

RAMIRO CHAVASCO FERREIRA FILHO

**SISTEMAS ADESIVOS CONVENCIONAIS**

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Odontologia de  
Piracicaba, da Universidade  
Estadual de Campinas, para  
obtenção do Título de Especialista  
em Dentística Restauradora.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giannini

372

UNICAMP / FOP  
BIBLIOTECA

Piracicaba  
2007

Unidade FOP/UNICAMP	
N. Chamada	F413s
Vol.	Ex.
Tombo BC/	

Unidade - FOP/UNICAMP

TOE/UNICAMP

F413s Ed.

Vol. Ex.

Tombo 4748

C  D

Proc 16 P. 134/2000

Preço R\$ 13,00

Data 13/04/2010

Registro 267440

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

F413s	<p>Ferreira Filho, Ramiro Chavasco. Sistemas adesivos convencionais. / Ramiro Chavasco Ferreira Filho. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2007. 48f. : il.</p> <p>Orientador: Marcelo Giannini. Monografia (Especialização) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Dentística. 2. Adesivos dentários. I. Giannini, Marcelo. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">(mg/fop)</p>
-------	--



1290004748

TCE/UNICAMP

F413s

FOP

Dedico este trabalho à meu pai e  
minha mãe pelo esforço incansável  
para minha formação.

À meu irmão Felipe pela colaboração  
constante.

À minha namorada Daniela pela  
compreensão dos momentos  
ausentes, para que fosse concluído  
com louvor este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus,**

ao meu Professor Orientador **Dr. Marcelo Giannini**, pelos ensinamentos transmitidos, pela dedicação, pela orientação e pela amizade.

Aos Professores **Dr. José Roberto Lovadino, Dr. Luiz Alexandre Paulillo e Dr. Raul Sartini**, que souberam transmitir seus conhecimentos com dedicação e competência Minha sincera admiração e respeito.

Ao amigo **Paulo Vermelho** que, gentilmente, contribuiu para a realização deste trabalho.

Aos colegas da turma, pela amizade.

Aos pacientes, que foram meu "instrumento de aprendizagem".

*“... parece que uma mistura homogênea  
entre substrato dentinário e polímero  
tem ocorrido...”*

Nakabayashi, 1982

## RESUMO

Os materiais odontológicos sofrem mudanças rotineiramente, pois a Odontologia propriamente dita tem buscado incansavelmente um material restaurador que seja ideal para realizar a união entre a estrutura dental e a restauração, impedindo infiltrações marginais e futuras cáries recorrentes. Porém existem formas de minimizar as falhas que possam ocorrer, mas afirmar que estas falhas não ocorreram em função dos materiais, ainda não se pode ter certeza, pois ainda não existe nenhum material com tais características. Contudo, muitos produtos chegam ao mercado odontológico causando inúmeras dúvidas aos dentistas, já que as mudanças são constantes e muitas vezes a comprovação clínica fica comprometida devido ao curto tempo de utilização de determinado material. Um dos propósitos deste trabalho é mostrar estas mudanças, como exemplo, temos os adesivos de três passos que foram substituídos pelo de dois passos, e atualmente está comprovado que o de três passos tem valores maiores de adesão que o de dois, voltando este a ser utilizado com maior eficiência. Para que a evolução dos adesivos seguisse uma linha de raciocínio foram criadas duas classificações, a primeira que segue a modernização dos adesivos e uma segunda que se trata da forma de condicionamento do dente, se com condicionamento total em toda a superfície do dente ou com utilização de um adesivo que tenha em sua formulação um *primer* autocondicionante. Dentro desse estudo foi demonstrado que cada tipo de adesivo possui sua particularidade, sendo muito importante a seqüência de utilização do material e suas propriedades, para que haja uma maior eficácia nos resultados de união entre dente e restauração.

## **ABSTRACT**

The dental materials continuously suffer changes, because the Dentistry has been looking for an ideal restoring material tirelessly to accomplish the union between the dental structure and the restoration, impeding marginal infiltrations and future appealing decays. However there are forms of minimizing the flaws that can happen, but to affirm that these fail didn't happen in function of the materials, still one cannot be sure, because there isn't any material with such characteristics. However, many products arrive to the dental market causing the dentists countless doubts, since the changes are verified and a lot of times the clinical proof is committed due to the short certain time of using material. One of the purposes of this work is to show these changes, as example, we have the stickers of three steps that they were substituted by the two steps, and now it is proven that the one of three steps has larger values of adhesion than the one of two, returning this to be used with larger efficiency. So that the evolution of the stickers followed a reasoning line two classifications were created, the first that it proceeds the modernization of the stickers and a second that is treated in the way of conditioning of the tooth, if with total-etch in the whole surface of the tooth or with use of a sticker that has in its formulation a self-etching primer. Inside of that study it was demonstrated that each sticker type possesses its particularity, being very important to the sequence of use of the material and their properties, so that there is a larger effectiveness in the results between tooth and restoration.

## SUMÁRIO

Introdução.....	6
Revisão de Literatura.....	7
1.Esmalte.....	7
1.2 Considerações Clínicas.....	7,8
2. Adesão ao Esmalte.....	8,9 e10
3. Dentina.....	10
4. Smear Layer.....	12
5. Adesão a Dentina.....	13
6. União aos Substratos Dentais.....	15
7. Classificação dos Sistemas Adesivos.....	18
7.1 Classificação dos Sistemas por Gerações.....	18
7.2 Classificação Atual dos Sistemas Adesivos.....	25
8. Composição dos Sistemas Adesivos.....	27
8.1 Primers.....	27
8.2 Adesivo ou Bonding.....	28
9. Camada Híbrida.....	30
10. Modo de Ativação.....	32
11. Partículas de Carga.....	33
12. Liberação de Flúor.....	34
Discussão.....	35
Conclusão.....	38
Referências Bibliográficas.....	40

## Introdução

Os sistemas adesivos proporcionaram a odontologia grandes mudanças no que diz respeito à praticidade e novas perspectivas para a adesão de materiais na dentística restauradora, tornando-a mais conservadora, rápida e estética. Porém em outras especialidades os adesivos têm sido utilizados com grande frequência como na odontopediatria, ortodontia e prótese.

A função essencial dos adesivos odontológicos é manter unidos dois materiais de natureza igual ou diferente, aderindo à superfície de contato de cada um.

Os adesivos odontológicos que partem do princípio de um condicionamento ácido total da superfície, ou seja, aquele que remove todo o resto de detritos que ficaram do preparo como raspas de esmalte e dentina, sangue, saliva e microorganismos.

A técnica de condicionamento ácido total em esmalte foi introduzida por BUONOCORE em 1955. O condicionamento em esmalte aumenta o embricamento mecânico por meio de uma descalcificação seletiva, criando poros no esmalte. Este embricamento vai fazer com que a resina penetre nestes poros que foram formados que são chamados de "Tags", permitindo assim uma melhor adesão.

No entanto, irão existir preparos que terão seu término em dentina, onde a adesão fica prejudicada com a técnica de condicionamento ácido total, pois apesar da dentina ter a parte inorgânica semelhante à do esmalte, a mesma não apresenta tal semelhança no que se diz respeito à parte orgânica e morfológica com relação ao esmalte. Isto faz com que esta adesão não tenha a mesma resposta em dentina.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1 - Esmalte

O esmalte dental é o tecido mineralizado mais duro do corpo humano e recobre a coroa anatômica dos dentes, sendo mais espesso nos vértices das cúspides (máximo de 2,0 a 2,5mm) e mais delgado nas fôssulas, fissuras e região cervical. Esta dureza que é proporcionada pelo esmalte é fundamental para o corte e trituração dos alimentos, bem como para a proteção dos tecidos que dão suporte ao esmalte.

O esmalte dental é composto basicamente por uma estrutura prismática, onde os prismas variam em tamanhos de 4 a 7  $\mu\text{m}$  e são constituídos pela união de cristais de hidroxiapatita, que são a porção inorgânica do esmalte, originando os prismas de esmalte. Estes prismas começam na junção amelodentinária e dirigem-se para a superfície do esmalte, entrelaçando-se nos dois terços internos do tecido, geralmente alcançando a superfície externa em ângulo pouco menor que 90°, com exceção do terço cervical onde sua disposição é aleatória e irregular. A porção inorgânica (92%) do esmalte é formada basicamente por carbonato de apatita, cálcio e fosfato, sendo o restante dividido em 2% de porção orgânica e 6% de água (Silverstone et al. 1975).

Porém a porção mais externa do esmalte esta constituída principalmente pela porção orgânica, desprovida de prismas, pois os cristais apresentam se paralelos uns aos outros e perpendiculares à superfície externa do esmalte, sendo denominado dessa forma esmalte aprismático.

#### 1.2 – Considerações Clínicas

O trajeto dos prismas é muito importante nos preparos cavitários. Já que o esmalte é friável, não devendo, portanto ficar sem suporte, e quando se considera a retenção mecânica de um adesivo ao esmalte, a orientação dos prismas

também é de grande importância, quando será condicionado para promover retenção mecânica.

## **2 – Adesão ao Esmalte**

Para uma interação ser considerada ótima entre o material e o substrato, a superfície do esmalte que é lisa e uniforme, poderá transformada numa superfície irregular, com aplicação de um ácido, aumentando a sua energia de superfície. Sendo assim BUONOCORE, em 1955, baseado num princípio industrial, introduziu a técnica do condicionamento ácido no esmalte para modificar a superfície e facilitar as interações com os materiais. O condicionamento ácido do esmalte acarreta em um aumento da área de superfície para a adesão. São removidos aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  da superfície e são criados poros de 5 a 50 $\mu\text{m}$  de profundidade (GWINNETT et al.,1974; SILVERSTONE et al., 1975). Dessa forma, o adesivo aplicado, flui por capilaridade aos microporos criando uma retenção micromecânica no esmalte.

