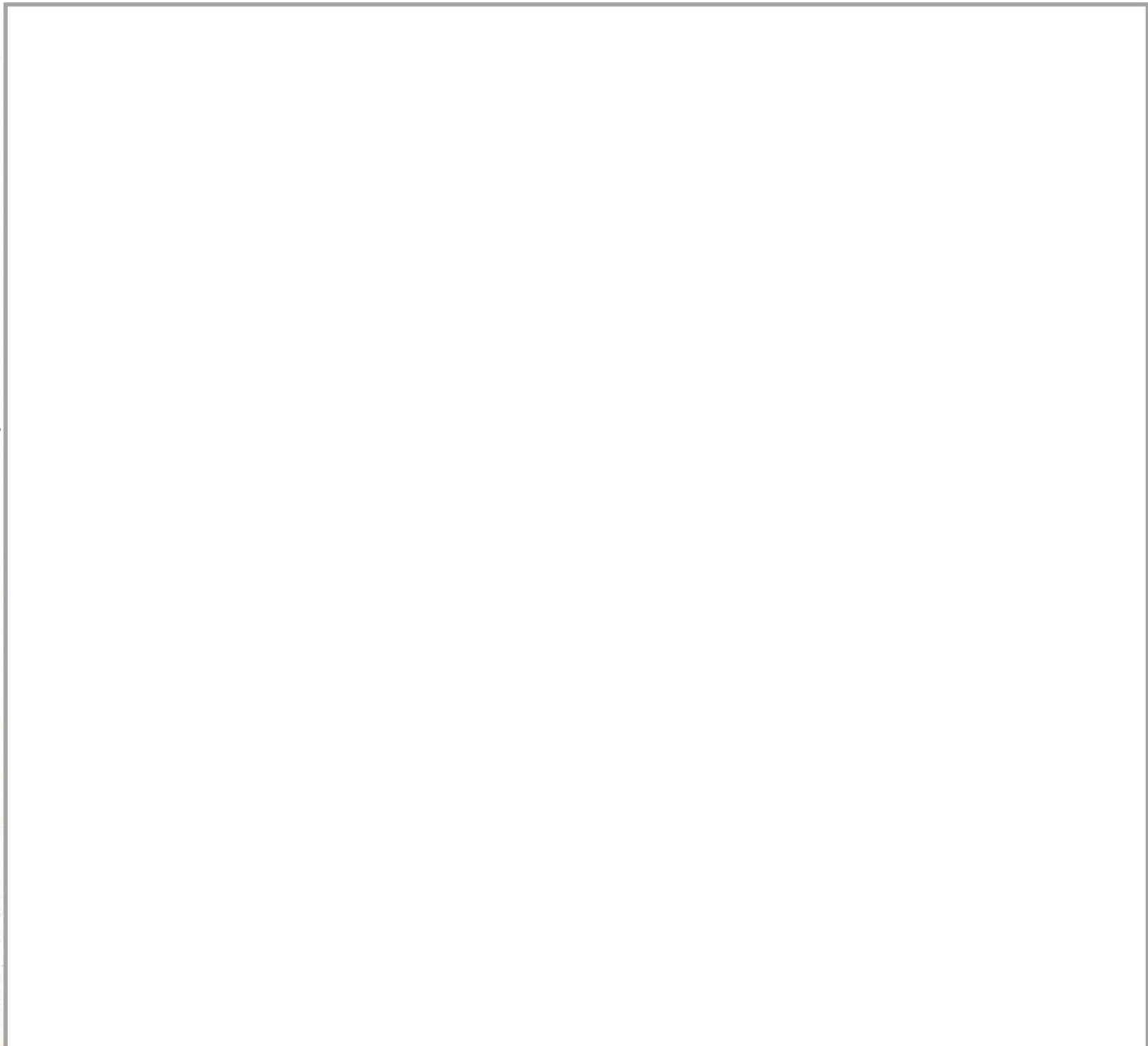


SISTEMAS ADESIVOS

*Alessandra Reis
Alessandro Dourado Loguercio
Rosa Helena Miranda Grande
Ricardo Marins de Carvalho*



Com isso, é fácil identificar uma aparência branco-opaca na superfície, após secagem, que é o indício clínico da eficiência da desmineralização.

Contudo, nem sempre tempos entre 15 e 30 segundos é capaz de produzir a desmineralização seletiva típica do ácido fosfórico. Por exemplo, um esmalte rico em flúor, como o de pacientes portadores de **fluorose** é mais resistente ao condicionamento.

Outra situação aparentemente desafiadora é o **esmalte aprismático** de dentes decíduos. Trata-se de uma delgada camada com 0,02 e 0,03 mm de espessura encontrada na parte externa da coroa, em especial na região cervical. Essa camada é resultante da compressão da camada de prismas durante os estágios finais da amelogenese (Ripa et al., 1966).

Devido ao desgaste fisiológico e à troca de conteúdo orgânico por minerais durante o processo de maturação, o esmalte de **dentes de pacientes idosos** passa a ter pouca permeabilidade. Com a idade, os poros diminuem à medida que os cristais incorporam mais íons e aumentam de tamanho (Ten Cate, 1988). Além disso, a concentração de flúor em dentes de pacientes mais idosos é também maior. Esses fatores reduzem a

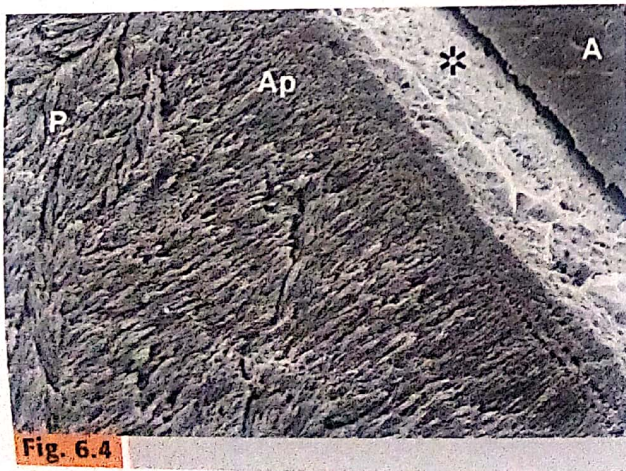


Fig. 6.4

Fotomicrografia de um corte transversal de esmalte mostrando suas zonas prismática (P) e aprismática (Ap). (Fotomicrografia gentilmente cedida pela Dra. Sandra Kiss Moura, Faculdade de Odontologia, USP.)

capacidade dos ácidos de produzirem uma desmineralização efetiva nessas superfícies.

