito significativo de dente dentro de grupo, ou seja, pelo menos um dente teve comportamento diferente em um mesmo grupo. Na tabela 2 são mostrados também os valores de probabilidade p do teste de Levene e de Shapiro-Wilk para julgar-se, respectivamente, a homogeneidade de

variância e a normalidade dos erros experimentais. Como em ambos os casos  $p > 0,05$  essas suposições podem ser consideradas válidas.

Tabela 2 - Sumário da análise de variância para a avaliação do efeito de grupos sobre a resistência adesiva

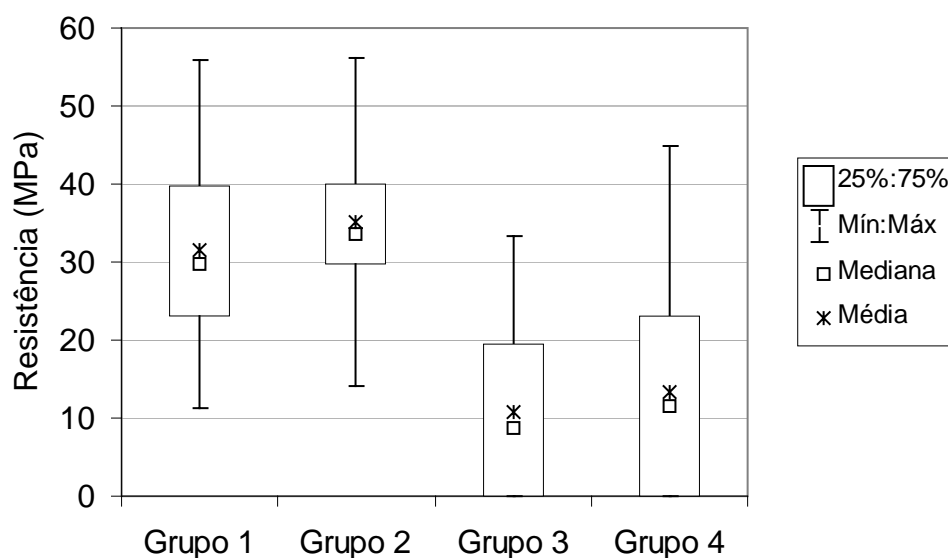
Efeito	Graus de liberdade	Média quadrática	F	p
Grupo	1	211,52	0,462	0,522
Dente dentro de Grupo	6	458,17	5,879	<0,001
Resíduo	56	77,93		

Homogeneidade de variâncias:  $p = 0,326$  (teste de Levene)  
Normalidade dos resíduos:  $p = 0,609$  (teste de Shapiro-Wilk)

Quanto aos grupos 3 e 4, a variabilidade dos valores de resistência adesiva é heterogênea e muito grande relativamente à média, inviabilizando a análise de variância. Aplicou-se o teste de Mann-Whitney, considerando-se todos os resultados, independentemente dos dentes, e não se comprovou diferença significativa entre esses grupos ( $p = 0,429$ ). Mesmo quando se considerou a média de resistência das amostras de cada dente não ficou evidenciada diferença significativa entre os grupos 3 e 4 quanto à resistência adesiva pelo teste de Mann-Whitney ( $p = 0,631$ ).

Na figura 16 é mostrado o gráfico contendo a mediana, média, primeiro e terceiro quartis, mínimo e máximo dos valores de resistência adesiva, em MPa, dos quatro grupos experimentais. Esse gráfico resume

as distribuições dos valores de resistência dos grupos 1 e 2 em relação aos grupos 3 e 4, corroborando com as análises realizadas.



Figuras 16 - Representação gráfica da mediana, média, primeiro e terceiro quartis, mínimo e máximo dos valores de resistência adesiva.

## 2) Modos de fraturas

Nas tabelas A1 a A4 do apêndice A são dados os modos de fratura observados nas amostras submetidas à microtração. Números e percentuais de ocorrências dos modos de fraturas, de acordo com os grupos experimentais, são dados na tabela 3. A figura 17 contém a representação gráfica das porcentagens de ocorrência de cada modo de fratura nos quatro grupos em análise.

Nos grupos 1 e 2, 87% dos modos de fratura estão distribuídos entre adesiva e coesiva da resina. Nos grupos 3 e 4, entretanto, predomina a fratura adesiva.

Tabela 3 - Número e percentual de ocorrências dos modos de fraturas de acordo com os grupos experimentais.

Modo da fratura	G1	G2	G3	G4
Adesiva	11 (34,4)	17 (53,1)	42 (87,5)	48 (100,0)
Coesiva da dentina	3 (9,4)	2 (6,3)	1 (2,1)	0 (0,0)
Coesiva da resina	17 (53,1)	10 (31,3)	2 (4,2)	0 (0,0)
Mista	1 (3,1)	3 (9,4)	3 (6,3)	0 (0,0)

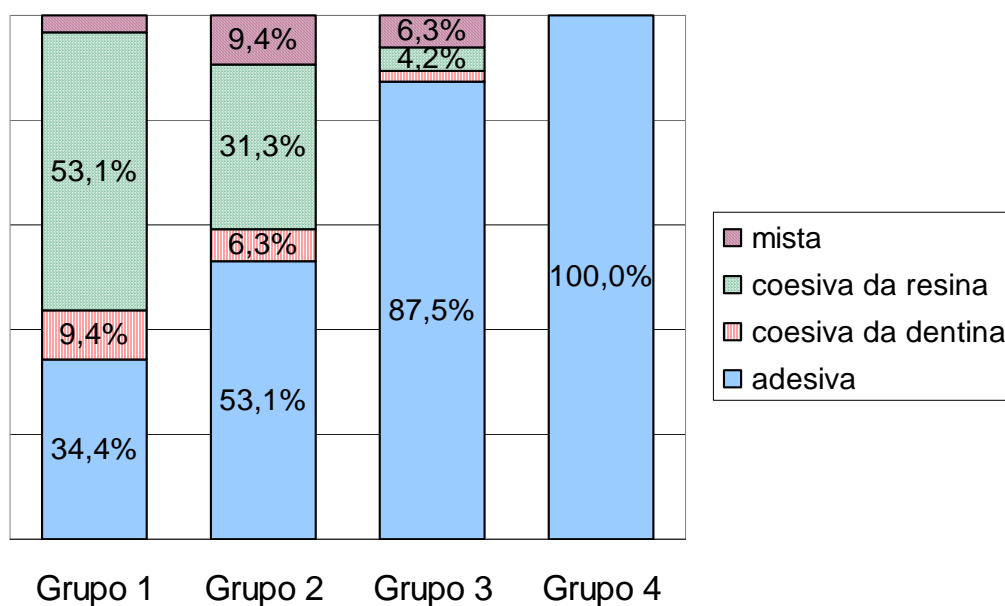
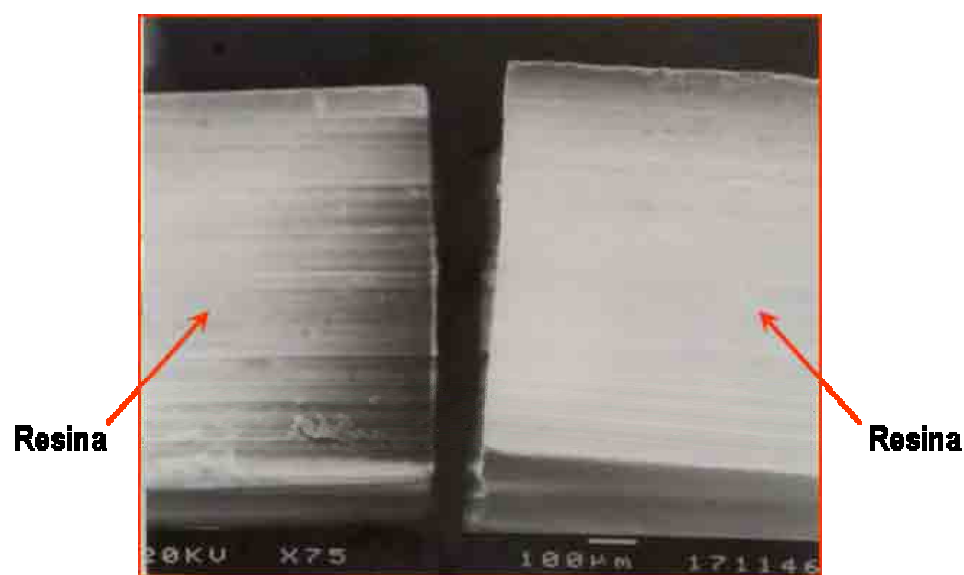


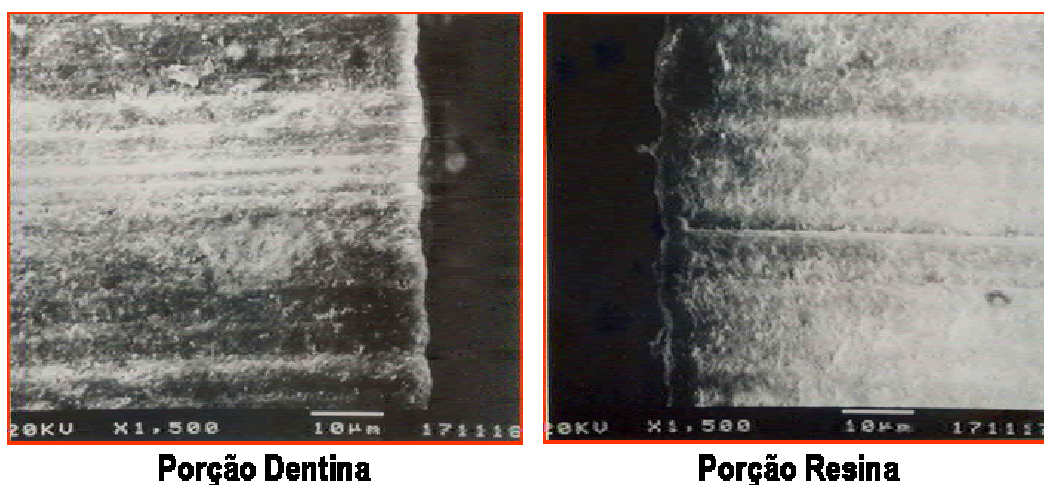
Figura 17- Representação gráfica dos percentuais de ocorrências dos modos de fraturas de acordo com os grupos experimentais.