Quando o esmalte é condicionado por solução ácida são formados poros que funcionam como um sistema de canais nos quais o adesivo flui, penetrando formando um embricamento em prolongamentos resinosos denominados “tags”, que promovem uma união efetiva (GWINNETT, 1967; BUONOCORE et al., 1968; BRÄNNSTRÖM, 1977). Com o aumento da energia superficial, através das porosidades formadas, alguns tipos de agentes condicionadores foram analisados, mas o ácido fosfórico na concentração de 30 à 40% tem sido preferencial. Concentrações acima de 40% parecem dissolver menos cálcio e resultam em padrões morfológicos de ataque ácido com pior definição (MANSON-RAHEMTULLA et al., 1984). Já o precipitado de fosfato dicálcio dihidratado produzido pelo condicionamento com o ácido fosfórico numa concentração menor que 27% não é removido facilmente (CHOW, 1973). Conseqüentemente, a maioria dos produtos a base de ácido fosfórico comercializados atualmente têm uma concentração entre 30 e 40%.

O tempo de condicionamento foi reduzido dos tradicionais 60 segundos para 30, utilizando a concentração de 40% do ácido fosfórico por 15 segundos, pois estudos com microscopia eletrônica de varredura (SEM), tem demonstrado que este menor tempo promove a mesma rugosidade que no tempo de 60 segundos (NORDENVALL et al., 1980; BARKMEIER et al., 1986; BARKMEIER et al., 1993).

Outros tipos de ácidos e concentrações já foram estudadas como ácido fosfórico à 10%, ácido maléico à 10% e ácido nítrico à 2,5%, que condicionaram o esmalte tão efetivamente como o ácido fosfórico à 37% (SAUNDERS et al., 1991; GWINNETT, 1992; GWINNETT, 1992a). Porém alguns resultados obtidos *in vitro* mostram resultados mais baixos em esmalte condicionado com ácidos de menor concentração (SWIFT, 1993; TRIOLO et al., 1993). Com isso as conseqüências clínicas resultantes do condicionamento com ácidos de concentração mais baixa não são ainda completamente conhecidas. Clinicamente, estudos recentes mostraram que restaurações classe V condicionadas com ácido maléico a 10% apresentaram aumento na descoloração das margens de esmalte, no entanto, sem maiores conseqüências negativas com relação a retenção das restaurações (VAN MEERBEEK et al., 1996).

Nos últimos tempos poucas pesquisas recentes foram feitas sobre condicionamento ácido do esmalte, tendo este assunto praticamente esgotado. Porém é percebido que os problemas continuam acontecendo, pois trabalhos apontam para uma possível degradação da união da resina composta aos tecidos dentais ao longo do tempo na presença de água (DE MUCK et al., 2003; GIANNINI et al., 2003), levando a micro infiltração marginal, sensibilidade pós-operatória e cáries recorrentes ao redor da restauração.

A exposição do esmalte dental humano a diferentes tipos de agentes condicionadores e concentrações, bem como tempo variável, produz diferentes tipos de condicionamentos (SILVESTONE et al., 1975):

Padrão I - Padrão de condicionamento que envolve a remoção preferencialmente do núcleo dos prismas; os prismas periféricos permanecem relativamente intactos.

Padrão II – Padrão de condicionamento é o contrário do anterior, a periferia é removida e o núcleo mantém se intacto.

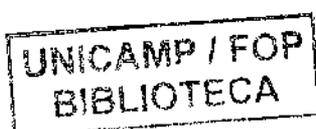
Padrão III – Quando ocorre desmineralização generalizada e a superfície não apresenta um padrão definido.

### 3 - Dentina

A dentina constitui grande parte do dente e é um substrato que é formado por 50% de material inorgânico, 30 % de material orgânico e 20% de água (MARSHALL et al., 1997). As entidades estruturais básicas da dentina são os prolongamentos odontoblásticos, túbulos dentinários, dentina peritubular e a dentina intertubular. A parte orgânica é composta por colágeno que corresponde a 95% do total, e os outros 5% são as proteínas não colagenosas muito importantes na manutenção da estrutura e reexpansão da rede de fibrilas de colágeno expostas pelo condicionamento ácido (PEREIRA et al., 2006). Com relação à porção inorgânica, a mesma é composta de cristais de hidroxiapatita (GAGE et al., 1989).

A dentina apresenta um aspecto tubular, sendo dirigidos perpendicularmente à superfície em relação ao plano oclusal. Sua quantidade e diâmetro têm uma variação média de acordo com a proximidade do tecido pulpar até a junção amelo-dentinária ou cemento, apresentando formato cônico e convergência para a polpa, sendo assim, a distribuição e densidade variáveis dependendo da localização e de possíveis alterações do tecido dentinário (GIANNINI et al., 2001).

Na porção mais profunda dentina, a densidade tubular é de 45.000 túbulos por mm<sup>2</sup>, enquanto que na dentina mais superficial esta densidade cai para 20.000 túbulos por mm<sup>2</sup>, sendo que na região amelo-dentinária a quantidade de túbulos chega a 10.000 por mm<sup>2</sup>. Com relação ao diâmetro dos túbulos, estes podem variar de 2,5 µm em dentina profunda a 0,9 µm próximo a junção amelo-dentinária na dentina mais superficial (GABEROGGIO & BRÄNNSTRÖM, 1976). Em 1959,



Kutller propôs uma classificação para identificar as várias formas de dentina, que foram divididas em 3 tipos básicos:

- Primária – Dentina original, normal e regular, a maior parte forma antes da erupção do dente.
- Secundária – Formada durante a vida clínica do dente, devido aos estímulos decorrentes da função biológica. Apresenta túbulos dentinários mais estreitos e tortuosos diferente da primária. Por isso a deposição dentinária faz com que o volume da câmara pulpar diminua com o passar dos anos.
- Terciária – Esta dentina se desenvolve quando ocorrem irritações pulpares mais intensas, como cárie, preparo cavitário, erosão, abrasão, irritações mecânicas, térmicas e elétricas. Apresenta túbulos irregulares, tortuosos, reduzidos em número ou mesmo ausentes. A irregularidade dos canalículos dentinários da dentina reparadora pode ser atribuída à morte dos odontoblastos ou a interferência metabólica, tanto das células sobreviventes, como nas recém diferenciadas (KUTLLER, 1959).

#### 4 - Smear Layer

O termo "Smear Layer" é usado para descrever os restos de fragmentos triturados após o preparo cavitário (COTTON, 1984). Entretanto, o termo se aplica a qualquer fragmento produzido iatrogenicamente pelo corte, não só da dentina, mas também do esmalte, cimento.

A palavra "Smear Layer" foi mencionada pela primeira vez por Boyde, Switsur e Stewart em 1963 (BOYDE et al., 1963), após o advento da microscopia de varredura. Segundo estes autores, o calor friccional gerado durante o preparo cavitário das cavidades foi o fator mais importante na formação desta camada.

Em 1970, foi definida a composição da smear layer como um filme orgânico com menos de 0,5mm de espessura, contendo partículas de apatita que atingem em média de 0,5 a 15 micrômetros (EICK et al., 1970). Esta expressão inglesa foi traduzida para o português como camada agregada, barro ou lama dentinária. A "Smear Layer" é composta por restos da matéria orgânica e inorgânica produzida pela instrumentação da dentina, do esmalte e do cimento (BOWEN et al., 1962), além de saliva, sangue e numerosos microorganismos. Esta camada é composta basicamente de hidroxapatita colágeno desnaturado e geleificado (EICK et al., 1991). Esta camada externa superficial e amorfa é chamada de "Smear on" agregada sobre a superfície dentinária e ainda existe a camada interna que é a "Smear in" ou "Smear plug", formada por micropartículas, que forçadamente penetram por alguns micrômetros no interior do complexo tubular da dentina.

A "smear layer" previne a hidratação das superfícies dentinárias cortadas, o que poderia prejudicar a união do material restaurador (BRÄNSTRÖN, 1984). Quando a "Smear Layer" é removida por substâncias ácidas, esta remoção pode resultar num aumento do fluxo de fluídos dentinários, aumentando a permeabilidade dentinária e diâmetro dos túbulos dentinários, assim, monômeros de baixa viscosidade poderão penetrar nos túbulos abertos e promover a adesão. Em contra partida, o aspecto benéfico da não remoção da lama dentinária, é que ela constitui um forrador cavitário que reduz a permeabilidade dentinária, porém a mesma interfere com a adesão de alguns materiais odontológicos com a dentina (PASHLEY et al., 1984).

## 5 – Adesão à Dentina

Com a necessidade de evolução dos adesivos dentinários, culminou-se na mudança do mecanismo de união, para a atual interação micromecânica denominada camada híbrida. Ácidos ou substâncias acidificantes tornaram-se indispensáveis para o tratamento da superfície dentinária.

Fusayama, em 1979, introduziu esses procedimentos em intervenções clínicas restauradoras, por meio do ácido fosfórico a 40% durante um minuto, simultaneamente sobre esmalte e dentina criando a chamada técnica do condicionamento ácido total.

Adotado hoje por quase a totalidade dos sistemas adesivos disponíveis no comércio, o condicionamento ácido da dentina, não foi prontamente aceita, principalmente pela escola ocidental, que entendia na época, tratar-se de ato temerário à saúde pulpar (BERTOLOTTI, 1992; BURKE, 1987). Porém, esta técnica com o passar dos anos tornou-se uma realidade e fez com que novas pesquisas fossem realizadas para que houvesse uma melhora do sistema adesivo.