Duas alternativas podem ser empregadas para se conseguir melhor retenção dos sistemas adesivos ao esmalte, nestas circunstâncias desafiadoras:

- ▶ **Biselamento do esmalte** – esse procedimento consiste em remover a camada mais superficial, em geral não-reativa do esmalte, e é normalmente realizado com pontas de diamante.
- ▶ **Aumento do tempo de condicionamento ácido** – esse procedimento, além de ser mais conservador, pode ser realizado com relativa segurança em esmalte.
- ▶ **Agitação do ácido** – durante o contato com o esmalte o movimento desse produto produz uma dissolução mais homogênea, pois a região de concentração iônica formada com a estagnação dos produtos de reação é parcialmente removida, permitindo o contato do esmalte com a porção mais reativa do ácido.

Adesivos hidrofóbicos

Os primeiros adesivos que surgiram eram à base de resina acrílica quimicamente ativados. Esses sistemas eram utilizados para selar fissuras em superfícies oclusais de molares, que tinham e ainda têm como objetivo o de reduzir a prevalência de lesões de cáries nesses sítios onde o tratamento preventivo com flúor não é tão efetivo como em faces livres.

Com o desenvolvimento do monômero resinoso Bis-GMA (bisfenol glicidil dimetacrilato), com alto peso molecular, praticamente os agentes de selamento o incluíram em sua composição. Devido à sua alta viscosidade, ele é usualmente associado a monômeros diluentes como o TEGDMA (tri-etilenoglicol dimetacrilato) ou metilmetacrilato na proporção de 3:1. Como visto no capítulo de Resinas Compostas (Cap. 5), outros monômeros também podem ser empregados, como o uretano dimetacrilato associado ou não ao Bis-GMA. Formulações adesivas com

monômeros hidrofóbicos certamente promovem mais durabilidade da união, pois restringem a sorção de água que qualquer material restaurador está sujeito na cavidade bucal.

Se os procedimentos restauradores se restringissem apenas à superfície do esmalte, esses agentes com caráter apenas hidrofóbico, presentes no mercado há quase 50 anos e comercializados como selantes para fissuras, poderiam ser utilizados irrestritamente. A alta retenção de selantes ao longo do tempo atesta a eficácia clínica da aplicação de agentes hidrofóbicos sobre um esmalte condicionado e seco (Poulsen et al., 2001; Simonsen, 2002).

Porém, como será visto adiante, devido às diferentes características morfofuncionais entre o esmalte e a dentina, os adesivos evoluíram muito, e passaram a apresentar cará-

ter hidrofílico, imprescindível para penetrar nas porosidades do substrato dentinário. A interação desses sistemas hidrofílicos com o esmalte será detalhada em momento oportuno neste capítulo.

A implementação da técnica de condicionamento ácido possibilitou a realização de novos procedimentos restauradores estéticos, conservadores e preventivos, tais como: selamento de fissuras, fechamento de diastemas, colagem de dentes fraturados, recornos estéticos em dentes conóides, colagem de bráquetes ortodônticos, etc.

Dentina

A dentina é um tecido mineralizado de natureza conjuntiva, que constitui a maioria da estrutura do dente. Recoberta por esmalte e cemento, esse tecido aloja no seu interior a polpa, que é um tecido conjuntivo frouxo, rico em células, fibrilas de colágeno, substância intercelular amorfa, nervos, vasos sanguíneos e linfáticos. A dentina é a porção mineralizada desse complexo tecidual com mesma origem embriológica, e deve ser considerada anatomofisiologicamente como uma extensão da polpa.

A dentina, em peso, é formada por:

- ▶ 70% de hidroxiapatita, sob a forma de cristalitos alongados;
- ▶ 20% de material orgânico, onde o colágeno tipo I representa 85%; os demais constituintes são proteínas não-colágenas;
- ▶ 10% de água.

Estruturalmente, a dentina é constituída de:

- ▶ *túbulos dentinários* → durante a dentinogênese, conforme a dentina mineralizada vai sendo formada ao redor dos prolongamentos odontoblásticos, os odontoblastos vão se retraindo em direção à polpa. Porém, a permanência dos prolongamentos no tecido em mineralização acaba resultando na formação dos túbulos, que posteriormente são preen-

Técnica do condicionamento ácido do esmalte

- ▶ Isolamento do campo operatório – preferencialmente realizado com isolamento absoluto
- ▶ Profilaxia com pedra-pomes e água – remoção da película salivar e placa bacteriana e até mesmo de alguma porção de esmalte aprismático
- ▶ Bicelamento do esmalte, quando necessário
- ▶ Aplicação do gel de ácido fosfórico (geralmente a 37%) por 15 a 30s
- ▶ Lavagem do ácido pelo mesmo tempo de aplicação, no mínimo (remoção dos produtos da reação e dos espessantes do produto)
- ▶ Secagem da superfície – visualização do branco opaco do esmalte
- ▶ Aplicação do adesivo hidrofóbico (selante) – nesse caso, o esmalte deve estar seco antes de sua aplicação, pois a umidade reduz a molhabilidade desses sistemas ao substrato de esmalte
- ▶ Aplicação de adesivo hidrofílico (adesivos universais). Nesse caso, deve-se aplicar jato de ar, após sua aplicação, para remoção do solvente presente nesses sistemas, como será visto adiante. Vale ressaltar que esses sistemas podem ser aplicados em esmalte ligeiramente úmido sem consequências para o procedimento adesivo
- ▶ O adesivo deve ser fotoativado pelo tempo indicado pelo fabricante

chidos pelo fluido dentinário. Os túbulos percorrem toda a espessura da dentina num trajeto sinuoso, têm diâmetros que variam de 2,5 μm , próximo à polpa, a 1 μm junto à junção amelodentinária (JAD). Sua quantidade também varia de acordo com a profundidade sendo aproximadamente 45.000 (próximo à polpa) a 20.000/ mm^2 , à junção amelodentinária (Marshall et al., 1997). Em valores percentuais, podem representar desde 1% da área total, próxima à JAD, até 22% próximo à polpa (Pashley, 1991) (Fig. 6.5). O fluido dentinário, mantido sob pressão, se movimenta em resposta a estímulos táteis, osmóticos ou térmicos e esse movimento está diretamente associado à sensibilidade dentinária;

- ▶ *dentina peritubular* → forma a parede dos túbulos dentinários; é hipermineralizada, com espessura variável (0,4 μm próximo à polpa e 0,7 μm na junção amelodentinária) e parcialmente desprovida de fibrilas de colágeno. Como há deposição de dentina peritubular durante toda a vida, os túbulos acabam sendo reduzidos ou obliterados (dentina esclerótica);
- ▶ *dentina intertubular* → constitui a maior parte do volume da dentina e fica entre as colunas de dentina peritubular; é composta por fibrilas de colágeno, dis-