A microscopia eletrônica das superfícies dos espécimes fraturados selecionados confirmou o que foi observado no exame por microscopia óptica; As figuras de 18 a 31 ilustram o aspecto destas superfícies.

### FRATURAS COESIVAS DA RESINA

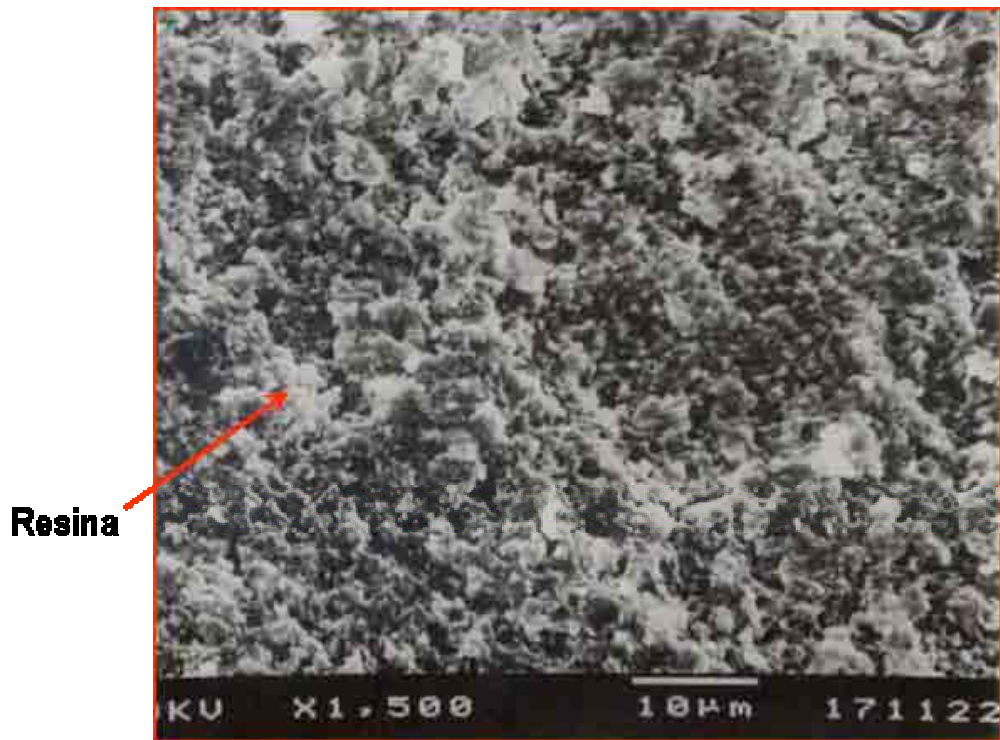


*Figura 18. Aspecto da fratura coesiva da resina, no espécime G2D1(4), sob MEV com aumento de 75X.*



*Figuras 19 e 20. Aspecto da fratura coesiva da resina, no espécime G2D1(4), sob MEV com aumento de 1500X.*

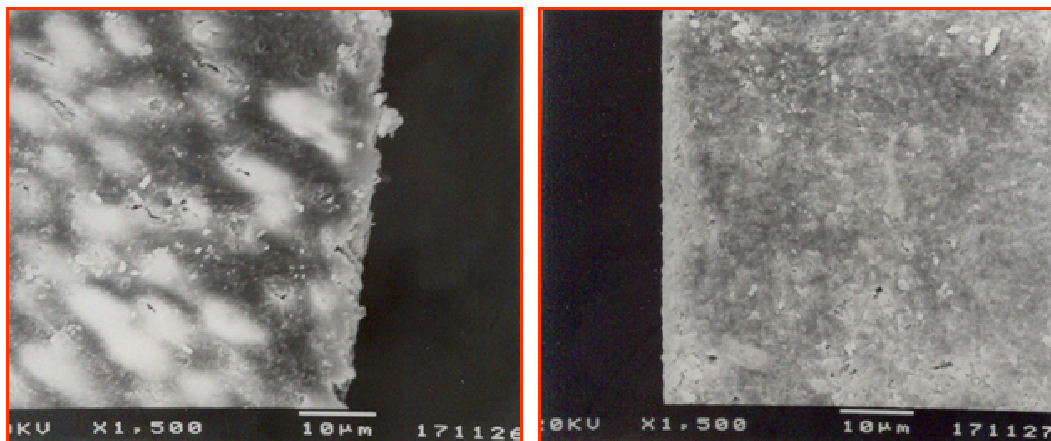




*Figura 21. Aspecto da fratura coesiva da resina, no espécime G3D5(2) (porção dentina), sob MEV com aumento de 1500X.*

**FRATURAS ADESIVAS**

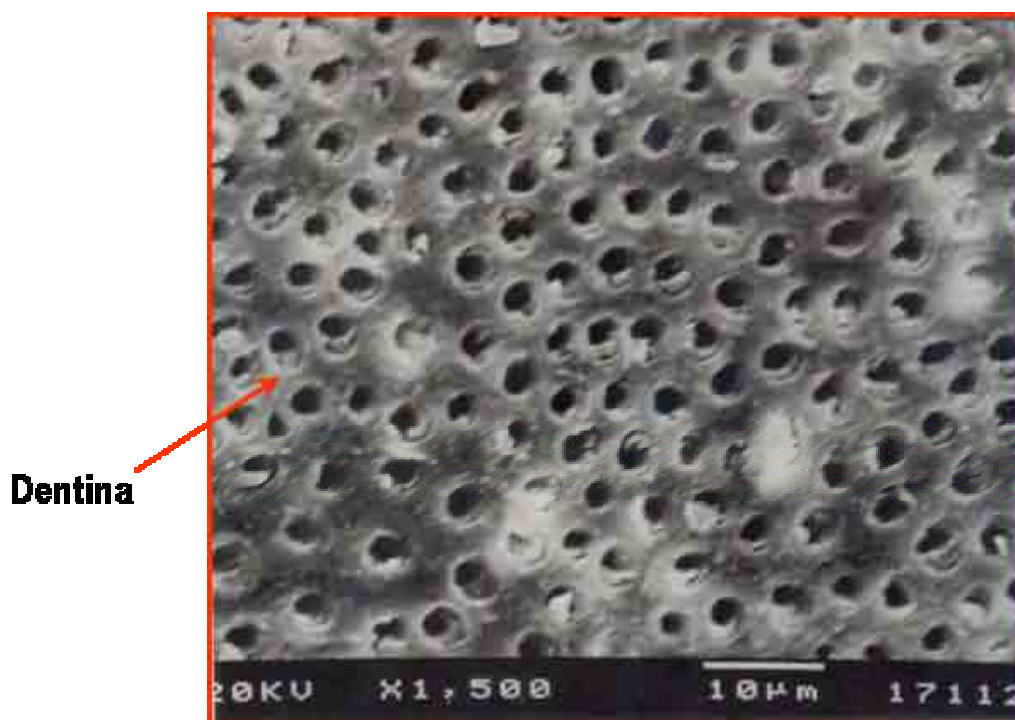
*Figura 22. Aspecto da fratura adesiva, no espécime G3D4(6), sob MEV com aumento de 75X.*



**Porção Dentina**

**Porção Resina**

*Figuras 23 e 24. Aspecto da fratura adesiva, no espécime G3D4(6), sob MEV com aumento de 1500X.*

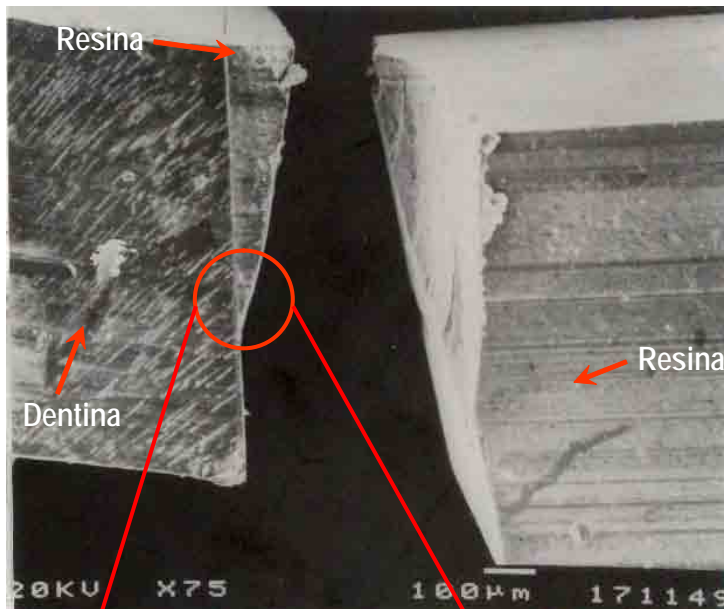


*Figura 25.* Aspecto da fratura adesiva, no espécime G3D4(5) (porção dentina), sob MEV com aumento de 1500X.

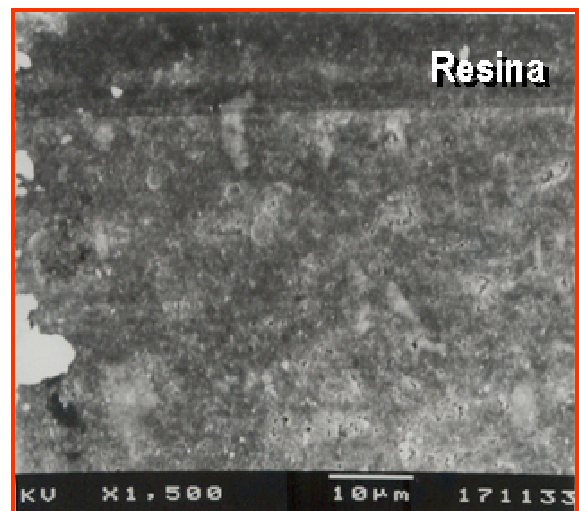
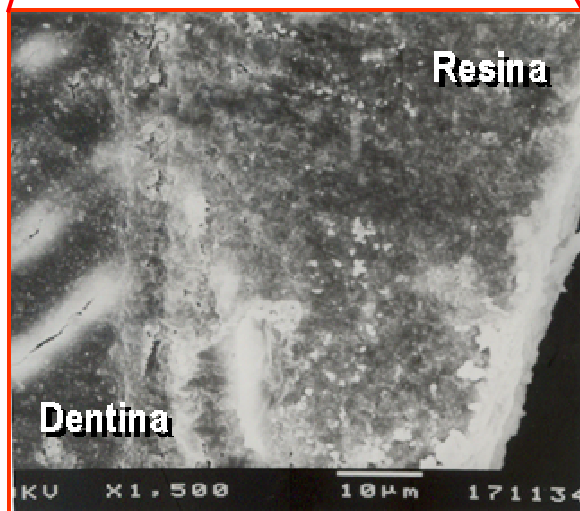


*Figura 26.* Aspecto da fratura adesiva, no espécime G1D4(1) (porção dentina), sob MEV com aumento de 1500X.