Um propósito do condicionamento ácido é a remoção do esfregaço dentinário, que é feito pelo ácido em poucos segundos. Estes agentes condicionadores não removem somente o "smear layer", mas causam também desmineralização da dentina subjacente, que até certo ponto é favorável expondo a rede de colágeno e facilitando a penetração do adesivo. Porém uma questão deve ser analisada, que é quanto o ácido deve desmineralizar a dentina, pois uma desmineralização mais profunda que o adesivo consegue penetrar pode levar a queda na resistência adesiva.

Um tempo maior que 15 segundos com concentrações de 30% a 50% pode reduzir a dureza da superfície dentinária em 15% da sua original, causando uma desmineralização mais profunda que 10  $\mu\text{m}$  (INAGAKI et al., 1989; ERICKSON et al., 1991), que pode ser considerado demasiado para uma impregnação efetiva do adesivo.

Assim, é indicado que o ácido fosfórico apresente em uma concentração de 10 à 37% por um tempo de 10 segundos na dentina em cavidades médias e rasas e logo em seguida lavado por 15 segundos cuidadosamente. Para ser ter um condicionamento que seja efetivo tanto para esmalte quanto para dentina, preconiza-se o condicionamento prévio do esmalte por 20 segundos e em seguida o ácido na dentina por 10 segundos, para que não haja um desmineralização maior que a necessária em dentina.

## 6 - União aos Substratos Dentais

A técnica de condicionamento ácido do esmalte pode ser considerada uma técnica simples e eficaz, pois suas estruturas favorecem a união e o mesmo não pode ser afirmado quando se trata da dentina. Como já foi dito as estruturas do esmalte favorecem esta adesão, pois o mesmo é composto principalmente de hidroxiapatita, enquanto a dentina contém grande volume de água e de matéria orgânica.

### Composição do Esmalte

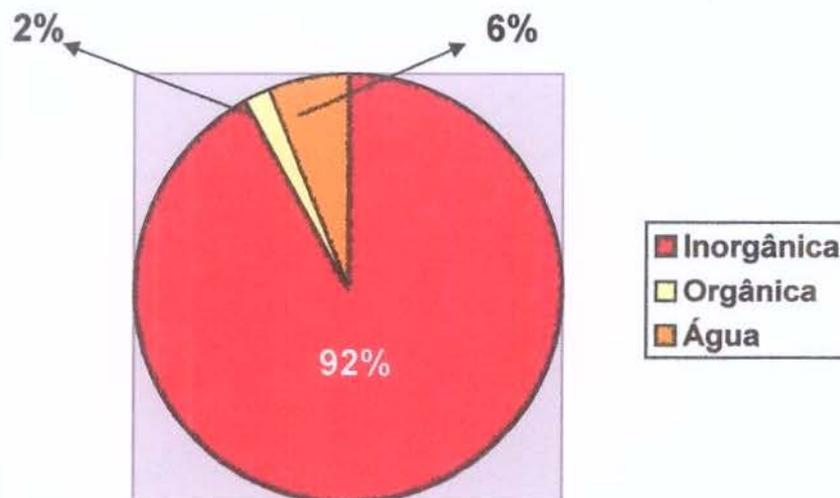


Gráfico 6.1

Outra característica da dentina é a "smear layer" que é formada na superfície após a instrumentação. Com a formação desta camada, a embocadura dos túbulos dentinários acaba sendo obstruída. Ela é removida pela aplicação do ácido, que também acaba removendo a dentina peritubular, aumentando a permeabilidade da dentina para que o adesivo possa penetrar.

Esta técnica de adesão ao substrato desmineralizado e umedecido foi proposta como forma de evitar o colapso das fibras colágenas e manter a permeabilidade da dentina após o condicionamento com ácido fosfórico

(GWINNETT, 1992; KANCA, 1992). Após a desmineralização da dentina é recomendada que a mesma esteja úmida para que não ocorra um colapamento da rede de fibrilas colágenas, dificultando assim, a infiltração dos monômeros resinosos (KANCA, 1992). Porém esta técnica deve ser criteriosamente analisada no que se diz respeito umidade, pois a dentina não pode estar em um ambiente excessivamente úmido, que pode levar ao "Overwet phenomenon" (KANCA, 1992; TAY et al., 1996).

Existe uma grande dificuldade nesta técnica principalmente no estabelecimento da quantidade de umidade residual ideal para aplicação do adesivo. Alguns estudos têm demonstrado que adesivos à base de acetona tem comportamento superior em cavidades mais umedecidas que os adesivos à base de água ou álcool (PEREIRA et al., 2001).

No entanto se houver uma quantidade excessiva de água na dentina, ocorrerá uma separação de fase do conteúdo do adesivo, resultando na diluição da acetona e do adesivo, na saída do monômero da solução do adesivo e interferindo na formação de união (TAY et al., 1996). Esta consequência também poderá ocorrer se houver um excesso de umidade da dentina que é a deficiente formação da camada de híbrida.

Ao contrário se a dentina estiver demasiadamente seca, ocorre uma diminuição dos espaços interfibrilares fazendo com que as fibras entrem em contato umas com as outras. Inevitavelmente o colapso da rede de fibras pode aumentar através da formação de ligações de ponte de hidrogênio entre os peptídeos das fibras colágenas vizinhas, contribuindo assim para o encurtamento e aumento da rigidez das fibras. Sendo assim, quando o adesivo encontrar com o substrato em tal condição de colapso, a velocidade e a taxa de difusão do monômero pode ser reduzida, o que formara uma zona pobre de interdifusão de resina (PASHELEY, 1991).

A reexpansão das fibrilas colágenas é possível se soluções de baixas concentrações de HEMA (2- hidroxietilmetacrilato – 30 a 35%), ou monômeros ácidos aplicados na dentina desmineralizada e colapsada forem usados, pois estes podem quebrar as pontes de hidrogênio intermoleculares, separando as

fibrilas (IGARASHI et al., 1997; XU et al., 1997). Porém outros estudos mostraram que a água contida nos primers tem um papel muito importante na reexpansão das fibrilas colágenas. (NISHIYAMA et al., 1995; CARVALHO et al., 1996).

Este cuidado com a aplicação do “primer” se dá porque ele é como um corredor ou transportador dos monômeros para dentro do substrato, pois os solventes promovem a desidratação química da matriz do colágeno. Este solvente tem a função de ocupar o lugar dos minerais dissolvidos pelo ácido ao redor das fibrilas colágenas.

O esmalte é essencialmente inorgânico e apresenta um resultado melhor no que se diz respeito à adesão, quando está bem seco e tendo coloração opaca, que é o melhor padrão para a adesão. É uma técnica relativamente simples de se obter sucesso.

Desta forma devemos secar a dentina, após a lavagem para a remoção do ácido fosfórico, com uma bolinha de algodão seca ou um pequeno pedaço de papel absorvente (GOES et al., 1997) deixando a mesma umedecida porém sem excesso de água.

#### Composição da Dentina

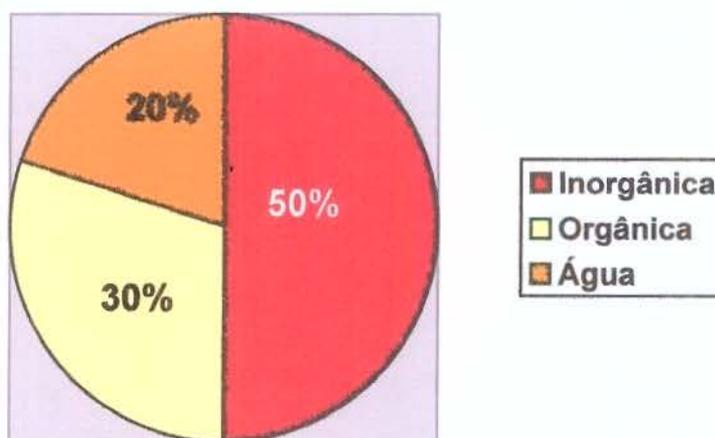


Gráfico 6.2

## **7 - Classificação dos Sistemas Adesivos**

Os adesivos odontológicos com o passar dos anos foram se aprimorando para que a união entre o dente e a restauração possibilite uma maior longevidade do tratamento. Os adesivos dentinários, responsáveis por esta união, são moléculas orgânicas multifuncionais que contém grupos reativos que interagem com a dentina e com monômero da resina restaurada. Sua classificação pode levar em consideração vários aspectos, como a sua composição química e exigência de tratamento da smear layer, conforme proposto por (Joynt et al., 1991). Deve-se considerar o tipo de solvente: base de água, álcool, ou acetona; qual o tipo de ativação, se é física, química ou dual; presença ou ausência de partículas de carga inorgânica, modo que foi feito o condicionamento, (total ou auto – condicionante) e números de passos de aplicações ou números de frascos.

Porém alguns autores relatam que esta classificação não descreve o que os adesivos realmente representam, com isso a mesma está em desuso (Bayne et al., 2005). A evolução dos materiais é muito rápida, sendo a atual a sétima geração de adesivos representada pelos auto – condicionantes de passo único, que são contidos em um único frasco, que dificulta a classificação por gerações, mas a mesma ainda é usada. Como exemplos de marcas comerciais temos o I –Bond (Heraeus – Kulzer), o Opti Bond All-in-one ( Kerr Dental) e o Clearfil S3 Bond ( Kuraray Medical).

No momento existe outra classificação que é preferencial, que se baseia na ação (condicionamento ácido prévio - etch and rinse ; ou auto condicionante – self etching).