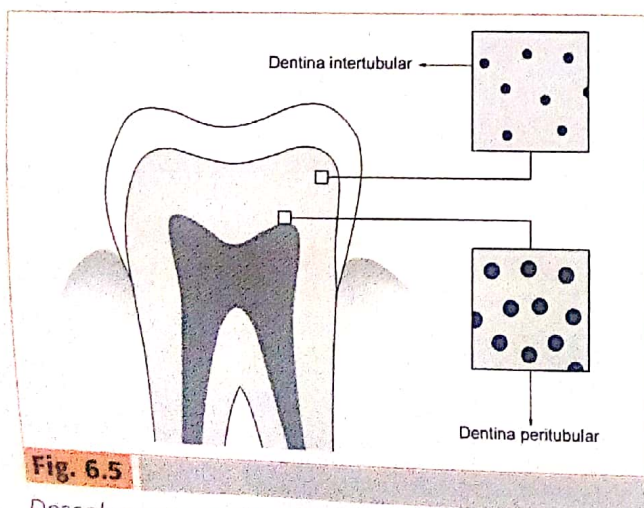


Fig. 6.5

Desenho esquemático mostrando a diferença no número e diâmetro dos túbulos dentinários nas dentinas superficial e profunda.

postas perpendicular aos túbulos, nas quais os cristalitos de apatita se depositam com seus longos eixos paralelos ao longo eixo das fibrilas (Marshall et al., 1997).

Smear layer

Uma outra característica muito importante para o entendimento da Odontologia adesiva é a formação de uma camada de esfregaço (*smear layer* – SL) durante os procedimentos de corte com instrumentos rotatórios sobre a dentina (Fig. 6.6). Essa camada resulta de remanescentes do substrato seccionado, sangue, saliva, bactérias, fragmentos do abrasivo, óleo, que se ligam à dentina intertubular e penetram nos túbulos dentinários (Fig. 6.7). A espessura da SL pode variar entre 1 e 5 μm . Camadas mais espessas desse esfregaço são criadas quando o procedimento de corte e/ou abrasão é realizado sem refrigeração com água, ou quando pontas de diamante são utilizadas ao invés de instrumentos rotatórios de aço ou carbeto de tungstênio (Pashley, 1984). A *smear layer* reduz a permeabilidade dentinária, diminuindo o fluxo de fluido dentinário.

As primeiras gerações de sistemas adesivos tentaram preservar a *smear layer* e estabelecer uma união com essa camada. No entanto, falharam devido à baixa resistência coesiva dessa camada e/ou sua baixa adesão com a dentina subjacente, transformando-a no elo fraco da união (Swift et al., 1995). A parte da camada de esfregaço que penetra nos túbulos dentinários é conhecida como *smear plugs*.

A evolução dos sistemas adesivos ocorreu basicamente em função do substrato dentinário. Alguns livros-texto classificam os sistemas adesivos em gerações, onde eles são apresentados de acordo com a forma como interagem com a *smear layer*. Porém, essa classificação é confusa, difere entre autores e, além disso, muitos desses sistemas praticamente não são mais comercializados. Assim, optou-se por classificar os sistemas



Fig. 6.6A



Fig. 6.6B

Vista oclusal de dentina coberta por smear layer. Em A, a região onde estariam situados os túbulos dentinários (anéis brancos) e as ranhuras relativas a marcas dos instrumentos rotatórios (setas brancas). Em B, visão ampliada dos túbulos (anéis brancos) e a presença de bactérias (setas brancas). (Fotomicrografias gentilmente cedidas pelo Prof. Dr. Carlos Francci, Faculdade de Odontologia, USP.)

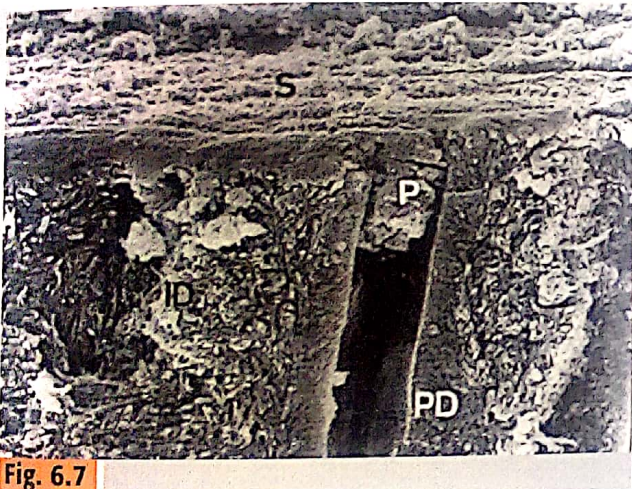


Fig. 6.7

Vista lateral de um túbulo dentinário. Em detalhe, a dentina peritubular (PD) e o smear plug (P) obliterando o túbulo. Na parte superior, há smear layer (S). (Fotomicrografia gentilmente cedida pelo Prof. Jorge Perdigão, Faculdade de Odontologia, University of Minnesota, EUA.)

adesivos em dois grande grupos: (1) aqueles que preconizam o condicionamento ácido prévio, ou técnica convencional e (2) os adesivos autocondicionantes.

Técnica do Condicionamento Ácido Prévio ou Convencional

O principal mecanismo utilizado para reter os sistemas adesivos atuais e de uso corrente baseia-se na infiltração de monô-

meros resinosos pela camada superficial de dentina previamente desmineralizada e posterior polimerização. Essa zona forma um substrato de natureza composta, denominado camada híbrida por Nakabayashi et al. (1982). Para esses adesivos, é sugerida a remoção total da *smear layer* durante o procedimento operatório com o uso de ácidos. Mas, a técnica só passou a ser utilizada a partir de meados da década de 80 do século passado, após estar mais esclarecido o potencial agressivo dos ácidos sobre o complexo dentinopulpar.

A capacidade dos ácidos de desmineralizar a dentina é contraposta pelo poder tampão do substrato, em especial o da hidroxiapatita (Wang, Hume, 1988; Camps, Pashley, 2000). Já a característica hipertônica dos ácidos estimula o fluxo do fluido dentinário em direção à junção amelodentínaria (JAD), que dificulta a penetração do ácido em direção à polpa através dos túbulos dentinários e promove sua diluição, especialmente em espessura dentínaria superior a 0,3 mm (Costa et al., 2003).