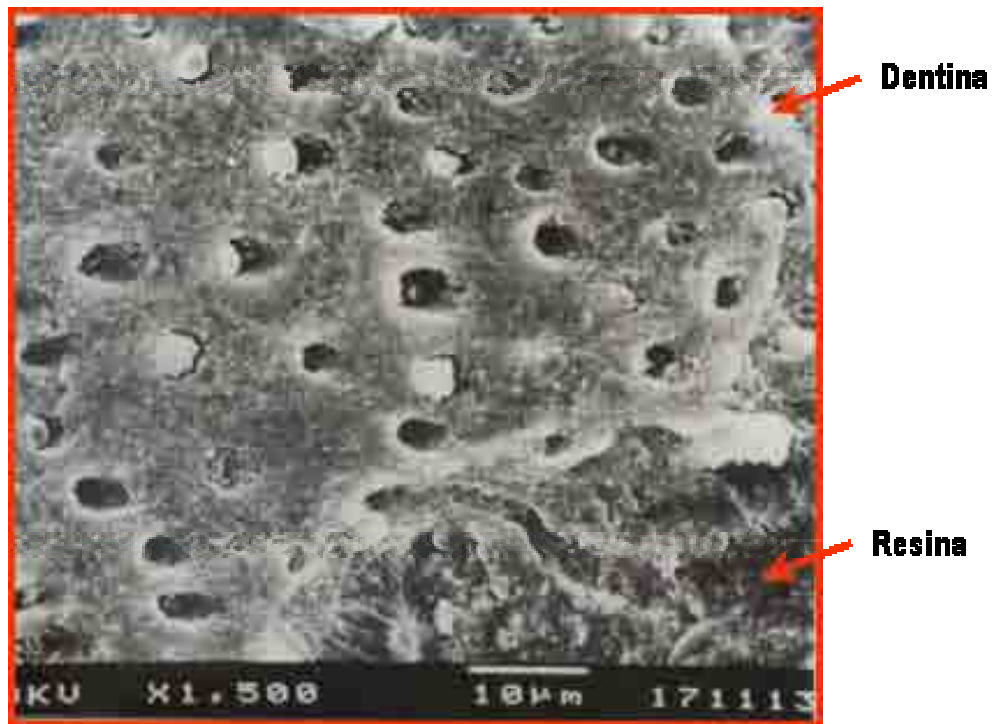
## FRATURAS MISTAS



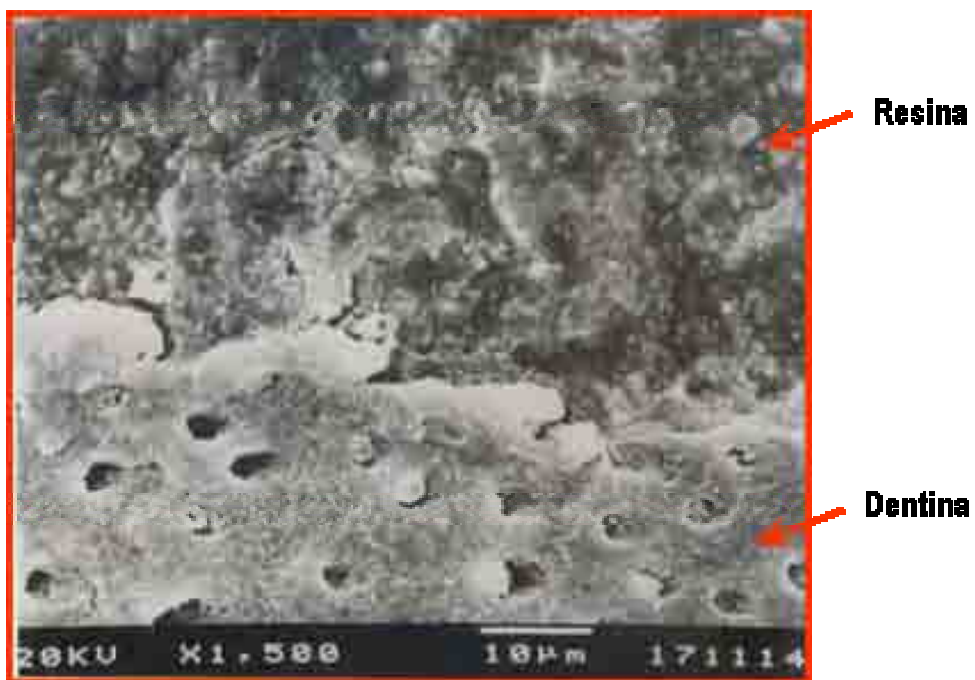
*Figura 27. Aspecto da fratura mista, no espécime G3D6(3), sob MEV com aumento de 75X.*



*Figuras 28 e 29. Aspecto da fratura mista, no espécime G3D6(3), sob MEV com aumento de 1500X.*



*Figura 30. Aspecto da fratura mista, no espécime G2D2(5) (porção dentina) sob MEV com aumento de 1500X.*



*Figura 31. Aspecto da fratura mista, no espécime G2D2(5) (porção dentina), sob MEV com aumento de 1500X.*

## DISCUSSÃO

As idéias e as avaliações elaboradas por Buonocore<sup>5</sup> (1955), Fusayama et al.<sup>22</sup> (1979) e, posteriormente, por Nakabayashi et al.<sup>33</sup> (1982) foram, indiscutivelmente, as sementes para revolucionar o que hoje os adesivos dentinários representam para a Odontologia restauradora adesiva moderna.

Para a avaliação dos sistemas adesivos dentinários, a resistência de união à dentina tem sido e é, ainda, o maior parâmetro comumente relatado<sup>19</sup>. A larga extensão das formas de resistência de união determinada por sistemas de materiais idênticos, indica que o teste é muito complexo.<sup>19</sup> Possíveis variáveis são introduzidas, num maior ou menor nível de significância, durante o teste de resistência de união<sup>19,26,40,53,69,39</sup>. Desta maneira, muitos fatores podem influenciar a performance de adesão dos sistemas adesivos a dentina, tais como: os procedimentos para o teste, o substrato dentinário e o material testado<sup>3</sup>.

Com relação aos fatores ligados aos procedimentos da metodologia para os testes de resistência de união, há uma grande variação na preparação e desenho dos espécimes. Quanto à natureza dos espécimes a serem estudados, segundo revisão de Finger<sup>19</sup>, terceiros molares extraídos sem cárie apresentaram, consideravelmente, resistência de união menor do que uma amostra aleatória de dente extraído. No entanto, a razão para esse achado não está completamente compreendida.

Contudo, é hipotetizado que terceiros molares sem cárie são, usualmente, extraídos de indivíduos jovens, logo após a sua erupção. Estes dentes podem ter túbulos dentinários mais largos e, conseqüentemente, uma diminuição na área efetiva da adesão (dentina intertubular) para formação da camada híbrida. Além disso, podem ser menos mineralizados do que elementos dentais, que tem sido expostos ao meio ambiente oral por período de tempo mais longo. Bouillaguet et al.<sup>3</sup> concordam com o trabalho supracitado quando relataram que os terceiros molares jovens humanos consistem de uma dentina altamente permeável, que influenciará na resistência de união. Campus et al.<sup>6</sup> evidenciaram formações de camadas híbridas mais espessas para dentina jovem do que para dentina adulta.

Com relação às condições de armazenagem (tipo de solução e tempo) recomendadas para as amostras, o efeito das soluções tipo formalina, salina ou água corrente na resistência de união não foi bem identificado, apesar de se saber que estas podem levar a alterações na dentina.<sup>69</sup> De acordo com algumas informações dentro do trabalho de Watanabe e Nakabayashi<sup>69</sup>, recomenda-se que as amostras sejam mantidas por ao menos 6 meses na água a 37°C, para se avaliar a estabilidade da adesão. No entanto, muitos grupos mediram resistências de união de suas amostras após imersão em água por 24 horas<sup>9,20,24,32,37,48</sup>, concordando com alguns estudos, como o de Finger<sup>19</sup>, quando encontrou pouca significância na resistência de união relacionada

aos tempos de armazenagem. Este trabalho seguiu Castro<sup>9</sup> quando, também, armazenou suas amostras em solução fisiológica contendo timol a 0,2%, enquanto Guzmán Sierpinski<sup>24</sup> as conservou em água destilada e timol a 0,2%, ao passo que Freitas<sup>21</sup> utilizou solução fisiológica a 0,9% até o momento da utilização das amostras.

Os resultados de Van Noort et al.<sup>67,68</sup> indicaram que a resistência de união pode mudar com a geometria dos espécimes. Nos testes de resistência adesiva à tração, encontram-se espécimes com diferentes desenhos e dimensões. Alguns trabalhos utilizam os espécimes em forma de ampulheta<sup>57,42,27,36</sup> para execução dos seus ensaios mecânicos, porém outros preferem a utilização de bastões ou palitos<sup>9,21,24,29,58,59</sup>. Quanto às dimensões dos espécimes, para Sano et al.<sup>57</sup>, as máximas resistências à tração da dentina podem tornar-se mais elevadas por causa do menor tamanho destes. Uma vez que, se a dentina contém defeitos ou falhas, pode produzir distribuição irregular de estresse, então a probabilidade de se ter bastante falhas diminui quando amostras menores são usadas<sup>57,50</sup>. Dessa maneira, Sano et al.<sup>57</sup> desenvolveram o teste de microtração, encontrando uma relação inversa entre resistência à tração e a área da superfície aderida, quando a área de adesão dos espécimes variaram de 0,5 a 3,0 mm<sup>2</sup>. Carvalho et al.<sup>8</sup> e Phrukkanon et al.<sup>49</sup>, também, encontraram a mesma relação inversa, no entanto variaram de 0,5 a 5,0mm<sup>2</sup> e 1,2; 1,4; 2,0mm<sup>2</sup>, respectivamente, a área de adesão das amostras testadas.