### **7.1 - Classificação dos Sistemas por Gerações:**

#### **1ª Geração:**

A primeira geração dos adesivos surgiu quando Buonocore e sua equipe relataram que se poderia aderir uma resina de ácido glicerofosfórico (GPDM) (tabela 7.1) previamente tratada com ácido clorídrico, porém os valores eram

muitos reduzidos por imersão em água. No início dos anos 50 Hagger já utilizara este mesmo monômero, o qual era polimerizado quimicamente por mistura com ácido sulfinico (MCLEAN, 1995). O nome comercial desta combinação era Servitron Cavity Seal (Amalgamated Dental Company).

Porém o primeiro adesivo disponível no mercado foi desenvolvido com um co – monômero de atividade superficial chamado NPG – GMA (BOWEN, 1965), o Cervident (S. S. White), este adesivo foi considerado como de primeira geração (BARKMEIER, 1992). Quimicamente ele teria capacidade de se ligar ao cálcio na superfície dentinária por quelação, além de mediar ligações químicas entre as resinas e o cálcio dentinário (ALEXIEVA, 1979; ALBERS, 1990).

Seus valores de resistência de união eram muitos baixos de 2 a 3 MPa (RETIEF, 1989), obtidos no esmalte.

Exemplo de adesivo de 1ª Geração :

- Cervident (SS White)

2ª Geração:

Quimicamente os adesivos de Segunda geração eram do tipo Éster – fosfato, contendo HEMA e Phenyl – P (fenil – fosfato) em etanol . O mecanismo de ação deste adesivo era baseado na interação polar entre grupos fosfato da resina (negativos), e ions cálcio (positivos) na “smear layer” (ALBERS, 1990), porém essa apresenta baixa coesão, devido à sua deficiente ligação à superfície da dentina.

Em testes, apresentavam restos de smear layer do lado da dentina e do lado da resina (Eick, 1992). Alguns valores de resistência de união *in vitro* estavam entre 1 a 5 MPa (ASMUSSEN, 1988; EICK et al., 1991), que eram considerados valores baixos, em relação ao valor crítico de 10 MPa, que é um valor aceitável em retenção *in vivo* (ASMUSSEN, 1988). Outro fator negativo era que o adesivo não tinha bom contato com a dentina e com isso a resina não penetrava nos túbulos dentinários. Por vezes a resina não penetrava toda a camada da “smear layer” e se quer atingia a superfície da dentina (EICK et al.,

1991). Seu desempenho clinicamente era fraco e *in vitro*, após seis meses era bastante deficiente (HUANG, 1989).

Alguns adesivos de segunda geração:

- Scotch Bond ( 3M )
- Bondlite ( Kerr)
- Dentin Bonding Agent (Johnson & Johnson)
- Prisma Universal Bond ( Densply)
- Dentin Adhesit (Vivadent)

### 3ª Geração

A introdução dos adesivos de terceira geração representaram uma mudança na forma de atuar frente à estrutura remanescente. Estes sistemas passaram a realizar na dentina as transformações necessárias para que houvesse uma maior efetividade na união em relação aos adesivos de segunda geração.

O surgimento do “Primer” como agente modificador de superfície representou um avanço tecnológico, que foi muito importante para o desenvolvimento de novos adesivos.

Este desenvolvimento se deu à partir da aplicação de ácido fosfórico na dentina, antes da aplicação de um adesivo do tipo éster – fosfato (FUSAYAMA et al., 1979). Porém, este condicionamento não resultou em um aumento significativo dos valores de adesão, devido à natureza hidrófoba da resina, apesar da penetração da resina nos túbulos dentinários (TORNEY, 1978; VAN DUKEN, 1986).

Em 1984 a empresa Kuraray introduziu o Clearfil New Bond com a filosofia de aplicação de um ácido em dentina. Este adesivo era baseado num fosfato contendo HEMA e uma molécula com dez átomos de carbono, conhecida como 10 – MDP, (tabela 7.1) a qual apresentava uma parte longa hidrófoba e um resíduo curto hidrofílico (ALBERS, 1990).

Após 1982, foram testados outros mecanismos “*in vivo*”, porém com resultados insatisfatórios, apesar de valores promissores “*in vitro*” (PASHLEY, 1993b; PERDIGÃO, 1994b; VAN MEERBEEK et al., 1994; VAN MEERBEEK et al., 1996). Também em 1982 foi introduzida uma solução ácida para condicionamento dentinário que era composta por 6,8% de oxalato de ferro (BOWEN et al., 1982), após a qual se aplicaram soluções em 5% NTG-GMA e 5 %PMDM (Tabela 7.1) dissolvido em acetona. Os valores de adesão eram significativamente altos em relação aos adesivos de segunda geração, contudo com este agente condicionante ocorria uma interferência na capacidade de alguns adesivos molharem a dentina (PASHLEY, 1993b).

O primeiro sistema que recebeu uma aceitação provisória e mais tarde completa pela American Dental Association em 1987 (VAN MEERBEEK et al., 1994) foi o tratamento da dentina com solução aquosa de 2,5% de ácido malêico, 55% HEMA, e resíduos de ácido metacrílico. Como exemplo deste sistema temos o Scotch Bond 2 (3M Dental),(ALBERS, 1990; RUYTER, 1992) adesivo que se enquadrou como de terceira geração.

Uma afirmação que podemos fazer é que a terceira geração de materiais adesivos introduzidos na última década foi criada em função da infiltração e modificação da “smear layer” por monômeros ácidos.

Exemplos de adesivos de 3ª geração:

- Gluma (Milles)
- Tenure Solution ( Den – Mat)
- All Bond (Bisco)
- Clear Fill Liner Bond ( Kuraray)
- Scotch Bond 2 (3M)
- Prisma Universal Bond II e III (Dentsply)
- Mirage Bond ( Chamaleon Dent. Prod.)
- Pro Bond ( Dentsply)

#### 4ª Geração

Os adesivos de 4ª geração surgiram com a idéia de remover completamente a “smear layer” com aplicação prévia de ácidos, conseqüentemente desmineralizando a superfície da dentina, tendo a função de expor uma fina rede de fibrilas colágenas para ser infiltrada por monômeros hidrófilos. Esta técnica foi denominada Total Etch (Condicionamento Total), o que significa que o esmalte e a dentina são condicionados simultaneamente pelo mesmo agente ácido.

O sistema contém um ácido, o qual é lavado após o condicionamento; uma solução de monômeros hidrofílicos, os chamados “Primers”, que podem ser dissolvidos em álcool (etanol), acetona e água; uma resina fluída podendo ter carga ou não, que pode conter monômeros hidrófobos, tais como Bis – GMA, TEGDMA, ou UDMA, que podem ser combinados com moléculas hidrófilas, tais como HEMA (tabela 7.1).

Como proposto no sistema de condicionamento total, com ácido fosfórico, malêico ou cítrico, a remoção da “smear layer” e a desmineralização da dentina subjacente (ELIADES, 1994; PERDIGÃO, 1995), abre os túbulos dentinários e dissolve a parte superficial da dentina peritubular e intertubular expondo uma filigrana densa de fibrilas de colágeno intermeadas com microporos por onde poderão eventualmente penetrar os monômeros dos “primers”. A desmineralização da dentina em profundidade é de cerca de 6 µm, dependendo do ácido, do tempo de condicionamento, e da concentração (VAN MEERBEEK et al., 1992b).

Para uma melhor adesão é importante que a solução ácida aplicada na dentina tenha uma tensão superficial baixa e que o substrato dentinário tenha uma energia superficial alta, para que se dê um contato interfacial quase perfeito entre o adesivo e a dentina (ELIADES, 1994; ERICKSON, 1992).

A dentina consiste de dois substratos, um com alta energia de superfície que é a hidroxiapatita, e outro com baixa energia de superfície, o colágeno. Com aplicação do ácido, remove-se a hidroxiapatita e expõe-se o colágeno da dentina,

desfavorecendo assim a adesão, devido à exposição de um substrato de baixa energia (ELIADES, 1995). Por isso é necessário aplicar um material na dentina que devolva a energia de superfície perdida, para se obter valores de adesão mais altos (BENEDIKTSSON et al., 1991). Por isso aplicamos o “Primer” na superfície dentinária.

Os adesivos de 4ª geração têm como principal diferencial à aplicação de ácido em esmalte e dentina, aplicação do “primer” e aplicação do adesivo, ou seja, é um sistema considerado de três passos.

Alguns exemplos de adesivos de quarta geração:

- All Bond 2 ( Bisco)
- Scotch Bond Multi Purpose (3M)
- Opti Bond (Kerr)
- Amalgambond (Parkell)

#### 5ª Geração

Os adesivos de 5ª geração preconizam a mesma forma de condicionamento dos adesivos de 4ª geração, que é o Condicionamento Total (Total – Etch) de esmalte e dentina. Porém este sistema apresenta – se em um único frasco, não oferecendo o primer separado do adesivo, os dois estão juntos em frasco único. Estes materiais são compostos de monômeros hidrófilos e hidrófobos dissolvidos em um solvente, orgânico do tipo acetona ou etanol. O monômero HEMA (tabela 7.1) é o componente principal da maioria destes adesivos.

Como acontecia com os primers dos sistemas multi-frascos, os solventes orgânicos, altamente voláteis, procuram água e levam os monômeros até um íntimo contato com as fibrilas colágenas expostas (TAY et al., 1996).