Além de remover a *smear layer* (SL) o condicionamento ácido realizado na dentina elimina o conteúdo mineral da zona mais superficial (3 a 8 μm) e reduz de modo drástico o teor de hidroxiapatita nas camadas subjacentes. Em consequência disso,

o diâmetro dos túbulos são ampliados e a permeabilidade da dentina e a pressão intrapulpar são aumentadas, expondo um tecido conjuntivo frouxo rico em fibrilas de colágeno. Tais modificações resultam numa estrutura menos mineralizada, mais porosa, mais úmida e mais rugosa (Rosales-Leal et al., 2001). O substrato passa a apresentar baixa energia livre de superfície, ou seja, menos capacidade de interagir com monômeros resinosos hidrofóbicos. Assim, o sucesso da técnica fica comprometido.

Em busca de um desfecho para o impasse criado, foram desenvolvidas soluções formadas por monômeros hidrofílicos que possibilitam o aumento da interação entre as fibrilas de colágeno e a resina fluida hidrofóbica a ser aplicada. Assim, surgiram os *primers*, que são compostos por solventes orgânicos aos quais se adicionam monômeros hidrofílicos, que dessa forma são carreados para dentro da dentina recém-desmineralizada. Os solventes presentes nesse *primer* deslocam o fluido, penetram nos microporos do tecido, participam da evaporação da água presente e deixam os monômeros hidrofílicos em contato com as fibrilas de colágeno. Ao se polimerizar o monômero, este envolve as fibrilas e forma a camada híbrida ou zona de interdifusão resinosa (Nakabayashi et al., 1982; Van Meerbeek et al., 1992) (ver Figs. 6.9 e 6.11). Completando a técnica adesiva, é aplicada uma camada de resina hidrofóbica sobre os *primers* (Fig. 6.10). Essa resina hidrofóbica não contém água nem solventes em sua composição. É composta por monômeros mais viscosos e com maior peso molecular, e são capazes de penetrar na superfície preparada pelo *primer*. Essa resina se copolimeriza com os monômeros do *primer*, garantindo espessura mínima adequada para a camada de adesivo, evitando o comprometimento da polimerização pelo contato com o oxigênio (Rueggeberg, Margeson, 1990; Hilton, Schwartz, 1995).

A penetração de monômeros resinosos pelos túbulos e canalículos forma prolongamentos de resina e anastomoses (*tags, microtags*). Toda a estrutura contendo resina

(camada híbrida, *tags* e *microtags*) é responsável por reduzir a sensibilidade pós-operatória, a microinfiltração e por aperfeiçoar a vedação dentinária em restaurações adesivas. Portanto, a técnica adesiva deve ser realizada com bastante critério, evitando ao máximo eventuais falhas, pois o sucesso da restauração a longo prazo depende desses fatores.

Como pode ser verificada, a primeira versão desses sistemas adesivos convencionais foram e ainda são comercializados em três passos:

- ▶ ácido – cuja função é preparar o substrato para adesão;
- ▶ *primer* – que é a solução hidrofílica compatível com a dentina úmida e que possui solventes em sua composição;
- ▶ adesivo – parte hidrofóbica, compatível com a resina composta.

No entanto, existe sempre um apelo comercial para a simplificação dos procedimentos com a finalidade de reduzir o tempo clínico de aplicação. No caso dos sistemas adesivos, isso foi feito diminuindo-se o número de passos clínicos pela união em um único frasco do conteúdo do *primer* e do adesivo (Figs. 6.12 e 6.13). Embora os valores de resistência de união tenham praticamente se mantido igual aos sistemas de três frascos (Tjan et al., 1996; Wilder Jr et al., 1998), essa modificação aumentou o caráter hidrofílico desses materiais, o que certamente tem implicações clínicas a longo prazo. Essa simplificação da técnica não garante necessariamente redução do tempo de aplicação, pois pelo menos duas camadas dessa solução *primer/adesivo* devem ser aplicadas nos substratos antes de sua fotoativação. A comparação desses sistemas está descrita no quadro 6.1.

O papel da água na permeação dos adesivos

A umidade residual do substrato dentinário, antes da aplicação dos sistemas adesivos, tem um papel fundamental na per-

Esquema (corte lateral) da dentina sendo condicionada. À esquerda: dentina coberta por smear layer (vermelho) sendo condicionada com H_3PO_4 a 37% (amarelo). À direita: após remoção do ácido, ocorre depleção total da smear layer, e exposição de fibrilas colágenas subjacentes (branco) após a remoção do conteúdo mineral (esferas amarelas). As setas indicam aumento da permeabilidade dentinária e da pressão intrapulpal.

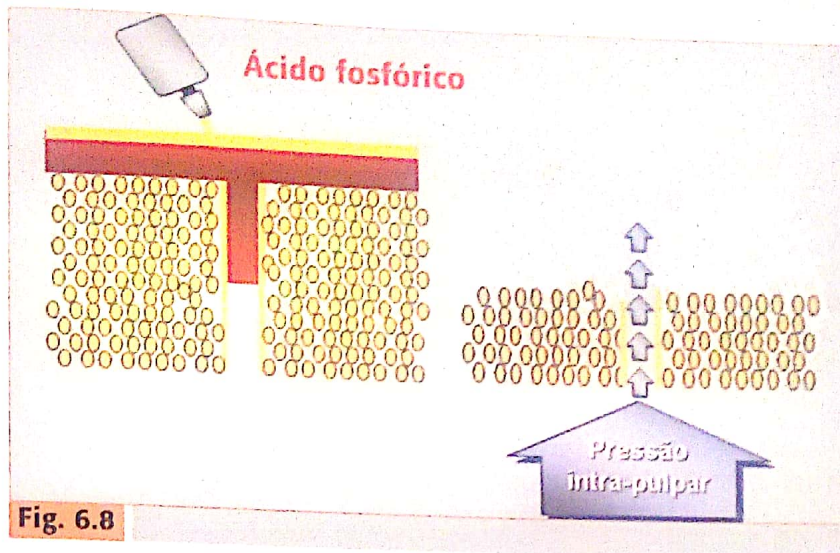


Fig. 6.8

Esquema (corte lateral) da dentina durante a aplicação do primer. À esquerda: primer sendo aplicado (azul), e à direita após a evaporação do solvente e água residual as fibrilas colágenas permanecem na sua dimensão normal, devido à impregnação dos monômeros resinosos (primer).