Pashley et al.<sup>40,41</sup> destacaram inúmeras vantagens da microtração em relação aos demais testes. A possibilidade de se medir resistência de união em dentina normal e afetada por cárie num mesmo espécime, foi uma outra vantagem do ensaio de microtração, acrescentada por Ceballos et al.<sup>10</sup>, além da padronização do tamanho dos espécimes, destacada por Sano et al.<sup>57</sup> A sensibilidade do teste de microtração encontrada nos resultados de Luchterhandt et al.<sup>30</sup> e de Schreiner et al.<sup>58</sup>, quando compararam significância estatística de valores do teste de microtração com macrotração e com cisalhamento, respectivamente, também foi evidenciada como outra vantagem deste teste. Isto provavelmente explica porque alguns trabalhos, como May<sup>32</sup>, não encontraram diferenças significantes entre distintos sistemas adesivos dos seus grupos testados, de valores de resistência de união à tração, quando não aplicaram o teste de microtração. Pashley et al.<sup>40</sup> relataram ainda, no entanto, algumas desvantagens do teste de microtração, como sendo: técnica laboratorial trabalhosa e sensível, dificuldade de se medir forças de união menores que 5 MPa, necessidade de equipamento especial e desidratação rápida dos espécimes, devido ao tamanho reduzido. Shono et al.<sup>59</sup> encontraram uma não homogeneidade da união adesiva durante a microtração, o que contrariou opiniões anteriores<sup>55</sup>.

Partindo para os aspectos relacionados ao fator substrato dentinário, Yoshiyama et al.<sup>73</sup> encontraram valores de resistência adesiva menores em dentina esclerótica do que em dentina normal.

Pashley e Carvalho<sup>39</sup> consideraram a dentina um substrato sujeito a uma larga variedade de condições: permeabilidade, umidade e presença de dentina anormal.

Ainda dentro do fator substrato, Nakajima et al.<sup>34</sup> não encontraram diferenças significantes entre os valores de resistência adesiva quando os sistemas adesivos, One-Step e Scotchbond multipurpose plus + ácido fosfórico 37%, foram aplicados sobre dentina normal e afetada por cárie. Além disso, os adesivos uniram-se uniformemente bem em cada substrato. Contrariando, de certa forma, seus estudos anteriores, Nakajima et al.<sup>35</sup>, quando afirmaram que as variações morfológicas e químicas sofridas pela dentina durante um processo de cárie podem determinar uma redução da qualidade adesiva e que esse efeito é dependente do sistema adesivo empregado. No trabalho de Perdigão et al.<sup>46</sup>, para todos os adesivos testados (All Bond 2, Amalgambond Plus, Prisma Universal Bond 3 e Scotchbond Multi-purpose), a resistência da dentina normal foi significativamente alta em relação aos outros substratos (dentina esclerótica e cariada). Da mesma forma, a resistência adesiva da dentina normal com dois sistemas adesivos (Single Bond e Fluorobond), no trabalho de Yoshiyama et al.<sup>72</sup>, também se mostraram significativamente mais altas em relação à resistência adesiva da dentina afetada por cárie.

Quanto aos resultados de adesão frente às condições do substrato da dentina seca ou úmida, Pereira et al.<sup>48</sup>, contrariando alguns estudos,

não encontraram nenhuma diferença significativa na resistência de união entre diferentes regiões (próxima ao corno pulpar, região central e periférica da dentina) e materiais (One-Step e Clearfil Liner Bond II) quando as amostras foram super-resssecadas. Por outro lado, Reis et al.<sup>52</sup>, determinando o efeito dos diferentes níveis de umidade dentinária sobre a resistência adesiva, encontraram que os sistemas adesivos Single Bond (água / etanol) e Syntac Single Component (água) apresentaram-se melhores nos substratos mais secos, enquanto o One-Step (acetona) mostrou melhor desempenho em substrato com umidade.

Estudos recentes indicam que a estrutura da matriz dentinária é muito diferente nos seus estados úmidos e secos<sup>39</sup>. Kanca III<sup>28</sup> encontrou que as superfícies de dentina úmida apresentaram maior resistência à união que as superfícies secas quando o sistema All Bond foi utilizado em ambas dentinas (úmidas e secas), condicionadas com ácido fosfórico 10% e 37%. Da mesma maneira, You et al.<sup>74</sup>, também, mostraram que os sistemas utilizados (All Bond 2, One-Step, Prime & Bond e Scotchbond Multi-Purpose) aderiram melhor à superfície úmida do que sobre a superfície seca. Por outro lado, Charlton & Beatty<sup>12</sup> não verificaram diferenças estatisticamente significantes entre os dois tipos de situações (condição da dentina úmida ou seca) quanto aos resultados de resistência à união dos sistemas adesivos Optibond e Scotchbond Multi-Purpose. Ainda sobre umedecimento do substrato dentinário, segundo Paul et al.<sup>42</sup>,

os efeitos da água de maneira extrínseca são mais relevantes do que os do conteúdo de água intrínseco no material adesivo (Poli – Hema).

A influência da profundidade do substrato dentinário (dentina superficial e profunda) na força de união dos adesivos dentinário foi encontrada como dependente do material<sup>64</sup>. Pereira et al.<sup>48</sup> encontraram que, no grupo do sistema adesivo One-Step, a resistência de união, nas regiões próximas ao corno pulpar, foi significativamente mais baixa do que na região central e periférica. Enquanto no grupo Clearfil Line Bond II, não foram encontradas diferenças significantes na resistência de união quanto às diferenças de regiões estudadas, o que indicou, portanto, material dependência dos resultados. Shono et al.<sup>59</sup> detectaram, também, diferenças regionais entre dentina superficial e profunda com relação a resistência a tração. No entanto, para os autores tais diferenças estavam relacionadas com a técnica e não com o material.

Embora trabalhando com diferentes tipos de sistemas adesivos e sob diferentes condições, Yoshiyama et al.<sup>71</sup>, Castro<sup>9</sup> e Kina<sup>29</sup> não observaram uma correlação entre a espessura do remanescente dentinário com os resultados de resistência de união obtidos em seus trabalhos.

Sano et al.<sup>55</sup> sugeriram que estudos futuros deveriam examinar o efeito da orientação dos túbulos dentinários sobre a resistência adesiva. Ogata et al.<sup>37</sup> encontraram valores de resistência de união maiores quando os sistemas foram aplicados à superfície de dentina com túbulos

paralelos à interface adesiva, do que a superfície da dentina com os túbulos cortados perpendicularmente, o que comprovou as especulações de Sano et al.<sup>55</sup>

Testando possíveis tipos de tratamentos recebidos pelo substrato dentinário em diferentes sistemas e tempos, com o intuito de tentar pesquisar formas para maximizar a adesão dentinária, Guzmán Sierpinski<sup>24</sup> encontrou menores resistências de união quando o sistema laser de Er: Yag foi aplicado independente do sistema adesivo usado. Castro<sup>9</sup> não detectou diferenças significantes nos valores de resistência quando tratou a *smear layer*, com ou sem a clorexidina. Enquanto que Kina<sup>29</sup> apresentou valores médios de resistência adesivas estatisticamente maiores quando se removeu a *smear layer* usando EDTA, antes da aplicação de um sistema auto-condicionante (Clearfil SE Bond). Para Ogata et al.<sup>36</sup>, embora diferentes sistemas adesivos possam influenciar nas respostas de resistência de união da dentina, submetidas a diferentes tipos de tratamento, para potencializar os resultados de adesão, a *smear layer* deve ser totalmente removida. Freitas<sup>21</sup> aumentou os valores de resistência adesiva do Single Bond e do Adper Prompt quando o tratamento de hibridização foi realizado após o preparo e antes da cimentação, ao invés da maneira convencional. Além disso, considerando resistência adesiva, encontrou diferenças entre o comportamento dos adesivos Single Bond e Adper Prompt. Diferença de comportamento essa, também, encontrada dentro deste trabalho.

Ainda na tentativa de potencializar valores de adesão, alguns fabricantes defendem o uso de adesivo de *cura dual*. Contudo, Braga et al.<sup>4</sup> detectaram que a adição de um ativador auto-polimerizável para o sistema Prime & Bond NT causou uma visível tendência à diminuição da resistência, sendo explicada, talvez, pelo influxo de bolhas no adesivo durante a mistura ou diluição da nanopartícula, quando o ativador não é particulado.<sup>4</sup>

Relacionando qualidade de adesão dentinária com o tipo de material solvente encontrado no material adesivo, adesivos à base de acetona representado, no estudo de Braga et al.<sup>4</sup>, por Prime & Bond NT, Prime & Bond cura dual e Prime & Bond 2.1, foram considerados mais susceptíveis a condições de umedecimento da dentina. Segundo Tay et al.<sup>61</sup>, a presença de fendas microscópicas na interface primer/dentina pode oferecer uma explicação morfológica para o decréscimo da resistência à adesão, quando sistemas a base de acetona forem aplicados com excesso de umidade na superfície. Para Van Meerbeek et al.<sup>65</sup>, provavelmente a quantidade de água existente nos primers à base de água que foram testados (Scotchbond MP e Optibond), foi adequada para hidratar e expandir a rede de fibras colágenas suavemente secas por ar e colapsadas.

Dentro dos resultados de resistência de união dos adesivos dentinários presentes na literatura consultada, Braga et al.<sup>4</sup>, comparando os sistemas adesivos: três particulados (Prime & Bond NT, Prime & Bond

2.1, Prime & Bond de *cura dual*) e dois não particulados (Single Bond e Optibond Solo), encontraram, experimentalmente, que o uso de sistemas particulados não foi um fator determinante na conquista dos principais valores de resistência adesiva na dentina. Tal fato é compreensível, pois, nessas amostras experimentais, a resina foi aderida sobre uma superfície de dentina. Desta maneira, a contração da polimerização da resina torna-se livre para ocorrer, o que minimiza o estresse da interface adesiva. Além disso, Braga et al.<sup>4</sup> detectaram uma tendência para superioridade de resistência adesiva do Single Bond, quando comparado com outros adesivos não particulados. Esse achado, talvez, ocorra pelo fato do Single Bond ser à base de água e, portanto, menos sensível a variações no estágio de umedecimento superficial da dentina<sup>4</sup>. Esta superioridade também foi detectada neste trabalho, ao se comparar os valores de resistência de união do Single Bond-G2 com os sistemas AdheSE-G3 e o Adper Prompt L-Pop-G4. Schreiner et al.<sup>58</sup> encontraram que o sistema Clearfil Liner Bond foi superior ao Prime & Bond, Scotchbond multipurpose com ácido máleico e ao Scotchbond Multipurpose Plus, porém não superou aos resultados de resistência de união de Scotchbond Multipurpose com ácido fosfórico, quando ensaios de microtração foram realizados, ao passo que Castro<sup>9</sup> não observou diferenças estatisticamente significantes nas resistências adesivas dos sistemas estudados sob microtração: Prime & Bond NT, Single Bond e Clearfil SE Bond.