Estudos *in vitro* têm demonstrado valores de adesão comparavelmente menores para os adesivos simplificados que os seus correspondentes adesivos multi-frascos (TJAN et al., 1996). Em outro estudo, o adesivo, Single Bond (3M)

resultou em valores de adesão significativamente maiores que outros produtos de dois passos similares, e formou uma camada de resina acima da camada híbrida. (PERDIGÃO et al., 1997).

Alguns exemplos de adesivos de 5ª geração:

- Single Bond (3M)
- One Step (Bisco)
- Excite (Vivadent Ivoclar)
- Opti Bond SOLO Plus (Kerr)
- Prime Bond NT (Dentsply)

6ª Geração

O sistema de condicionamento de 6ª geração consiste em um “primer” auto condicionante, que desmineraliza a camada superficial da dentina e forma uma hibridização de 1 a 4 µm, devido à instabilidade do Phenil - P, componente CCB2 (SANO et al., 1995).

Com o “primer” auto condicionante, toda a área descalcificada pelo agente ácido é repostada pelo componente resinoso, reduzindo a possibilidade de manutenção de áreas profundas de dentina desprotegida.

Exemplo de adesivo de 6ª geração:

- Clearfil SE Bond (Kuraray)

Recentemente foi lançado o sistema adesivo de 6ª geração do tipo II, onde o “primer” auto condicionante e o adesivo são empregados em passo único podendo serem considerado adesivos auto condicionantes.

Exemplos de adesivos de 6ª geração do tipo II

- Xeno III (Dentsply)
- Adper Prompt L – Pop Self Etch Adhesive (3M ESPE)

## 7ª Geração

Sistema que é denominado de autocondicionante que não necessita de nenhum tipo de mistura, somente retira-lo do frasco e aplica-lo na estrutura dental.

Exemplos de adesivos de 7ª geração:

- I BOND (Kulzer)
- OptiBond All-In-One (Kerr Denalt)
- Clearfil S3 Bond (Kuraray Medical)

### **7.2 - Classificação Atual dos Sistemas Adesivos:**

Sobre a classificação dos adesivos, atualmente existe uma preferência que se baseia na estratégia de ação do condicionamento da estrutura dental, ou seja, com Condicionamento Ácido Total (Etch and Rinse) ou Auto – Condicionamento (Self – Etching) (REIS et al., 2007).

O sistema de condicionamento total está disponível em número três e dois passos. Já o sistema autocondicionante está disponível com um monômero ácido em sua composição, que condiciona e infiltra simultaneamente e tem número de um e dois passos.

Com isso observa-se que houve uma redução no número de passo, ou seja, uma simplificação dos procedimentos adesivos, no entanto esta simplificação deve ser aplicada com critérios, pois sua simplificação não resulta necessariamente em uma melhor união aos tecidos dentais (REIS et al., 2007).

7.1 – Tabela – Lista\* de abreviaturas químicas

Abreviatura	Nome químico
BAC	cloreto de benzalcónio
Bis-GMA	bisfenol glicidil metacrilato
BPDM	bifenil-dimetacrilato
EDTA	etileno diaminoácido tetra-acético
GPDM	dimetacrilato do ácido glicerofosfórico
HEMA	2-hidroxietil metacrilato
10-MDP	10-metacrilóilodecil dihidrogeno fosfato
4-MET	4-metacrilóxietyl do ácido-trimelítico
4-META	4-metacrilóxietyl anidrido de trimelitato
MMA	metil metacrilato
MMEP	mono (2-metacrilóxi) etil ftalato
5-NMSA	N-metacrilóil ácido 5-aminossalicílico
NPG	N-fenilglicina
NPG-GMA	N-fenilglicina glicidil metacrilato
NTG-GMA	N-tolilglicina glicidil metacrilato
PENTA	dipenta eritritol penta-acrilato monofosfato
Phenyl-P	2-(metacrilóxi) etil fenil hidrogeno fodfato
PMDM	ácido piromelítico dietilmetacrilato
TBB	tri-n-butyl borano
TGDMA/TEGDMA	trietilenoglicol dimetacrilato
UDMA	uretano dimetacrilato

\*Albers,1990; Perdigão, 1995

## 8 - Composição dos Sistemas Adesivos

### 8.1 – Primers

A definição de “*Primer*” consiste em uma solução de monômeros dissolvidos em solventes orgânicos. Após a aplicação do *primer*, ocorre a evaporação do solvente e uma fina película de monômero fica aderida firmemente a superfície do substrato (BREWIS, 1992), ou seja, quando se faz uso do sistema que se aplica o condicionamento ácido total, os solventes hidrofílicos penetram na dentina úmida agindo como carregadores dos monômeros. Logo após, os monômeros se unem as partículas de água elevando sua pressão de vapor. Os fabricantes orientam um leve jato de ar para a evaporação do solvente, para que a água que estava no substrato evapore deixando os monômeros que serão polimerizados para formação da camada híbrida.

O leve jato de ar após a aplicação do adesivo é muito importante, e não pode ser deixado de lado, pois se não houver a evaporação do solvente e da água do substrato, a polimerização estará comprometida prejudicando a performance do adesivo.

Os sistemas adesivos que tem como solvente a acetona apresentam como vantagens à alta afinidade desse solvente com a água, a rápida volatilização das superfícies dentinárias, além de permitir alta solubilidade dos monômeros na solução dos adesivos. Porém é um solvente altamente volátil em temperatura ambiente, por isso é importante que o adesivo seja dispensado no momento da aplicação para não comprometer a infiltração dos monômeros na zona desmineralizada (REIS et al., 2003).

Como o adesivo à base de acetona apresenta muita quantidade do solvente em sua concentração e baixa concentração de monômeros é importante que várias camadas do adesivo sejam aplicadas até que a superfície fique brilhante. “Primers” que tem em sua composição o etanol como base de solvente, podem produzir a expansão do colágeno, submetido à secagem com ar, conseqüentemente, melhor resistência adesiva, quando comparados a outras

soluções de diferentes álcoois (CARVALHO et al., 2002). Outra vantagem é que o adesivo a base de álcool apresenta menor volatilização que a base de acetona necessitando de menos camadas de aplicações.

A grande vantagem de se utilizar adesivos à base de água e HEMA é a possibilidade de reexpansão das fibras colágenas colapsadas. Este é um dos fatores que contribuem para os bons resultados observados para os sistemas de três passos (DE MUNCK et al., 2005). Para que ocorra uma união a um substrato úmido como a dentina, a utilização de monômeros hidrófilos é indispensável (REIS et al., 2007).

Quando se fala em monômeros hidrófilos o mais utilizado é o HEMA (2-hidroxietilmetacrilato) (Tabela), que é um grupo hidrófilo com radicais – OH ou COOH com afinidade química pela superfície úmida da dentina. Existe um grupo hidrófobo (geralmente CH<sub>2</sub>) que pode copolimerizar com os monômeros incluídos na resina fluída ou “*bonding*” que é aplicada a seguir ao “*primer*” (ERICKSON, 1992). Os monômeros hidrófobos mais utilizados são o Bis – GMA (bisfenol – A diglicidil éter dimetacrilato) e o UDMA (uretano dimetacrilato).

Outro mecanismo de atuação dos “*primers*” é a precipitação de proteínas contidas nos líquidos presente nos túbulos dentinários, utilizadas para tratar a hipersensibilidade dentinária. Uma importante função da precipitação de proteínas é diminuir o acesso de fluidos à superfície dentinária o que favorece o contato das resinas fluídas com a dentina aumentando o contato com o colágeno exposto (ELIADES, 1994; NIKAIDO et al., 1995).

## 8.2 - Adesivo ou Bonding

As resinas fluídas ou adesivos são monômero hidrófobos com Bis – GMA e UDMA, mas para obtenção de uma união ao substrato úmido, como a dentina, a utilização de um monômero hidrófilo não pode ser dispensada.

Um exemplo clássico de monômero mais utilizado é o HEMA (2-hidroxietilmetacrilato), este monômero é encontrado principalmente em adesivos de três e dois passos com condicionamento prévio. O radical hidrófilo é importante

pela afinidade que tem pelo substrato úmido, da mesma forma que o radical hidrófobo é responsável por promover a polimerização com outros monômeros, cada um com sua função (REIS et al., 2007).

As resinas fluídas têm como papel principal a penetração nos espaços interfibrilares deixados após o condicionamento ácido e após a aplicação do primer, agindo como forma de sustentação, estabilizando a estrutura frágil que são as fibras de colágeno sem suporte de hidroxiapatita. No entanto, monômeros hidrófilos não são capazes por si só de formar uma rede polimérica com propriedades mecânicas adequadas para adesão aos tecidos dentais. Sendo assim, os monômeros são encontrados em maior concentração na composição do adesivo ou "*bond*", mas também são encontrados em menores porções nos outros frascos (REIS et al., 2007).

## 9 - Camada Híbrida

A camada híbrida é tida como principal mecanismo de ação dos atuais sistemas adesivos, que consiste de uma mescla de polímero e dentina vital condicionada, situada na interface dente restauração, e resulta da polimerização de monômeros com características hidrófilas que se difundem e impregnam a rede de fibras colágenas expostas após a desmineralização de dentina superficial, pelo condicionamento ácido. Esta estrutura foi diferenciada em 1982 e também conhecida como *hybrid layer* (NAKABAYASHI et al., 1982). Recentemente a sua ultra-estrutura foi descrita detalhadamente através de microscopia eletrônica de transmissão (TEM) (VAN MEERBEEK et al., 1993) e denominada de "*resin-dentin interdiffusion zone*" ou "zona de interdifusão entre a resina e a dentina". Estudos mostram que a penetração do adesivo na camada do colágeno previamente desmineralizada pelo ácido, constitui um dos mecanismos mais prováveis de adesão a dentina (ERICKSON, 1992; VAN MEERBEEK et al., 1992; VAN MEERBEEK et al., 1992b). Outros estudos *in vitro* sugerem que essa hibridização é parcialmente responsável pelos valores de adesão (GWINNETT, 1993).