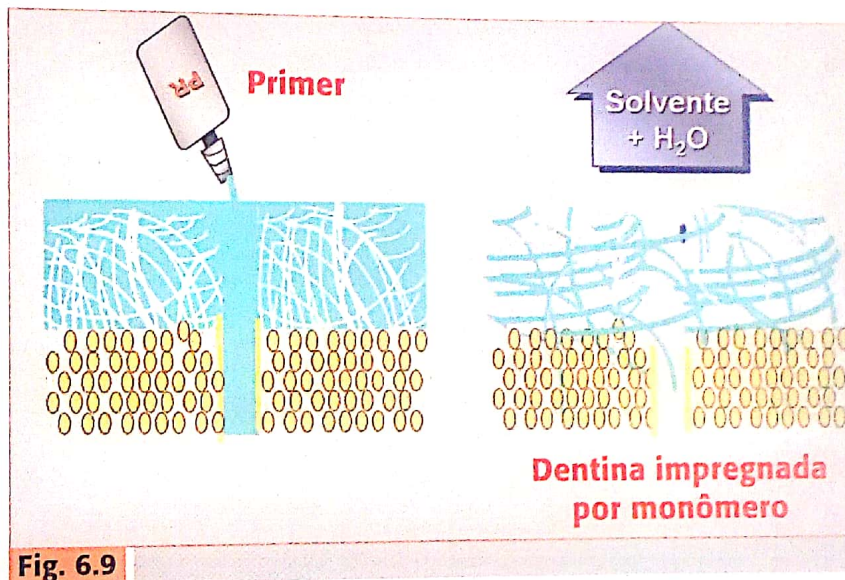


Fig. 6.9

Esquema (corte lateral) da dentina durante a aplicação do adesivo. À esquerda: aplicação do sistema adesivo, que completa os espaços deixados pelo primer (azul mais escuro), formando a camada híbrida. À direita: restauração concluída após a aplicação da resina composta (amarelo).

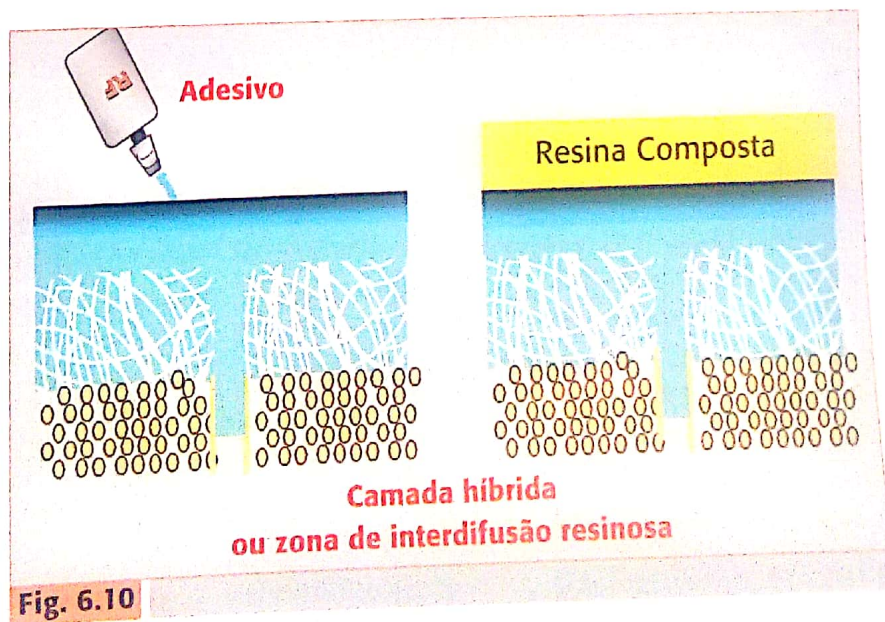


Fig. 6.10

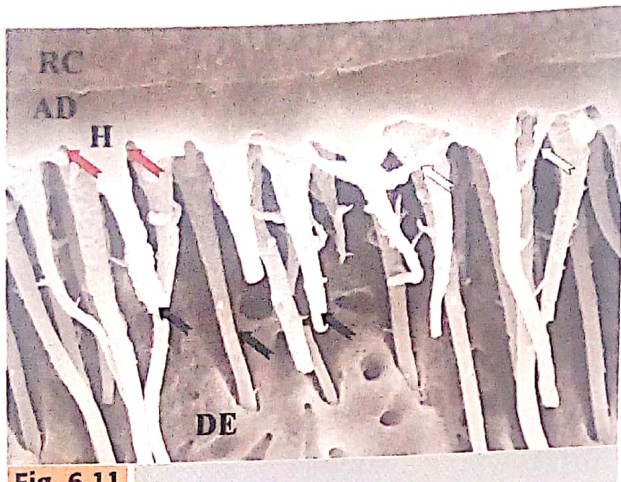


Fig. 6.11

Vista lateral da região da interface adesiva (AD) entre o que era a dentina (DE) e a restauração de resina composta (RC). Nas setas vermelhas a região de formação da camada híbrida (H). Os tags resinosos estão apontados por setas pretas, e as anastomoses intertubulares por setas brancas. (Fotomicrografia gentilmente cedida pelo Prof. Dr. Carlos Francci, Faculdade de Odontologia, USP.)

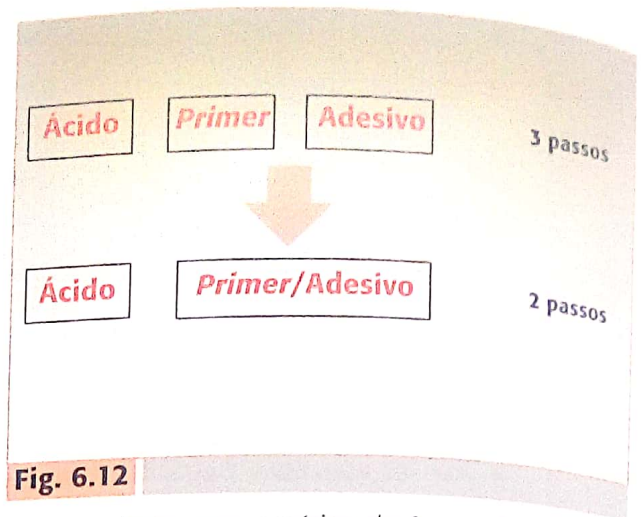


Fig. 6.12

Representação esquemática da forma de apresentação dos sistemas adesivos convencionais.

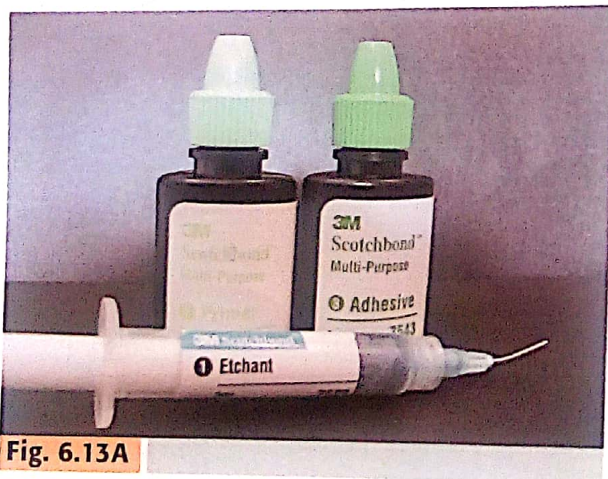


Fig. 6.13A

Exemplos de sistemas adesivos convencionais. À esquerda, de dois passos com seus respectivos condicionadores (B).