No trabalho de Guzmán Sierpinski<sup>24</sup>, com microtração, o sistema Prompt L-Pop mostrou resistência adesiva estatisticamente menor, em relação aos outros adesivos testados (Excite e Single Bond).

Apesar disto, a resistência adesiva do Prompt L-Pop, aplicado em múltiplas camadas, não foi estatisticamente diferente dos valores oferecidos pelo Prime & Bond, durante o trabalho de Frankenberguer et al.<sup>20</sup>, o que contrariou, de certa forma, os resultados deste trabalho, quando se comparou resultados de resistência adesiva dos sistemas universais simplificados (G1- Prime & Bond NT, G2- Single Bond) com auto-condicionantes (G3- AdheSE, G4- Adper Prompt L-Pop). Para Bouillaguet et al.<sup>3</sup>, é também possível que a baixa resistência adesiva registrada com Prompt L-Pop possa indicar que um material monocomponente não pode ainda preencher todos os requisitos para a produção de camadas adesivas efetivas. Por outro lado, Perdigão et al.<sup>45</sup> relataram que o adesivo Prompt L-Pop é um dos mais recentes adesivos de um único passo e, segundo os autores, tem demonstrado resultados promissores em testes laboratoriais.

No estudo de Freitas<sup>21</sup>, o adesivo Adper Prompt proporcionou valores significativamente menores, quando comparado ao Single Bond, apresentando uma variação das medidas desordenadas, presentes também neste trabalho. Neste estudo, nota-se que os sistemas auto-condicionantes (G3- AdheSE e G4- Adper Prompt L-Pop) apresentaram uma variabilidade dos valores de resistência adesiva de maneira



heterogênea e muito grande relativamente à média. Diversas amostras deram resistências nulas ou próximas de zero, enquanto outras amostras deram valores de resistência tão grandes quanto os sistemas universais simplificados. De acordo com o fabricante, o Adper Prompt apresenta um pH baixo, em torno de 0,9 a 1,0, sendo considerado forte. O baixo pH de um sistema adesivo pode prejudicar a formação de uma camada híbrida estável.<sup>62</sup>

Confrontando resultados de resistência de união dos sistemas auto-condicionantes com os sistemas convencionais, Inoue et al.<sup>27</sup> concluíram que os adesivos auto-condicionantes ou os de condicionamento total de passo simplificado (*one-step*) obtiveram os menores resultados, quando comparados aos adesivos de condicionamento total (3 passos). Este achado coincidiu, de certa forma, com os resultados de Ceballos et al.<sup>10</sup>, quando mostraram que o sistema Prompt L-Pop (auto-condicionante) apresentou-se com os menores valores de resistência adesiva, enquanto o Prime & Bond NT e o Single Bond, que realizaram condicionamento total prévio, avaliados, produziram valores maiores de resistência adesiva em dentina normal e cariada. Este achado concorda com os resultados deste trabalho, onde foi detectado valores de resistência de união mais elevados para os sistemas universais simplificados, que utilizaram condicionamento ácido prévio, (Prime & Bond NT-G1 e o Single Bond-G2) do que para os sistemas auto-condicionantes (AdheSE-G3 e o Adper Prompt L-Pop-G4). Estes, além de resultados de resistência menores,

apresentaram os valores de difícil previsão. Em contrapartida, Pereira et al.<sup>47</sup> não encontraram diferenças de resistência adesiva significantes, quando um adesivo de condicionamento total e um auto-condicionante foram testados, Single Bond e Clearfil Liner Bond 2V, respectivamente. Van Meerbeek et al.<sup>66</sup> determinaram que os adesivos de três passos e condicionamento total são mais confiáveis, ao longo do tempo. No entanto, os adesivos auto-condicionantes apresentam as melhores perspectivas futuras.

Alguns trabalhos questionam a durabilidade da camada híbrida formada pelos sistemas auto-condicionantes. Para Nakajima et al.<sup>35</sup>, nem sempre a qualidade da camada híbrida está associada com os valores de resistência adesiva. De acordo com Yoshiyama et al.<sup>71</sup>, embora camadas híbridas dos sistemas auto-condicionantes (*self-etching*) possam produzir resistências de união laboratoriais muito elevadas por 24 horas, a durabilidade destas ligações frente a estresse mecânico e térmico precisa ser determinado, para se avaliar os efeitos da fadiga nestas estruturas adesivas, especialmente ligações com o esmalte, já que, no mínimo a metade destas camadas híbridas, consiste de smear layer hibridizada, a qual é relativamente fraca. Dessa maneira, Costa et al.<sup>13</sup> preconizam que estudos futuros são necessários para avaliar a performance clínica a longo prazo de sistemas adesivos (auto-condicionantes ou não), assim como a capacidade “in vitro” destes materiais para se deslocarem dentro

dos túbulos dentinários e alcançarem o espaço pulpar após aplicação em cavidades profundas.

Por outro lado, Perdigão e Lopes<sup>43</sup> e Sano et al.<sup>54</sup> ressaltaram que os sistemas auto-condicionantes tornam-se uma grande estratégia para controle da permeabilidade dentinária, além de proporcionar simplificação da técnica adesiva ( Watanabe et al.<sup>70</sup>). Ainda quanto aos adesivos auto-condicionantes, segundo Perdigão et al.<sup>44</sup>, estes novos sistemas, no entanto, não condicionam o esmalte na mesma profundidade que os adesivos que utilizam o condicionamento prévio com ácido fosfórico.

É também conhecido que combinação de um agente de união dentinária, com diferentes sistemas de resina restauradora, pode apresentar diferentes formas de resistência de união<sup>19</sup>. Os maiores resultados de resistência adesiva foram encontrados quando o adesivo Prompt L-Pop foi utilizado com o compômero Aplítip do que com a resina Pertac II, durante o trabalho de Frankenberguer et al.<sup>20</sup>

Os valores de resistência de união tem sido criticamente considerados pelo fato de que, isoladamente, não descrevem corretamente a qualidade da adesão. Algumas vezes, podem até refletir características da resistência de união da resina restauradora por isso se deve associá-los com a microscopia para explicar os modos de fratura dos sistemas adesivos<sup>19</sup>. Quanto aos resultados dos modos de fratura aos testes de microtração, Guzmán Sierpinski<sup>24</sup> encontrou a maior parte das fraturas como sendo do tipo adesiva, da mesma forma que também foram

observadas, na sua maioria, aqui neste trabalho para os grupos G3 e G4, e confirmadas pela MEV. Nos grupos G1 e G2, 87% dos modos de fratura foram distribuídas entre adesivas e coesivas da resina. Apesar das fraturas terem ocorrido, em sua maior parte, na união, Castro<sup>9</sup> não observou em nenhum dos grupos fraturas puramente adesivas. Poucas fraturas do tipo coesivas foram encontradas por Chappel et al.<sup>11</sup> Para Ogata et al.<sup>37</sup>, a maioria dos seus espécimes apresentou fraturas adesivas, confirmada pela microscopia de luz. No entanto, Armstrong et al.<sup>1</sup> encontraram, na metade de suas amostras avaliadas (55%), fraturas do tipo coesivas, ocorrendo tanto em resina como em dentina.

Contrariando estudos anteriores<sup>57</sup>, Nakajima et al.<sup>35</sup>, estudando as falhas, determinaram que o teste de microtração não foi eficiente em mostrar falhas adesivas. Segundo Braga et al.<sup>4</sup>, quando ocorre fratura coesiva na dentina, isto é devido à ausência de uniformidade de distribuição de estresse gerado durante o teste. Uma concentração de estresse elevado pode iniciar uma fratura coesiva por defeitos no substrato da dentina. No trabalho acima citado, os autores cogitaram que a espessura do filme do adesivo deve ter proporcionado distribuição mais homogênea do estresse produzido pela interface aderida, impedindo fratura coesiva.

Desde 1982, Nakabayashi et al.<sup>33</sup> afirmavam que a formação da camada híbrida produzia um aumento na resistência de união da resina composta a dentina. Para Gwinnett et al.<sup>25</sup>, a hibridização dentinária é de

particular importância para otimizar resultados de adesão. Bouillaguet et al.<sup>3</sup> encontraram uma zona bem desenvolvida de resina impregnada (camada híbrida) de 2 a 4µm com o sistema Scotchbond MP Plus. O fato de que as camadas híbridas, observadas por Yoshiyama et al.<sup>71</sup>, foram mais espessas na dentina coronária do que na dentina radicular mas que as resistências de união foram geralmente semelhantes, sugere que não há correlação entre resistência de união e espessura e, também, segundo Prati et al.<sup>51</sup>, morfologia de camada híbrida, de acordo com observações prévias<sup>71,51</sup>. Segundo Yoshiyama et al.<sup>71</sup>, especula-se, provavelmente, que camadas híbridas muito finas, apenas envolvendo a porção superior (0,1 – 0,2µm) de dentina intacta, poderiam apresentar elevadas resistências de união. Os resultados obtidos usando sistemas adesivos *self-etching/self-priming* indicam que elevada resistência de união pode ser obtida com camadas híbridas finas e transicionais. Van Meerbeek et al.<sup>65</sup> evidenciaram, através de microscopia de transmissão, uma camada híbrida morfolologicamente bem organizada para o sistema Optibond, enquanto que, para o Scotchbond MP, observaram uma zona híbrida com ultra-estrutura mais variável.

Tem sido questionado se a resistência de união “in vitro” refletirá na resistência de união da dentina “in vivo”<sup>19</sup>. Para Braga et al.<sup>4</sup> e Finger<sup>19</sup>, o teste da resistência adesiva é um parâmetro incerto para prever a performance clínica, a longo prazo, dos sistemas adesivos. No entanto, provas laboratoriais são, indispensavelmente, importantes para a reunião

de informações a curto período de tempo, em volta de algumas propriedades específicas. Segundo Watanabe e Nakabayashi<sup>69</sup>, condições experimentais padronizadas “in vitro” que possam simular condições “in vivo”, como as forças intra-orais, estão ainda sobre investigações.