Três importantes condições são necessárias para a formação da camada híbrida:

- Condicionamento da dentina (desmineralização, exposição das fibras colágenas) por utilização de soluções ácidas ténues.
- Manutenção da integridade estrutural das fibrilas colágenas.
- Aplicação de monômeros hidrófilos – hidrofóbico que penetrem no reticulado de fibras colágenas, da dentina superficial condicionada para posterior polimerização (NAKABAYASHI et al., 1982).

Com a infiltração e a difusão de monômeros hidrófilos no espaço criado pelo condicionamento, entre as fibras colágenas, que atinge inclusive os cristais de hidroxiapatita encapsulando-os, seguida de posterior polimerização destes monômeros, responde pela resistência superior a 18 MPa quando comparada com à ação exclusiva dos "*tags*" intratubulares que é de 6 MPa (NAKABAYASHY et al., 1982). Ou seja, os "*tags*" propriamente ditos, que podem chegar até 20 µm de

comprimento, por si só não são mais efetivos que a camada híbrida delgada, que se forma sobre a dentina intertubular (NAKABAYASHY et al., 1995).

A camada híbrida também se comporta como uma “camada amortecedora” à semelhança da camada do adesivo, formando um gradiente elástico, que ajuda na administração das diversas forças que agem sobre a interface dente – restauração (VAN MEERBEEK et al., 1993).

Com relação à espessura da camada híbrida, a mesma não têm muita influência nos valores de adesão (PERDIGÃO et al., 2000b). Porém outros fatores como a área de dentina intertubular exposta, o diâmetro e a quantidade de túbulos secundários laterais, possam ter um papel mais importante na obtenção das resistências (GWINNETT, 1993; CHAPPELL et al., 1994).

A camada híbrida se caracteriza como uma estrutura estável e durável, agindo como recurso de proteção efetivo do complexo dentino – pulpar (NAKABAYASHY et al., 1992).

## **10 – Modo de Ativação**

A ativação da maioria dos sistemas acontece pela fotopolimerização. Para que ocorra a fotoativação do adesivo é necessário que ele apresente em sua formulação um sistema de aminas aromáticas e fotoiniciadores como a canforaquinona, para que de fato a polimerização do adesivo (REIS et al., 2007), devendo ser ativado por pelo menos 20 segundos.

Após a polimerização há uma estabilização da rede de fibras colágenas pelo adesivo que se polimeriza, criando uma camada híbrida.

## 11 – Partículas de carga

Os adesivos mais modernos apresentam a adição de partículas de carga que tem como objetivo principal a formação de uma interface adesiva que é capaz de suportar as tensões causadas pela contração de polimerização da resina restauradora(VAN MEERBEEK et al., 1993).

As partículas que são adicionas aos adesivos são de sílica e tem tamanho nanométrico (entre 5 a 20 nm para alguns adesivos) e deveriam penetrar na rede de colágeno desmineralizada, para substituir os minerais que foram removidos pelo ácido no ato do condicionamento aumentando a resistência da camada híbrida. Porém nota-se que as partículas de carga se estabilizaram somente no topo da camada híbrida e na embocadura dos túbulos dentinários, não infiltrando no substrato dentinário (PERDIGÃO et al., 1999; TAY et a.l., 1999).

As partículas de carga são encontradas na resina hidrófoba “bond” e também nos adesivos de dois passos que utilizam a técnica de condicionamento ácido prévio. Alguns exemplos são o Adper Single Bond Plus (3M Espe), Prime & Bond NT (Dentsply/ Caulk) e Optibond SOLO Plus (Kerr Dental).

## 12 – Liberação de Flúor

Quando clinicamente uma restauração apresenta falhas, tanto por degradação marginal entre o dente e a restauração, ou por cárie recorrente a mesma deve ser substituída (GOING, 1972).

A adição de flúor nos sistemas adesivos veio com a idéia de minimizar estes problemas, pois tudo começou com o sucesso dos cimentos ionoméricos que inibem a desmineralização dos tecidos dentais. Baseados neste princípio vários fabricantes buscaram desenvolver estes adesivos que estão disponíveis no mercado. Alguns exemplos são o Optibond SOLO FL (Kerr Dental), One-up Bond F (Tokuyama), Prime&Bond NT (Dentsply/Caulk), Reactmer Bond (Shofu Inc.) e Clearfil Protect Bond (Kuraray Medical) (REIS et al., 2007).

Porém a utilização de adesivo com flúor ainda é questionada no que se diz respeito à inibição da desmineralização, alguns estudos mostram que esta inibição ocorreu com adesivos à base de HEMA e flúor (KERBER 1993; GASTMANN et al., 1997; SEGURA et al., 2000), e outros demonstram que estes adesivos não foram capazes de prevenir lesões de cáries nas paredes circundantes das restaurações (PEREIRA et al., 1998).

## Discussão

Uma questão muito importante que deve ser levada em consideração é a durabilidade da união formada pelos sistemas adesivos, pois estudos e avanços tecnológicos alcançados em pesquisas mostram que pode existir uma possível degradação da união da resina composta aos tecidos dentais com o passar do tempo, na presença de água. Esta degradação pode ocorrer na rede de fibras colágenas ou na resina adesiva e conseqüentemente diminui a resistência da união. A solubilidade e as taxas de sorção de água que os sistemas adesivos apresentam após a polimerização podem determinar a longevidade da restauração.

Como forma de comparação, foram realizados estudos que demonstram que os adesivos de dois passos estão mais susceptíveis a degradação que os adesivos de três passos. Isso é devido à copolimerização do *primer* e a menor hidrofília da resina polimerizada resultando em uma melhor hibridização diminuindo a probabilidade de degradação hidrolítica.

Com relação à qualidade dos adesivos pode se afirmar que o sistema de três passos (ácido, *primer* e adesivo) é indiscutivelmente que apresenta melhores resultados de adesão, seguido dos adesivos de dois passos ( ácido e adesivo) que tem como solvente o álcool (etanol) ou acetona.

O sistema de três passos é menos sensível a técnica de aplicação, pois o solvente do *primer* é à base de água, que favorece a reexpansão das fibras colágenas fazendo com que o adesivo penetre na rede de fibras com maior eficácia, como exemplos de adesivos deste tipo podemos citar o Scotchbond Multi-Purpose (3M) e o All-Bond 2 (Bisco Inc.)

Adesivos de dois passos que tem como solvente o etanol promovem uma adesão de melhor qualidade que os adesivos à base de acetona. Isso acontece devido à volatilização do solvente, pois o etanol é menos volátil e isso faz com que sejam necessárias menos aplicações do adesivo para que o mesmo penetre com eficiência na rede de fibras colágenas, como exemplos temos o Single Bond (3M), OptiBond SOLO Plus (Kerr) e o Excite (Vivadent).

Os adesivos à base de acetona necessitam de mais aplicações, porém se bem utilizados com a umidade ideal da dentina, associado com as formas corretas de aplicação, também promovem uma união aceitável para os padrões de adesão. Como exemplos de adesivos à base de acetona temos o Prime&Bond (Dentsply) e One Step (Bisco).

Podemos considerar que sempre existiram desafios para a Odontologia Adesiva e o maior desses desafios é a promoção de uma união estável ao longo do tempo e é isto que os cientistas e as empresas buscam para o futuro. É esperado que materiais menos hidrófilos sejam produzidos, para reduzir a velocidade de degradação, associado com propriedades mecânicas melhores após sua polimerização. Outra perspectiva para o futuro é a redução da contração volumétrica das resinas compostas durante a polimerização, para que menos tensões sejam transmitidas para as interfaces entre a resina e o dente.

Tendências futuras procuram sempre desenvolver alterações para que haja uma melhora nas desvantagens dos sistemas adesivos como foi descrito acima. Com relação as vantagens dos adesivos podemos considerar os valores de adesão em esmalte condicionado, que geralmente são acima de 20 MPa. São valores que garantem retenção adequada para uma grande quantidade de procedimentos clínicos e também uma diminuição na microinfiltração à volta da margem do esmalte.

As restaurações em resina composta, aderidas ao esmalte, trazem outros benefícios como o reforço cuspídeo, já que os dentes tornam-se mais frágeis após qualquer preparo cavitário. Pelo fato de os materiais clássicos, como o amálgama, não aderirem à estrutura dentária, o mesmo não reforça as estruturas das cúspides fragilizadas, diferentemente de restaurações com resina composta que reforçam substancialmente a estrutura dentária.

Ainda em consequência da falta de adesão aos tecidos dentais, a infiltração marginal de bactérias e de componentes salivares pode ocorrer na interface dente restauração, resultando em problemas pulpares, descoloração e cáries secundárias.

Por isso, quando as restaurações em resina composta são realizadas de forma rigorosa com os critérios de adesão, quantidade de material inserido na cavidade e polimerização, a mesma promove um tratamento restaurador muito eficiente no que se diz respeito à qualidade final do trabalho no sentido de reabilitação, selamento marginal, resistência, durabilidade e estética.

## Conclusão

Com a realização deste trabalho podemos concluir que os adesivos dentinários estão em uma real evolução e que este fator é muito importante para que novas pesquisas sejam realizadas. De acordo com esta evolução temos que analisar todas as possibilidades de utilização de cada adesivo.