Fig. 6.13B

um sistema de três passos. À direita (A), dois sistemas

meação dos monômeros resinosos na dentina condicionada. A matriz orgânica (em especial o colágeno) exposta pelo condicionamento ácido, sem a sustentação promovida pelos cristais de hidroxiapatita, se colapsa na ausência de umidade (Fig. 6.14). De forma semelhante, é o que ocorre quando cozinhamos macarrão: enquanto há água entre os fios de um espaguete, eles não grudam entre si; por outro lado, quando a água é escorrida e o macarrão é deixado em repouso sobre a mesa por alguns minu-

tos, pode-se observar que os fios passam a grudar uns nos outros.

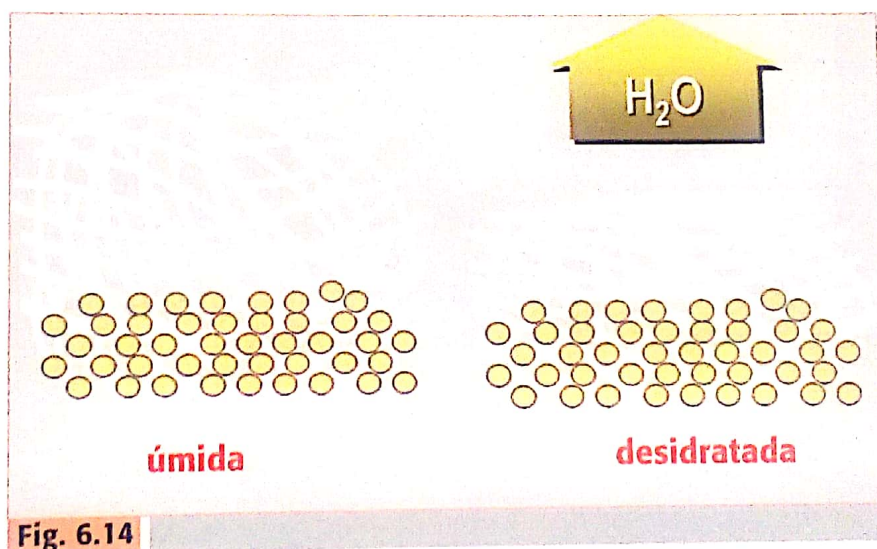
Portanto, nessas circunstâncias, a permeabilidade dentinária fica reduzida, e a infiltração dos monômeros resinosos hidrofílicos nos espaços interfibrilares é prejudicada, o que compromete a formação da camada híbrida (Pashley et al., 1993).

Se após o condicionamento ácido e a subsequente lavagem for realizada secagem excessiva com ar, a fase líquida é perdida por evaporação e reduz seu volume inicial

Quadro 6.1 – Vantagens e desvantagens dos sistemas adesivos convencionais de dois ou três frascos, que preconizam o condicionamento ácido prévio.

Sistemas adesivos	Vantagens	Desvantagens
Três passos	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiplas indicações – restaurações adesivas, cimentação de coroas e pinos • Possibilidade de ativação química • Compatibilidade com cimentos resinosos • Menos degradação ao longo do tempo (De Munck et al., 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior número de frascos • Técnica mais complicada • Necessidade de aplicação de múltiplas camadas de <i>primer</i> para saturar a dentina desmineralizada
Dois passos	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica mais simples • Valores de resistência de união semelhante aos obtidos com os adesivos de três frascos 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor número de indicações • Não podem ser ativados quimicamente • São incompatíveis com resinas e cimentos resinosos quimicamente ativados • Sistemas mais hidrofílicos e tendem a ter maior degradação ao longo do tempo

Esquema da dentina após condicionamento com H_3PO_4 a 37%. À esquerda: manutenção da integridade das fibrilas colágenas (branco) e à direita, o colapamento total dessas fibrilas. As esferas amarelas representam os cristais de hidroxiapatita da dentina mineralizada subjacente.



em cerca de 2/3 (Carvalho et al. 1996a,b). Isso ocorre porque, com a saída da água, há aumento das interações intermoleculares, através de forças de van der Waals, entre as fibrilas de colágeno, que ao se aproximarem reduzem permeabilidade para os monômeros. O adesivo aplicado nessas condições penetra apenas superficialmente e ao redor dos túbulos dentinários, sendo essa camada denominada zona híbridoide (Tay et al., 1996a,b). Valores de resistência de união (RU) inferiores são obtidos nessas circuns-

tâncias, em comparação com o substrato mais úmido (Gwinnett, Kanca, 1992; Reis et al., 2003). Dessa forma, ficou estabelecida a necessidade de ser realizar a **técnica de adesão úmida**.

O colapso das fibrilas de colágeno é um fenômeno reversível pelo simples umedecimento da superfície com água (Gwinnett, 1994; Perdigão et al., 1999). A água é capaz de romper as interações entre as fibrilas de colágeno e restabelecer os espaços interfibrilares necessários para a penetração dos monômeros.

Os sistemas adesivos se comportam de forma diferente frente à condição de umidade da dentina. Adesivos, cujo solvente é a acetona, são menos efetivos em substrato seco que aqueles à base de água (Jacobsen, Soderholm, 1998; Reis et al., 2003). Assim, adesivos sem água na composição devem ser aplicados em superfícies mais úmidas do que ao se aplicar os que contêm água ou solução de água/álcool. A acetona e o álcool (solventes orgânicos muito utilizados) não são capazes de promover a expansão do colágeno colapsado com a mesma eficiência da água (Carvalho et al., 1996a,b; Pashley et al., 2001). Além disso, esses dois solventes aumentam a rigidez do colágeno seco e colapsado, o que dificulta a infiltração dos monômeros resinosos (Maciel et al., 1996).

Conforme pode ser verificado na figura 6.16, adesivos à base de água como o SB (Single bond) e SC (Syntac Single Component) (representados pelas linhas preta e azul) possuem melhor desempenho, ou seja, maiores valores de resistência de união, quando aplicados sobre a dentina desmineralizada com menos umidade superficial. Por outro lado, o adesivo OS (One Step), que é a base de acetona, tem melhor performance em campo mais úmido. A acetona não é capaz de

romper as interações intermoleculares que ocorrem quando o colágeno é ressecado.