Uma vez que as forças aplicadas clinicamente nas restaurações ou dentes são de natureza complexa, desta forma nem tração nem cisalhamento, simulam as forças intra-orais. Além disso, de acordo com Finger<sup>19</sup>, o padrão de estresse normalmente, produzido pela maioria dos testes laboratoriais “in vitro” é muito diferente de um desenvolvido na cavidade oral, onde consideráveis estresses são gerados, resultando freqüentemente em desadaptação. Para o autor, apesar da similaridade, encontrada na literatura para resultados de resistência de união “in vivo” e “in vitro”, a significância clínica das formas de resistência de união permanecem questionáveis. Trabalho recente de Kina<sup>29</sup> não encontrou diferença estatisticamente significativa entre resultados “in vivo” e “in vitro”, apesar dos grupos “in vitro” apresentarem valores de resistência de união superiores aos grupos “in vivo”. Além disso, Ferrari et al.<sup>17</sup>, em 1996, já encontravam similaridade na morfologia da camada híbrida entre os experimentos “in vivo” e “in vitro”. Pameijer e Louw<sup>38</sup> mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa, quanto aos valores de resistência de união entre os materiais, em relação à presença ou não de pressão pulpar nos túbulos dentinários.

Numa correlação entre resistência adesiva e microinfiltração, segundo Braga et al.<sup>4</sup>, diversos autores demonstraram que materiais com altos valores de resistência adesiva mostraram também menos microinfiltração. Contudo, devido a variações no substrato dentinário, esta relação não foi Linear<sup>4</sup>. Pereira et al.<sup>47</sup> e Guzmán-Ruiz et al.<sup>23</sup> não conseguiram mensurar nenhuma correlação entre resistência adesiva e nanoinfiltração. No entanto, a possibilidade de existência desta relação não pode ser descartada. Para isto, serão necessários futuros estudos que desenvolvam estes métodos para investigar melhor a relação entre resistência adesiva e infiltração (Guzmán-Ruiz et al.<sup>23</sup>).

Com relação à performance clínica dos adesivos dentinários, é de bom senso selecionar um produto para uso clínico com bases em suas resistências de união, desde que nenhum importante dado de avaliação a longo prazo seja aproveitado na prática.<sup>19</sup>

Van Meerbeek et al.<sup>66</sup>, em estudos mais recentes, mostraram a importância dos testes laboratoriais, por serem capazes de prever o desempenho clínico dos materiais adesivos. Segundo Retief<sup>53</sup>, embora os resultados dos testes laboratoriais de adesão não possam ser extrapolados clinicamente, servem como uma projeção da performance clínica do material estudado.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e a metodologia empregada, pode-se concluir que:

1. Os valores de resistência de união encontrados foram mais elevados, homogêneos e previsíveis para os sistemas universais simplificados ( G1 e G2 ), que utilizaram o condicionamento ácido prévio, do que para os grupos dos sistemas auto-condicionantes ( G3 e G4).
2. Os sistemas universais simplificados e auto-condicionantes apresentaram, também, comportamentos diferentes quanto aos modos de fraturas. Sendo que 87% dos modos de fraturas dos grupos universais simplificados foram distribuídas entre adesiva e coesiva da resina e nos grupos dos auto-condicionantes a maioria das fraturas foram do tipo adesiva.
3. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos G1 e G2 ( $p > 0,05$ ) e nem entre os grupos G3 e G4, quanto aos valores de resistência de união.
4. Apesar das vantagens dos sistemas adesivos auto-condicionantes quanto à simplificação da técnica e controle da permeabilidade dentinária, fator importante no processo de



adesão, estes sistemas ainda necessitam ser avaliados a longo prazo.

## Referências Bibliográficas\*

1. ARMSTRONG, S.R.; BOYER, D.B.; KELLER, J.C. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.14, n.1, p.44-50, Jan.1998.
2. BARATIERI, L.N. et al. Colagem de fragmento dental. In :\_\_\_\_\_. **Estética: restaurações adesivas em dentes anteriores fraturados.** São Paulo : Livraria Editora Santos, 1995. cap.6, p.137-205.
3. BOUILLAGUET, S.; GYSI, P.; WANTAHA, J.C.; CIUCCHI, B.;CATTANI, M.; GOBIN, C.H.; MEYER, J.M. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step and self-etching adhesive systems **J. Dent.**, Bristol, v. 29, n. 1, p. 55-61, Jan. 2001.
4. BRAGA, R.R.; CESAR, P.F.; GONZAGA, C.C. Tensile bond strength of filled and unfilled adhesives to dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 3, n. 3, p. 73-76, Apr. 2000.
5. BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 34, n. 6, p. 849-853, Dec. 1955.

\*ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** informação e documentação- referências-elaboração. Rio de Janeiro,2002. 24p

6. CAMPUS, G.; LALLAI, M.R.; MILIA, E. Resin adhesion to different dentin substrates. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.76, sp. iss., p.280,1997. Abstract 2136.
7. CARDOSO, P.E.C.; BRAGA, R.R.; CARRILHO, M.R.O. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.14, n. 6, p.394-398, 1998.
8. CARVALHO, R.M.; SANO, H.; CIUCHI, B.; YOHAMA, M.; PASHLEY, D.H. Determinação da resistência adesiva a dentina através de um dispositivo de micro-tração. **Rev. Fac. Odontol. Bauru**, Bauru, v. 2, n. 3, p. 77-82, Jul. 1994.
9. CASTRO, F.L.A. **Efeito da clorescidina a 2% na força de união da resina composta à dentina tratada com três sistemas adesivos**. 2001. 227 f. Tese (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.
10. CEBALLOS, L.; CAMEJO, D.G.; FUENTES, M.V.; OSORIO, R.; TOLEDANO, M.; CARVALHO, R.M.; PASHLEY, D.H. Microtensile bond strength of total-etch and self-etching adhesives to caries-affected dentine. **J. Dent.**, Bristol, v. 31, n. 7, p. 469-477, Sept. 2003.

11. CHAPPEL, R.; SCHREINER, R.; GLAROS, A.; EICK, J. Pilot study to determine sample size for micro-tensile testing. **J Dent. Res.**, Chicago, v. 76, sp. iss., p. 38, 1997. Abstract 193.
12. CHARTON, D.G.; BEATTY, M.W. The effect of dentin surface moisture and bond strength to dentin bonding agents. **Oper. Dent.**, Seattle, v.19, p.154-158, 1994.
13. COSTA, C. A. S.; HEBLING, J.; HANKS, C.T. Current status of pulp capping with dentin adhesive systems: a review. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.16, n.3, p.188-197, May. 2000.
14. CRIM, G.A.; GARCIA-GODOY, F. Microleakage: the effect of storage and cycling duration. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v.57, n.5, p.574-576, May. 1987.
15. CRIM, G.A.; SWARTS, M.L.; PHILLIPS, R.W. Comparison of four thermocycling techniques. **J. Prosthet. Dent.**, Saint Louis, v.53, n.1, p.50-53, Jan. 1985.
16. DOGON, I. L.; NATHANSON, D.; VAN-LEEUEWEN, M.I. A long term clinical evaluation of class IV acid etched composite resin restorations. **Compend. Contin. Educ. Dent.**, Jamesburg, v.1, n. 6, p.385-390, Nov./ Dec. 1980.
17. FERRARI, M.; CAGIDIACO, M.C.; MANNOCCI, F.; DAVIDSON, C.L. In vivo and in vitro microscopic evaluations of three dentin-enamel bonding systems. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.75, sp. iss., p.396, 1996. Abstract 3032.

18. FERRARI, M.; MANNOCCI, F.; VICHI, A.; DAVIDSON, C.L. Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in classe V restorations. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 10, n. 2, p. 66-70, Apr. 1997.
19. FINGER, W.J. Dentin bonding agents. Relevance of in vitro investigations. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 1, sp. iss, p. 184-188, Sept. 1988.
20. FRANKENBERGUER, R.; PERDIGÃO, J.; ROSA, B.T.; LOPES, M. **Dent. Mater**, Copenhagen, v. 17, n. 5, p. 373-380, Sept. 2001.
21. FREITAS, C.R.B. **Avaliação da microinfiltração marginal e da resistência adesiva em dentes restaurados com inlays de resina composta. Efeito da hibridização imediata do preparo cavitário.** 2004. 149 f. Tese (Mestrado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004.
22. FUSAYAMA, T. J.; NAKAMURA, M.; KUROSAKI, N.; IWAKU, M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J. Dent. Res**, Chicago, v. 58, n. 4, p. 1364-1370, Apr. 1979.
23. GUZMÁN- RUIZ, S.; ARMSTRONG, S.R.; COBB, D.S.; VARGAS, M.A. Association between microtensile bond strength and leakage in the indirect resin composite/ dentin adhesively bonded joint. **J.Dent.**, Bristol, v.29, n.2, p.145-153, Feb. 2001

24. GUZMÁN SIERPINSKI, L. M. **Avaliação "in vitro" da resistência de união em dentina irradiada com Laser de Ex; yag, mediante a aplicação de diferentes sistemas adesivos.** 2002. 117 f. Tese (Mestrado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.
25. GWINNETT, A.J. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.6, n.1, p.7-9, Feb. 1993.
26. HEYMANN, H. O.; BAYNE, S.C. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 124, n. 5, p. 26-36, May.1993.
27. INOUE, S.; VARGAS, M.A.; ABE, Y.; YOSHIDA, Y.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G.; VAN MEERBEEK, B. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. **J. Adhes. Dent.**, New Malden, v.3, n. 3, p. 237-245, Fall 2001.
28. KANCA III, J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. **Quintessence Int.**, Berlin, v.23, n.1, p.39-41, 1992.
29. KINA, J. F. **Influência da smear layer e da condição de tratamento da dentina (In vivo e In vitro) sobre a resistência de união.** 2004. 146 f. Tese (Mestrado em Dentística Restauradora)- Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.