Na técnica que utiliza o condicionamento ácido total, concluímos que os adesivos de três passos apresentaram melhores valores de adesão em dentina, que os de dois passos, e isso ocorre, pois este tipo de adesivo apresenta em sua formulação um "primer" que contém água como mecanismo de transporte dos monômeros, além de não ser tão sensível a técnica de secagem da dentina após aplicação do ácido fosfórico, pois ele promove a reexpansão da rede fibras colágenas, favorecendo assim a adesão em dentina. Em esmalte a adesão com este tipo de adesivo, se apresenta de forma muito satisfatória, como os de dois passos também.

Com relação aos adesivos de dois passos que podem ter como solventes o álcool e a acetona, conclui-se que os adesivos que contém o solvente álcool apresentam melhores valores de adesão, pois o álcool apresenta menor grau de volatilização que a acetona, com isso quando aplicado em dentina, penetra com maior eficácia na rede de fibras colágenas. Os adesivos à base de acetona são muito sensíveis à técnica, e se o profissional não for bem orientado, a adesão poderá ficar comprometida. Isso acontece, porque a acetona apresenta um grau de volatilização maior, ocorrendo à necessidade da dentina se apresentar úmida, porém não podendo estar com excesso de água, somente brilhante, e é nesse ponto que está à dificuldade para o profissional. A necessidade de dentina úmida não é por acaso, as fibras colágenas estarão todas expostas para receber o adesivo, e para que haja uma adesão boa são necessárias algumas aplicações de adesivo. Se ocorrer ao contrário, que é a secagem excessiva ocorrerá o colabamento da rede de fibras, comprometendo assim a adesão.

Com isso podemos concluir que os adesivos de três passos são atualmente os que apresentam os melhores resultados de adesão na técnica com

condicionamento ácido total, demonstrando que a evolução é necessária, porém devemos utilizar as novidades com cuidado e responsabilidade, procurando primeiro saber a real evolução dos materiais odontológicos.

## Referências Bibliográficas

1. AASEN, SM; ARIIO, PD. Bonding systems: A comparison of maleic and phosphoric acids. *J Dent Res* 72:137, Abstr.269, 1993.
2. ALBERS, HF. Dentin-resin bonding. *Adept Rep* 1:33-42, 1990.
3. ALBERS, HF (ed). *Tooth-Colored Restoratives: An Introductory Text for Selecting, Placing and Finishing Direct Systems*. 8. ed. Santa Rosa, CA: Alto Books, 1996.
4. ALEXIEVA, C. Character of the hard tooth tissue-polymer bond. II. Study of the interaction of human tooth enamel and dentin with N-phenylglycine-glycidyl methacrylate adduct. *J Dent Res* 58: 1884-1886, 1979.
5. ASMUSSEN, E; MUNKSGAARD, EC. Bonding of restorative materials to dentine: status of dentine adhesives and impact on cavity design and filling techniques. *Int Dent J* 38:97-104, 1988.
6. BARATIERI, L. N.; et al. Estética – Restauração Adesiva em Dentes Anteriores com Fraturas: Editora Santos – Quintessence Books, 1995. P. 57-72.
7. BARKMEIER, WW; COOLEY, RL. Laboratory evaluation of adhesive systems. *Oper Dent* Suppl. 5:50-61, 1992.
8. BARKMEIER, WW; MENIS, DL; BARNES, DM. Bond strength of veneering porcelain using newer generation adhesive systems. *Pract Periodont Aesthet Dent* 5:50-55, 1993.
9. BARKMEIER, WW; SHAFFER, SE; GWINNETT, AJ. Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. *Oper Dent* 11:111-116, 1986.
10. BAYNE SC. Dental biomaterials: where are we and where are we going? *J Dent Educ.* 2005; 69 (5): 571-85.
11. BENEDIKTSSON, S; RETIEF, DH; RUSSEL, CM; MANDRAS, R. Critical surface tension of wetting of dentin. *J Dent Res* 70:362, Abstract 777, 1991.
12. BERTOLOTTI, R.L. – Contiditioning of the dentin substrate. *Oper Dent*, p. 131-36, 1992. Suplemento n. 5.



13. BOWEN, RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. II. Bonding to dentin promoted by a surface-active co monomer. *J Dent Res* 44:895-902,1965.
14. BOWEN, RL; RODRIGUEZ, MS. Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. *J Am Dent Assoc* 64:378-387,1962.
15. BOYDE, A et al. Advances in flourine research and dental caries prevention. Na assessment of two new physical methods applied to the study of dental tissues. Oxford: Pergamon Press, 1963, v.1, p185-193.
16. BRÄNNSTRÖM, M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Oper Dent* 9:57-68,1984.
17. BRÄNNSTRÖM, M; NORDENVALL, KJ. The effect of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration: A scanning electron microscopic investigation. *J Dent Res* 56:917-923,1977.
18. BRÄNNSTRÖM, M. Smear Layer: Pathological and Treatment Considerations. *Op. Dent. Sulp.* 3, p.35-42, 1984.
19. BREWIS, DM. Primers for adhesive bonding. In: *Handbook of Adhesion*, DE Packham editor, Essex: Long man Scientific & Technical, pp.362-364, 1992.
20. BUONOCORE, MG; MATSUI, A; GWINNETT, AJ. Penetration of resin into enamel surfaces with reference to bonding. *Arch Oral Biol* 13:61-70,1968.
21. BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, v. 34, n. 3-4, p. 849-853, Dec., 1955.
22. BURKE, F.J. – Dentine adhesives: the current status. *Dent Update*, v.14, n.5, p. 201-11, june, 1987.
23. CARVALHO, R.M.; YOSHIYAMA, M.; PASHLEY, E.L.; PASHLEY, D.H. *In vitro* study on the dimensional changes of human dentine after demineralization. *Arch Oral Biol*, 1996; 41:369-377.
24. CARVALHO, R.M.; MENDONÇA, J.S.; SANTIAGO, S.L.; SILVEIRA, R.R.; GARCIA, F.C.P.; TAY, F, R.; PASHLEY, D.H. Effects of different

- HEMA/solvent experimental primers on bond strength to dentin. *J Dent Res*, 2002; SI 81:50 (abstract 182).
25. CHAPELL, RP; COBB, CM; SPENCER, P; EICK, JD Dentinal tubule anastomosis: A potential factor in adhesive bonding? *J Prosthet Dent* 72:183-188,1994.
  26. CHOW, LC; BROWN, WE. Phosphoric acid conditioning of teeth for pit and fissure sealants. *J Dent Res* 52: 1158,1973.
  27. COTTON, W.R. Smear Layer on Dentin. *Op. Dent.*, 3,p. 1-2, 1984.
  28. DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, PEUMANS M, POITEVIN A, LAMBRECHTS P, BRAEM M, VAN MEERBEEK B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*.2005; 84 (2): 118-32.
  29. De MUNCK J, Van MEERBEEK B, YOSHIDA Y, INOUE S, VARGAS M, SUZUKI K, LAMBRECHTS P, VANHERLE G. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003; 82 (2):136-40.
  30. EICK, JD. Smear layer – materials surface. *Proc Finn Dent Soc* 88:225-242,1992.
  31. EICK, JD; COBB, CM; CHAPELL, RP; SPENCER, P; ROBINSON, SJ. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part I. *Quintessence Int* 22:967-977,1991.
  32. EICK, J.D. et al. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J. Dent. Res.*, v.49, p. 1359-1368,1970.
  33. ELIADES, G. Clinical relevance of the formulation and testing of dentine bonding systems. *J Dent* 22:73-81,1994a.
  34. ERICKSON, RL. Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent Suppl*. 5:81-94,1992.
  35. FUSAYAMA, T; NAKAMURA, M; KUROSAKI, N; IWAKU, M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 58:1364-1370,1979.

36. FUSAYAMA T, NAKAMURA M, KUROSAKI N, IWAKU M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res*. 1979; 58 (4): 1364-70.
37. GAGE JP, FRANCIS MJO, TRIFFIT JT. *Collagen and Dental Matrices*. 1 ed. Butterworth & Co. Ltd, 1989.
38. GARBEROGLIO R, BRÄNNSTRÖM M, Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*. 1976; 21 (6): 355-62
39. GASTMANN, D.; DONLY, K.J.; KANCA, J. Demineralization inhibition of an experimental fluoridated dentin primer. *J Dent Res*, 1997; SI 76: 94 (abstract 646)
40. GIANNINI M, CARVALHO RM, MARTINS LR, DIAS CT, PASHLEY DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhes Dent*. 2001;3 (4): 315-24.
41. GIANNINI M, SEIXAS CA, REIS AF, PIMENTA LA. Six-month storage-time evaluation of one-bottle adhesive systems to dentin. *J Esthet Restor Dent*. 2003; 15 (1) 43-8
42. GIANNINI, M.; CARVALHO, R.M.; MARTINS, L.R.M.; DIAS, C.T.S.; PASHLEY, D.H. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. *J Adhesive Dent*, 2001; 3:315-324.
43. GOES, MF; PACHANE, GCF; GARCIA-GODOY, F. Resin bond strength with different methods to remove excess water from the dentin. *Am J Dent* 10: 298-301, 1997.
44. GOING, R.E. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc*, 1972; 84: 1349-1357.
45. GWINNETT, AJ. Quantitative contribution of resin infiltration/ hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 6:7-9,1993.
46. GWINNETT, AJ; GARCIA-GODOY, F. Effect of etching time and acid concentration on resin shear bond strength to primary tooth enamel. *Am J Dent* 5:237-239,1992.