Clinicamente, a umidade de sistemas adesivos à base de água pode ser traduzida pela presença de um brilho superficial, como aquele proporcionado por um "lustra-móveis" na superfície da madeira. Não pode se perceber a presença de uma lâmina de água. Em contrapartida, a umidade para adesivos à base de acetona é visualizada pela presença de brilho intenso com uma nítida lâmina de água na superfície (Fig. 6.17).

É importante enfatizar que não apenas a secagem excessiva afeta o procedimento adesivo. O excesso de água tem efeito negativo na infiltração do adesivo, pois atua como barreira física e impede a penetração desse produto também pode causar a diluição do material, ou formar micelas pela separação dos monômeros hidrofóbicos e hidrofílicos, o que dificulta a polimerização dentro da camada híbrida (Tay et al., 1996a,b). Como consequência, essas micelas se acumulam na interface entre a resina e a camada híbrida, enfraquecem a união e resultam em vedamento parcial dos túbulos dentinários (Tay et al., 1996a,b). Outro fator a ser considerado é que a presença da água afeta a polimerização dos monômeros, reduzindo o seu grau de conversão (Jacobsen, Soderholm, 1995;

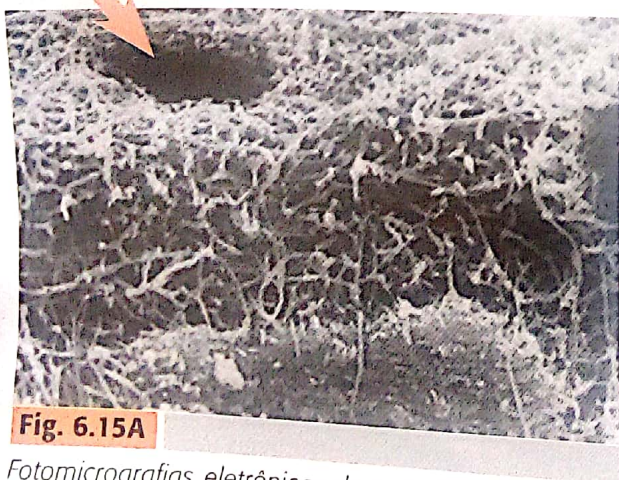


Fig. 6.15A

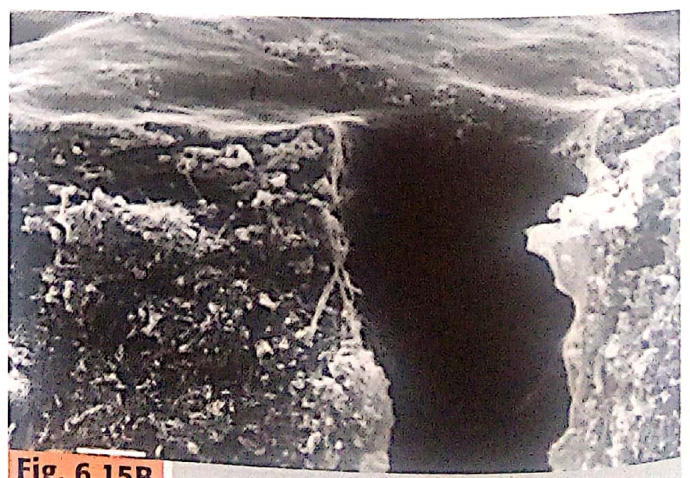


Fig. 6.15B

Fotomicrografias eletrônicas de varredura mostrando a dentina após desmineralização por ácido. À esquerda, a dentina desmineralizada foi mantida úmida evidenciando espaços entre as fibrilas de colágeno por onde haverá a permeação de monômeros. É visível a embocadura do túbulo dentinário (seta). À direita, o colapamento das fibrilas de colágeno da dentina, que após exposição pelo condicionamento ácido foi seca. (Fotomicrografias gentilmente cedidas pelo Prof. Dr. Masatoshi Nakajima, Universidade de Odontologia de Tóquio, Japão.)

Variação dos valores de resistência de união (MPa) em função da quantidade de água presente na superfície de dentina desmineralizada. Para adesivos convencionais SB – Single Bond (3M ESPE), adesivo à base de água/etanol; OS (One-Step, Bisco), adesivo à base de acetona; SC (Syntac Single Component, Vivadent), adesivo à base de água. (Adaptado de Reis et al., 2003.)

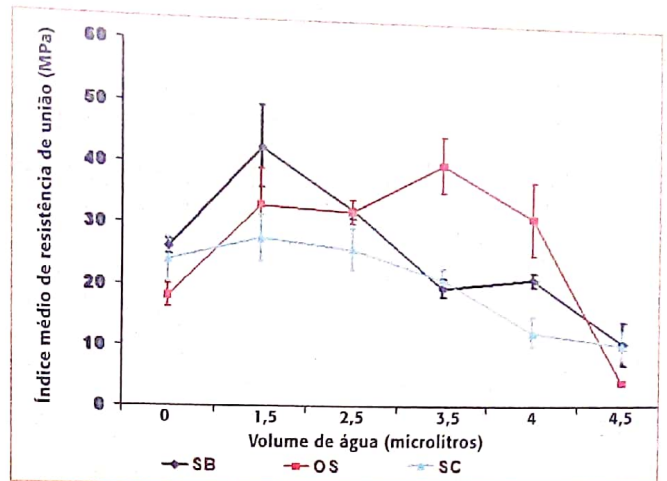


Fig. 6.16



Fig. 6.17A



Fig. 6.17B

Fotografia mostrando a diferença de umidade superficial adequada para um adesivo à base de água ou água/álcool (A) e para um adesivo à base de acetona (B).

Paul et al., 1999). Isso tem conseqüência direta na retenção e longevidade da união. Camadas de adesivos menos polimerizadas tendem a absorver mais água ao longo do tempo e conseqüentemente se degradam mais rapidamente.

Há duas formas clínicas para resguardar a umidade dentinária necessária antes da aplicação dos sistemas adesivos.

- ▶ Após a lavagem do ácido, o excesso de água pode ser removido com jatos de ar, método mais referenciado na literatura. No entanto, variáveis decorrentes do procedimento, como a distância de aplicação, a regulagem dada pelo operador e a inclinação do jato em relação à parede considerada podem levar a variações da umidade. Esse método também é

considerado de difícil realização, tendo em vista os diferentes formatos das cavidades (Reis et al., 2001). Enquanto em algumas paredes cavitárias pode haver ausência de umidade, em ângulos diedros e triedros de cavidades de Classes I, II e V há maior tendência ao acúmulo de água (Fig. 6.18), que pode resultar na variabilidade regional da resistência de união. Outras formas para se remover a umidade excessiva da dentina são através do uso de bolinhas de algodão, filtros de papel absorvente (De Goes et al., 1997) e uso de cânulas de sucção endodôntica acopladas ao sugador.