30. LUCHTERHANDT, T.; FREY, O.; HANSEN, M.; RICHTER, R. Compararison of micro-and macro tensile bond strength tests. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 80, sp. iss., p.528, 2001. Abstract 0012.
31. MARSHALL Jr., G. W.; MARSHALL, S. J.; KINNEY, J. H. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. **J. Dent.**, Bristol, v. 25, n. 6, p. 441-458, Nov. 1997.
32. MAY, R. Influence of tooth treatment to bond strength of resin-modified. GIC. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 76, sp. iss, p. 313, 1997. Abstract 2397.
33. NAKABAYASHI, N.; KAJIMA, K.; MASUHARA, K. The promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v. 16, n. 3, p. 265-273, May. 1982.
34. NAKAJIMA, M.; SANO, H.; TAGAMI, J.; PASHLEY, D. H. Tensile bond strength to caries-affected dentin. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 76, sp. iss., p. 416, 1997. Abstract 3223.
35. NAKAJIMA, M.; SANO, H.; BURROW, M. F.; TAGAMI, J.; YOSHIYAMA, M.; EBISU, S.; CIUCCHI, B.; RUSSELL, C. M.; PASHLEY, D. H. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-affected dentin using dentin adhesives. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 74, n. 10, p. 1679-1688, Oct. 1995.
36. OGATA, M., HARADA, N.; YAMAGUCHI, S.; NAKAJIMA, M.; TAGAMI, J. Effect of self-etching primer vs phosphoric acid etching

- on bonding to bur-prepared dentin. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 27, n. 5, p. 447-454, Sept. /Oct. 2002
37. OGATA, M.; OKUDA, M.; NAKAJIMA, M.; PEREIRA, P.N.R.; SANO, H.; TAGAMI, J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 26, n. 1, p. 27-35, Jan./Feb. 2001.
38. PAMEIJER, C.H.; LOUW, N.P. Significance of pulpal pressure during "in vivo" dentin bonding. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.76, p.38, 1997.
39. PASHLEY, D.H.; CARVALHO, R.M. Dentine permeability and dentine adhesion. **J. Dent.**, Bristol, v. 25, n. 5, p. 355-372, Sept. 1997.
40. PASHLEY, D.H.; SANO, H.; CIUCCHI, B.; YOSHIYAMA, M.; CARVALHO, R.M. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 11, n. 2, p. 117-125, Mar. 1995.
41. PASHLEY, D.H.; CARVALHO, R.M.; SANO, H.; NAKAJIMA, M.; YOSHIYAMA, M.; SHONO, Y.; FERNANDES, C.A. The microtensile bond test: a review. **J. Adhes. Dent.**, New Malden, v.1, n.4, p.299-309, Winter. 1999.
42. PAUL, S.J.; LEACH, M.; RUEGGEBERG, F.A.; PASHLEY, D.H. Effect of water content on the physical properties of model dentine



- primer and bonding resins. **J. Dent.**, Bristol, v. 27, n. 3, p. 209-214, Mar. 1997.
43. PERDIGÃO, J.; LOPES, M. Dentin bonding-Questions for the new millennium. **J. Adhes. Dent.**, New Malden, v. 1, n. 3, p. 191-209, Autumn 1999.
44. PERDIGÃO, J.; DUARTE, S.JR.; LOPES, M.M. Advances in dentin adhesion. **Compend. Contin. Educ. Dent.**, Jamesburg, v.24, suppl. 8, p. 10-16, Aug. 2003.
45. PERDIGÃO, J.; FRANKENBERGER, R.; ROSA, B.T.; BRESCHI, L. New trends in dentin/enamel adhesion. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.13, sp. iss., p.25D-30D, Nov. 2000.
46. PERDIGÃO, J.; SWIFT Jr., E.J.; DENEHY, G.E.; WEFEL, J.S.; DONLY, K.J. In vitro bond strength and SEM evaluation of dentin bonding Systems to different dentin substrates. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.73, n.1, p.44-45, Jan. 1994
47. PEREIRA, P.N.R.; OKUDA, M.; NAKAJIMA, M.; SANO, H.; TAGAMI, J.; PASHLEY, D.H. Relationship between bond strengths and nanoleakage: Evaluation of a new assessment method. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 14, n. 2, p. 100-104, Apr. 2001.
48. PEREIRA, P.N.R.; OKUDA, M.; YOSHIKAWA, T.; SANO, H.; BOSCHIAN, L.; BURRON, M.; INOKOSHI, S.; YAMADA, T.; TAGAMI, T. Effect of water and regional difference on dentin bond

- strength. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 76, sp. iss, p. 20, 1997.  
Abstract 56.
49. PHRUKKANON, S.; BURROW, M.; TYAS, M.J. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.14, n.2, p.120-128, Mar. 1998
50. PHRUKKANON, S.; BURROW, M.; TYAS, M.J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.14,n.3, p.212-221, Jun. 1998.
51. PRATI, C.; CHERSON, S.; MONGIORGI, R.; PASHLEY, D.H. Resin- infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. **Oper. Dent.**, Seattle, v.23, n.4, p. 185-194, July/Aug. 1998.
52. REIS, A.; LOGUEIRCIO, A.D.; AZEVEDO, C.L.; CARVALHO, R.M.; JULIO SINGER, M.; GRANDE, R.H. Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. **J. Adhes. Dent.**, New Malden, v. 5, n. 3, p. 183-192, Fall 2003.
53. RETIEF, H. Standardizing laboratory adhesion tests. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 4, n. 5, p. 231-236, Oct. 1991.
54. 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.

55. SANO, H.; CIUCCHI, B.; MATTHEWS, W.G.; PASHLEY, D.H. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 73, n. 6, p. 1205-1211, June. 1994.
56. 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.
57. SANO, H.; SHONO, T.; SONODA, H.; TAKATSU, T.; CIUCCHI, B.; CARVALHO, R.; PASHLEY, D.H. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength. Evaluation of a microtensile bond test. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 10, n. 4, p. 236-240, July. 1994.
58. SCHREINER, R.; CHAPPEL, R.; EICK, J. Microtensile testing of dentin adhesives. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 76, sp. iss, p. 280, 1997. Abstract 2133.
59. SHONO, Y.; OGAWA, T.; TERASHITA, M.; CARVALHO, R.M.; PASHLEY, E.L.; PASHLEY, D.H. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 78, n. 2, p. 699-705, Feb. 1999.
60. SWIFT Jr., E.J.; BAYNE, S.C. Shear bond strength of a new bottle adhesive. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 10, n. 4, p. 184-188, Aug. 1997.

61. TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.9, n.1, p.43-8, Feb. 1996.
62. TELLES, P.D.S.; MACHADO, M.A.A.M.; NÖR, J.E. SEM study of a self-etching primer adhesive system used for dentin bonding in primary and permanent teeth. **Pediatr. Dent.**, Chicago, v. 3, n. 4, p. 315-320, July/Aug. 2001.
63. TOAUTI, B. Introdução às restaurações cerâmicas. In:\_\_\_\_\_.
- Odontologia estética e restaurações cerâmicas.** São Paulo: Editora Santos, 2000. p. 1-7.
64. TOLEDANO, C.; FERNANDES, L.; CEBALLOS, M.V.; FUENTES, F.; TAY, R.; OSORIO, R.; CARVALHO, R.M. Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 80, sp. iss., p. 528, 2001. Abstract 0015.
65. VAN MEERBEEK, B.; YOSHIDA, Y.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G.; DUKE, E.S.; EICK, J.D.; ROBINSON, S.J. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. **J. Dent. Res.**, Chicago, v. 77, n. 1, p. 50-59, Jan. 1998.
66. VAN MEERBEEK, B.; MUNCK, J.; YOSHIDA, Y.; INOUE, S.; VARGAS, M.; VIJAY, P.; VAN LANDUYT, K.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. Buonocore memorial lecture-adhesion to enamel

- and dentin: current status and future challenges. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 28, n. 3, p. 215-235, May/June 2003.
67. VAN NOORT, R.; CARDEW, G.E.; HOWARD, I.C.; NOROOZI, S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. **J. Dent Res.**, Chicago, v. 70, n. 5, p. 889-893, May. 1991.
68. VAN NOORT, R.; NOROOZI, S.; HOWARD, I.C.; CARDEW, G. A critique of bond strength measurements. **J. Dent.**, Bristol, v. 17, n. 2, p. 61-67, May. 1989.
69. WATANABE, I.; NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. **J. Dent.**, Bristol, v. 22, n. 2, p. 67-72, Mar. 1994.
70. WATANABE, I.; NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. Bonding to ground dentin by a Phenyl-P self-etching primer. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.73,n.6, p.1212-1220, June. 1994.
71. YOSHIYAMA, M.; MATSUO, T.; EBISU, S.; PASHLEY, D. Regional bond strength of self-etching/self-priming adhesive systems. **J. Dent.**, Bristol, v. 26, n.7, p. 609-616, Sep. 1998.
72. YOSHIYAMA, M.; URAYAMA, A.; KIMOCHI, T.; MATSUO, T.; PASHLEY, D.H. Comparasion of conventional vs self-etching adhesive bonds to caries- affected dentin. **Oper. Dent.**, Seattle, v.25, p.163-169, 2000.

73. 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.**, Chicago, v. 75, n. 6, p. 1404-1413, June 1996.
74. YOU, C.; CHOI, B.C.; POWERS, J.M. Bonding of composite to moist and dry cementum and dentin. **J. Dent. Res.**, Chicago, v.76, p.65, 1997.

## 9. Apêndices

### Apêndice A : Dados de resistência adesiva e modo de fratura

Tabela A1. Valores de resistência adesiva, em MPa, obtidos em amostras do Grupo 1 (Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>) e os respectivos modos de fratura.

Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura	Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura
1	1	40,93	adesiva	3	1	38,19	coesiva da resina
1	2	36,15	coesiva da dentina	3	2	44,15	coesiva da resina
1	3	23,74	coesiva da resina	3	3	31,51	coesiva da resina
1	4	27,73	coesiva da resina	3	4	24,93	adesiva
1	5	27,79	coesiva da resina	3	5	39,51	coesiva da resina
1	6	55,82	coesiva da dentina	3	6	35,32	adesiva
1	7	45,29	coesiva da resina	3	7	46,35	coesiva da resina
1	8	32,23	adesiva	3	8	53,96	mista
2	1	23,86	coesiva da resina	4	1	23,07	adesiva
2	2	19,46	coesiva da resina	4	2	11,76	coesiva da dentina
2	3	26,13	coesiva da resina	4	3	14,98	adesiva
2	4	35,54	coesiva da resina	4	4	11,26	adesiva
2	5	48,23	coesiva da resina	4	5	21,51	adesiva
2	6	33,21	adesiva	4	6	15,52	coesiva da resina
2	7	27,34	coesiva da resina	4	7	14,59	adesiva
2	8	55,42	coesiva da resina	4	8	23,12	adesiva

Tabela A2. Valores de resistência adesiva, em MPa, obtidos em amostras do Grupo 2 (Single Bond™) e os respectivos modos de fratura.

Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura	Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura
1	1	38,32	adesiva	3	1	29,82	coesiva da resina
1	2	29,69	adesiva	3	2	49,04	coesiva da resina
1	3	14,13	adesiva	3	3	56,17	coesiva da dentina
1	4	44,53	coesiva da resina	3	4	29,69	adesiva
1	5	27,67	adesiva	3	5	37,82	adesiva
1	6	38,75	adesiva	3	6	44,96	coesiva da resina
1	7	32,71	adesiva	3	7	43,7	coesiva da resina
1	8	30,74	coesiva da resina	3	8	33,56	adesiva
2	1	32,74	adesiva	4	1	34,92	coesiva da resina
2	2	33,78	adesiva	4	2	29,79	coesiva da resina
2	3	29,67	mista	4	3	39,3	coesiva da resina
2	4	39,9	adesiva	4	4	25,25	adesiva
2	5	27,31	mista	4	5	26,14	coesiva da resina
2	6	45,64	adesiva	4	6	40,32	adesiva
2	7	31,82	adesiva	4	7	34,06	adesiva
2	8	42,4	adesiva	4	8	30,61	coesiva da dentina



Tabela A3. Valores de resistência adesiva, em MPa, obtidos em amostras do Grupo 3 (AdheSE<sup>®</sup>) e os respectivos modos de fratura.

Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura	Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura
1	1	9,53	mista	3	1	8,07	adesiva
1	2	22,16	adesiva	3	2	0,00	adesiva
1	3	9,8	adesiva	3	3	0,00	adesiva
1	4	12,54	mista	3	4	0,00	adesiva
1	5	0,00	adesiva	3	5	0,00	adesiva
1	6	0,00	adesiva	3	6	0,00	adesiva
1	7	0,00	adesiva	3	7	0,00	adesiva
1	8	0,00	adesiva	3	8	0,00	adesiva
2	1	0,00	adesiva	4	1	3,83	adesiva
2	2	0,00	adesiva	4	2	28,53	adesiva
2	3	0,00	adesiva	4	3	5,45	adesiva
2	4	0,00	adesiva	4	4	4,58	adesiva
2	5	0,00	adesiva	4	5	11,9	adesiva
2	6	0,00	adesiva	4	6	17,61	adesiva
2	7	0,00	adesiva	4	7	20,39	adesiva
2	8	0,00	adesiva	4	8	14,23	adesiva
5	1	28,26	adesiva	6	1	20,73	adesiva
5	2	33,05	coesiva da resina	6	2	26,89	coesiva da dentina
5	3	0,53	adesiva	6	3	19,05	mista
5	4	29,29	adesiva	6	4	17,41	adesiva
5	5	16,59	adesiva	6	5	12,51	adesiva
5	6	18,2	adesiva	6	6	25,37	adesiva
5	7	26,54	coesiva da resina	6	7	22,44	adesiva
5	8	33,21	adesiva	6	8	17,12	adesiva

Tabela A4. Valores de resistência adesiva, em MPa, obtidos em amostras do Grupo 4 (Adper™ Prompt™ L-Pop™) e os respectivos modos de fratura.

Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura	Dente	Espécime	Resistência	Modo de fratura
1	1	13,14	adesiva	3	1	18,24	adesiva
1	2	15,51	adesiva	3	2	14,06	adesiva
1	3	0,00	adesiva	3	3	10,5	adesiva
1	4	0,00	adesiva	3	4	0,00	adesiva
1	5	0,00	adesiva	3	5	0,00	adesiva
1	6	0,00	adesiva	3	6	0,00	adesiva
1	7	0,00	adesiva	3	7	0,00	adesiva
1	8	0,00	adesiva	3	8	0,00	adesiva
2	1	15,48	adesiva	4	1	16,1	adesiva
2	2	31,18	adesiva	4	2	13,75	adesiva
2	3	12,15	adesiva	4	3	44,87	adesiva
2	4	33,65	adesiva	4	4	20,38	adesiva
2	5	6,64	adesiva	4	5	22,68	adesiva
2	6	0,00	adesiva	4	6	20,27	adesiva
2	7	0,00	adesiva	4	7	25,9	adesiva
2	8	0,00	adesiva	4	8	36,97	adesiva
5	1	11,56	adesiva	6	1	36	adesiva
5	2	26	adesiva	6	2	24,21	adesiva
5	3	4,07	adesiva	6	3	11,08	adesiva
5	4	3,78	adesiva	6	4	8,95	adesiva
5	5	30,14	adesiva	6	5	11,69	adesiva
5	6	27,48	adesiva	6	6	30,86	adesiva
5	7	8,11	adesiva	6	7	0,00	adesiva
5	8	31,05	adesiva	6	8	0,00	adesiva

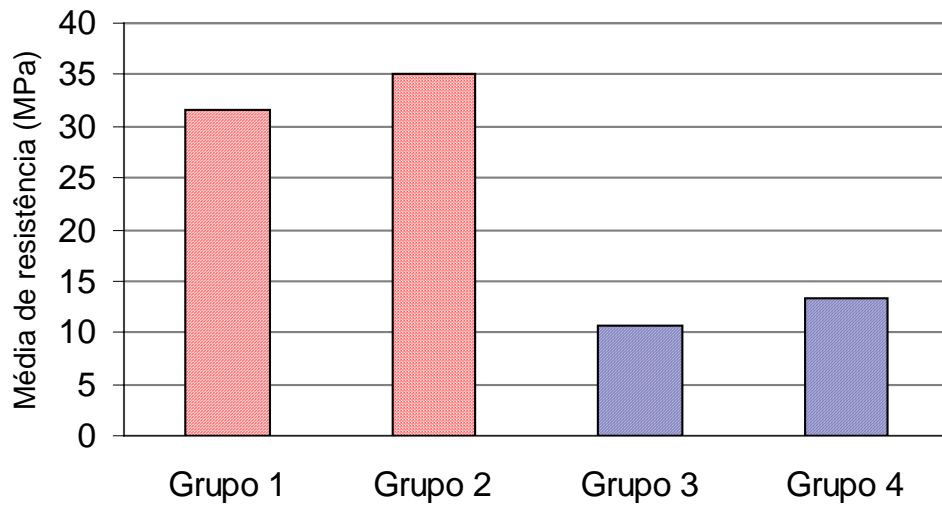
**Apêndice B**

Figura B1- Representação gráfica de médias de resistência adesiva de acordo com os grupos experimentais.

XAVIER, C.C.G. *Análise “in vitro” da resistência de união da resina composta à dentina tratada com diferentes sistemas adesivos*. 2005. 157f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

## **Resumo**

Este trabalho teve como objetivo avaliar “in vitro” a força de união da resina composta à dentina tratada com quatro adesivos dentinários, sendo dois sistemas universais simplificados (G1- Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>/ Dentsply, G2- Single Bond<sup>™</sup>/ 3M) e dois auto-condicionantes (G3- AdheSE<sup>®</sup>/ Vivadent, G4- Adper<sup>™</sup>- Prompt<sup>™</sup>L-Pop<sup>™</sup>/ 3M). Para a realização deste estudo, foram selecionados 20 terceiros molares humanos íntegros e livres de cárie, que tiveram suas superfícies oclusais cortadas em 3mm. Após o corte, cada grupo de dentes receberam seus respectivos sistemas de tratamento adesivo, pré-selecionados. Todas as amostras de dentes foram restauradas com a resina composta Tetric Ceram<sup>®</sup> / IvoclarVivadent, termocicladas em 550 ciclos e cortadas. Dessa forma, obtendo-se espécimes de 1,0mm<sup>2</sup> ±0,1mm<sup>2</sup> que foram levados a uma Máquina de Teste Universal onde foi realizado o ensaio de microtração. Os tipos de fraturas foram analisados, mediante microscopia óptica (40X) e as fraturas mais representativas foram levadas à microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que os sistemas universais simplificados (G1 e G2) apresentaram valores de resistência de união mais elevados do que os sistemas auto-condicionantes (G3 e G4). A maioria das fraturas encontradas foram do tipo adesiva para os grupos G3 e G4, enquanto nos grupos G1 e G2 87% dos modos de fraturas foram distribuídas entre adesivas e coesivas da resina.

**Palavras chave:** adesivos dentinários; resistência à tração; universal simplificado; auto – condicionante.

XAVIER, C.C.G. *"In vitro" evaluation of the bond strength of composite resin to dentin treated with different types of adhesives systems.* 2005. 157f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

## **Abstract**

This work had with aim to evaluate "in vitro" the bond strength of composite resin to dentine bonded with four dentin adhesives. In this study, were used two one-step adhesive systems (G1- Prime & Bond<sup>®</sup> NT<sup>™</sup>/Dentsply, G2- Single Bond<sup>™</sup>/ 3M) and two self-etching adhesive systems (G3- AdheSE<sup>®</sup> /Vivadent, G4- Adper<sup>™</sup>Prompt<sup>™</sup>L-Pop<sup>™</sup>/3M). For this, were chosen twenty human healthy third molars, that had their occlusal surfaces cut in 3mm. After the cut, each group of teeth received their respective adhesive systems, even then chosen. All the samples were restored with the composite Tetric Ceram<sup>®</sup> / IvoclarVivadent, thermocycled 550 times and cut. Then, obtaining specimens of  $1,0\text{mm}^2 \pm 0,1\text{mm}^2$  that were made a test of micro tensile bond strength in a Universal Test Machine. The fractures were analyzed in a optical microscope (40X), and the more representative fractures were then analyzed at scanning electronic microscope. The results revealed that the one-step adhesive systems (G1 and G2) showed higher values of bond strength compared to the self-etching adhesive systems (G3 and G4). The fractures more common were the adhesive type in the G3 and G4 groups, while in the G1 and G2 groups, 87% of the fractures were the adhesive and cohesion of resin types.

**Keywords** : dentin adhesives, tensile bond strength, one-step, self-etching.