47. GWINNETT, AJ; KANCA, J. Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am J Dent* 5:73-77,1992a.
48. GWINNETT, AJ; MATSUI, A .A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol* 12:1615-1620,1967.
49. GWINNETT, A.J. Moist versus dry dentin: its effect on shear bond strength. *Am J Dent*, 1992; 5:127-129.
50. HUANG, GT; SÖDERHOLM, K-JM .*In vitro* investigation of shear bond strength of a phosphate based dentinal bonding agent. *Scand J Dent Res* 97:84-92,1989.
51. IGARASHI, K.; TOIDA, T.; NAKABAYASHY, N. Effect of phenyl-P/HEMA primer on bonding to desmineralized dentin by phosphoric acid. *J Hpn Dent Mater*, 1997; 16:55-60.
52. JOYNT, R.B. et al. Dentin Bonding Agents and the smear layer. *Oper. Dent.* V. 16, p 186-91, 1991.
53. KANCA J 3 rd. Resin bonding to wet substrate. 1. Bonding to dentin. *Quintessence Int.* 1992; 23 (1): 39-41.
54. KANCA, J. Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent* 5:213-221,1992a.
55. KANCA, J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence Int* 23:39-41,1992b.
56. KANCA, J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence Inter*, 1992; 23:39-41.
57. KERBER, L. J.; DONLY, K.J. Caries inhibition by fluoride-releasing primers. *Am J Dent*, 1993; 6: 216-218.
58. KUTTLER, Y. Classification of dentine into primary, secondary and terciary. *Oral Surg.*,v.12,p.996-1001,1959.
59. MANSON-RAHEMTULLA, B; RETIEF, DH; JAMISON, HC. Effect of concentrations of phosphoric acid on enamel dissolution. *J Prosthet Dent* 51:495-498,1984.

60. MARSHALL GW JR, MARSHALL SJ, KINNEY JH, BALOOCH M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent*. 1997; 25 (6): 441-58
61. MCLEAN, JW; NICHOLSON, IRH .A clinical and pathological evaluation of a sulphinic acid activated resin for use in restorative dentistry .*Br Dent J* 93:255,1952.
62. MJOR, I. A. Glass-ionomer cement restorations and secondary caries: a preliminary report. *Quintessence Int*, 1996; 27: 171-174.
63. NAKABAYASHI, N.; ASHIZAWA, M.; NAKAMURA, M. – Identification of a resin-dentins hybrid layer in vital human dentin created *in vivo*: durable bonding to vital dentin. *Quintessence Int*, v.23, n.2, p 42-45, apr., 1994.
64. NAKABAYASHI, N; KOJIMA, K; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 16:265-273,1982.
65. NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; IKEDA, W. – Intra-oral bonding of 4 META/MMA-TBB resin to vital human dentin. *Am J Dent*, v.8, n.1, p, 37-42,1995.
66. NIKAIDO, T; BURROW, MF; TAGAMI. J; TAKATSU, T. Effect of pulpar pressure on adhesion of resin composite to dentin: Bovine serum versus saline. *Quintessence Int* 26: 221-226,1995.
67. NISHIYAMA, N.; ASAKURA, T.; SUZUKI, K.; HORIE, K.; NEMOTO, K. Effect of a structure change in collagen upon binding to conditioned dentin studied by C-NMR. *J Biomed Mater Res*, 1995; 29: 107-111.
68. NORDENVALL, K-J; BRÄNNSTRÖM, M; MALM-GREN, O. Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth. A comparison between 15 and 60 seconds of etching. *Am J Orthodont* 78:99-108,1980.
69. PASHLEY, DH; KEPLER, EE; WILLIAMS, EC; O'MEARA, JA. The effect on dentine permeability of the time following cavity preparations in dogs. *Arch Oral Biol* 29:65-68,1984.
70. PASHLEY EL, TAOL, PASHLEY DH. Effects of oxalate on dentin bonding. *Am J Dent* 6:116-118,1993b.

71. PASHLEY, D.H.; PASHLEY, E.L. Dentin permeability and restorative dentistry: a status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent*, 1991; 4:5-9
72. PERDIGÃO, J. *An ultra-morphological study of human dentine exposed to adhesive systems*. Tese de Doutorado, Katholieke Universiteit te Leuven. Editado por Van der Poorten, Leuven. ISBN 90-801303-4-6, 1995.
73. PERDIGÃO, J.; BARATIERI, L.N.; LOPES, M. Laboratory evaluation and clinical application of a new one-bottle adhesive. *J Adhesive Dent*, 2001; 3: 257-264.
74. PERDIGÃO, J; MAY, KN; WILDER, AD; LOPES, M .The effect of depth of dentin demineralization on bond strengths and morphology of the hybrid layer. *Oper Dent* 25:186-194,2000b.
75. PERDIGÃO, J; SWIFT, EJ. Analysis of dental adhesive systems using scanning electron microscopy. *Int Dent j* 44:349-359,1994b.
76. PERDIGÃO, J; RAMOS, JC; LAMBRECHTS, P. *In vitro* interfacial relationship between human dentin and one-bottle dental adhesives. *Dent Mat* 13:218-227,1997.
77. PEREIRA PN, BEDRAN-DE-CASTRO AK, DUARTE WR, YAMAUCHI M. Removal of noncollagenous components affects dentin bonding. *J Biomed Mater Res Appl Biomater*. 2006 May 5; [Epub ahead of print].
78. PEREIRA, P. N.R.; INOKOSHI, S.; TAGAMI, J. *In vitro* secondary caries inhibition around fluoride releasing materials. *J Dent*, 1998; 26: 505-510.
79. REIS AF, OLIVEIRA MT, GIANNINI M, DE GOES MF, RUEGGRBRG FA. The effect of organic solvents on onebottle adhesives bond strength to enamel and dentin. *Oper Dent*. 2003a; 28 (6): 700-6.
80. RETIEF, DH; DENYS, FR. Adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent* 2:133-144,1989.
81. RUYTER, IE. The chemistry of adhesive agents. *Oper Dent Suppl*. 5:32-43,1992.

82. SANO H, YOSHIKAWA T, PEREIRA PNR, KANEMURA N, MORIGAMI M, TAGAMI J, PASHLEY DH. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 1999; 78: 906-911.
83. SANO, H; TAKATSU, T; CIUCCHI, B; HORNER, JA; MATTHEWS, WG; PASHLEY, DH. Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 20:18-25,1995.
84. SAUNDERS, WP; STRANG, R; AHMAD, I. Shear bond strength of Mirage Bond to enamel and dentin. *Am J Dent* 4:265-267,1991.
85. SEGURA, A.; DONLY, K.J.; QUACKENBUSH, B. *In vitro* dentin demineralization inhibition effects of an experimental fluoridated HEMA and water wetting agent. *J Oral Rehab*, 2000, 27: 532-537.
86. SILVERSTONE, L. M. et al. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res*.V.9, p.373-387, 1975.
87. SWIFT, EJ; CLOE, BC. Shear bond strengths of new enamel etchants. *Am J Dent* 6:162-164,1993.
88. TAY, FR; GWINNETT, AJ; WEI, SHY. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single-bottle primer / adhesives. *Dent Mater* 12:236-244,1996.
89. TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: a scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent*, 1996; 9:109-114.
90. TAY, F.R.; MOULDING, KM.; PASHELEY, D.H. Distribution of nanofillers from a simplified-step adhesive in acid-conditioned dentin. *J Adhesive Dent*, 1999; 2: 103-117.
91. TJAN, AHL; CASTELNUOVO, J; LIU, P. Bond strength of multi-step and simplified step systems. *Am J Dent* 9:269-272,1996.
92. TORNEY, D. The retentive ability of acid-etched dentin. *J Prosthet Dent* 39:169-172,1978.
93. TRIOLO, PT; SWIFT, EJ; MUDGIL, A; LEVINE, A. Effect of etching time on enamel bond strengths. *Am J Dent* 6:302-304,1993.

94. VAN DIJKEN, JWV; HORSTEDT, P. *In vivo* adaptation of restorative materials to dentin. *J Prosthet Dent* 56:677-681,1986.
95. VAN MEERBEEK, B; DHEM, A; GORET-NICAISE, M; BRAEM, M; LAMBRECHTS, P; VANHERLE, G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 72:495-501,1993a.
96. VAN MEERBEEK, B; INOKOSHI, S; BRAEM, M; LAMBRECHTS, P; VANHERLE, G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71:1530-1540,1992b.
97. VAN MEERBEEK, B; LAMBRECHTS, P; INOKOSHI, S; BRAEM, M; VANHERLE, G. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Oper Dent Suppl* 5:111-124,1992a.
98. VAN MEERBEEK, B; PEUMANS, M; GLADYS, S; BRAEM, M; LAMBRECHTS, P; VANHERLE, G. Three-year clinical effectiveness of four total-etch dentinal adhesive systems in cervical lesions. *Quintessence Int* 27:775-784,1996.
99. VAN MEERBEEK, B; PEUMANS, M; VERCHUEREN, M; GLADYS, S; BRAEM, M; LAMBRECHTS, P; VANHERLE, G. Clinical status of ten adhesive systems. *J Dent Res* 73:1690-1702,1994a.
100. VAN MEERBEEK, B; WILLEMS, G; CELIS, J.P; ROOS, J. R; BRAEM, M; LAMBRECHTS, P; VANHERLE, G. Assessment by nanoindentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res*, 1993; 72: 1434 – 1442.
101. XU, J.; STANGEL, I.; BUTLER, I.S.; GILSON, D.F.R. Na FT-Raman spectroscopic investigation of dentin collagen surfaces modified by 2-hydroxyethyl methacrylate. *J Dent Res*, 1997; 76:596-601.

UNICAMP / FOP  
BIBLIOTECA