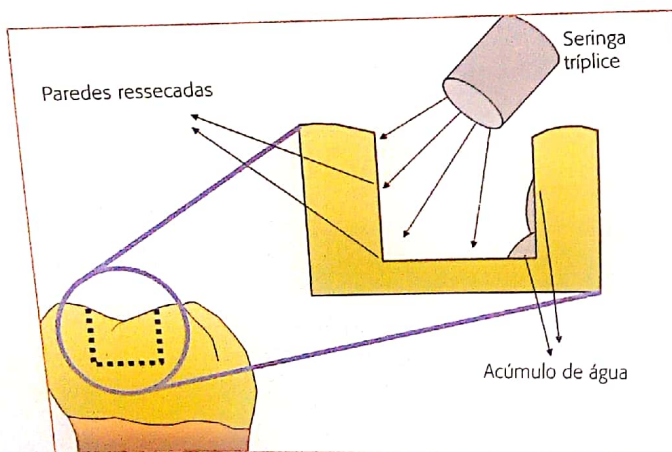
- ▶ Após a lavagem do ácido, a dentina e o esmalte podem ser secos com jatos de ar, sem exageros, pois há a possibilidade de causar injúrias pulpares. Isso per-

mite a visualização do aspecto branco-opaco característico do esmalte e indício clínico de eficiência na desmineralização e ainda permite que a dentina seja umedecida com pincéis (*microbrushs*), de acordo com o sistema adesivo que será empregado (Fig. 6.19).

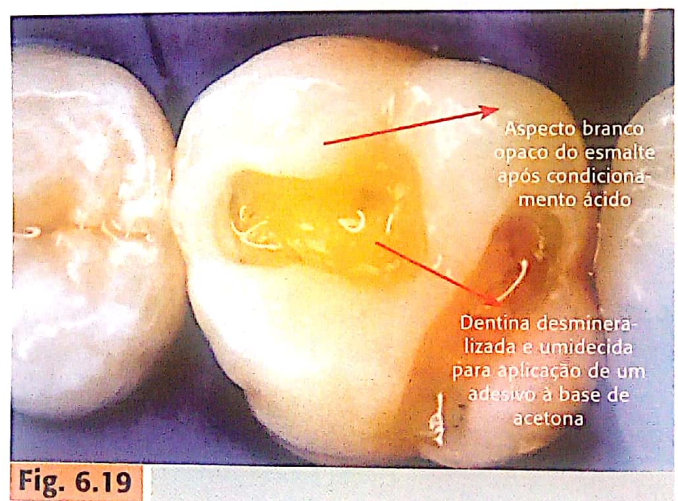
A forma de aplicação do adesivo também influencia no seu desempenho. De forma geral, os adesivos devem ser “esfregados” na superfície de dentina para facilitar a penetração dos monômeros pelas fibrilas de colágeno. Adesivos à base de água/álcool possuem menos pressão de vapor quando comparados com aqueles à base de acetona. Isso significa dizer que adesivos com solventes menos voláteis levam mais tempo para que ocorra a evaporação de todo o solvente (Fig. 6.20) e água residual presente na superfície desmineralizada. Não é por acaso que ao passar acetona sobre nossas unhas, estas ficam extremamente ressecadas; ou que ao passarmos álcool sobre uma superfície úmida esta seca rapidamente. Outro aspecto de extrema impor-

tância relacionado à aplicação dos adesivos diz respeito à quantidade de adesivo aplicada. Usualmente, os pincéis empregados para aplicar o adesivo carregam quantidades muito maiores do que a necessária. É comum ouvirmos relatos que os profissionais aplicam o adesivo e, então, espalham e afinam a camada com jatos de ar. Essa prática pode comprometer a qualidade da união, pois a aplicação de jatos de ar resulta na incorporação de oxigênio, o que compromete a polimerização e a adesão (Hilton, Schwartz, 1995). A espessura ideal de adesivo deve ser de aproximadamente 50-200 μm para funcionar como uma camada resiliente capaz de absorver parte das tensões mastigatórias (Ausiello et al., 2002).

Como pode ser observado na figura 6.20, há perda de massa gradativa, que ocorre com os adesivos que reflete, indiretamente, o grau de evaporação dos solventes presentes nesses sistemas. Pode-se observar que, durante os primeiros 5 minutos, há uma drástica perda de massa, que continua ocorrendo gradativamente até 20 min. Dificilmente este tempo é esperado



Desenho esquemático mostrando que o uso de um jato de ar para remover o excesso de água de uma cavidade pode levar ao ressecamento de algumas paredes e ao acúmulo de água em outras, principalmente em ângulos cavitários.



Fotografia clínica após o condicionamento ácido do esmalte e da dentina com ácido fosfórico a 35%. Depois da lavagem com água, todo o dente foi seco e somente a dentina foi umedecida com um *microbrush*. Isso permitiu visualizar o aspecto branco-opaco do esmalte e padronizar a umidade da dentina, necessária para a infiltração dos monômeros resinosos.

durante a aplicação clínica de um adesivo. Isso implica que o polímero formado após a fotoativação certamente possui resquícios de solventes e água, os quais podem comprometer a qualidade de polimerização e, conseqüentemente, reduzir a longevidade de união.

Dessa forma seria lícito acreditar que quanto mais tempo os adesivos são deixados na superfície dentinária, maiores são os valores de resistência de união observados. Uma análise da figura 6.21 permite observar que os maiores valores de resistência de união foram encontrados quando os dois sistemas adesivos foram mantidos por mais tempo na superfície desmineralizada antes da fotoativação. O sistema SB (Single Bond), que possui solventes menos voláteis, necessitou permanecer o dobro do tempo do sistema OS (One Step) para atingir valores de resistência semelhante. Isso implica que ao trabalharmos com adesivos que possuem solventes menos voláteis, deve-se ter mais cuidado para permitir a evaporação do solvente e água residual mais completa. Apesar dos tempos de 120 e 300s, apresentados na figura 6.21, não serem usualmente empregados na clínica, eles ajudam a compreender que a simples evaporação do solvente, muitas vezes negligenciada pelos clínicos, é imprescindível para o sucesso da técnica adesiva.

A presença de água e solvente remanescente na estrutura do adesivo reduz as propriedades mecânicas do polímero formado (Jacobsen, Soderholm, 1995; Paul et al., 1999), o que pode resultar em mais microinfiltração (Tay et al., 1995). Assim, a aplicação de jato de ar facilita a evaporação da água e de solventes. Deve-se ter cuidado durante a realização desse passo, pois o uso do jato de ar para evaporar o solvente e a água residual requer cautela e distância certa, a fim de evitar a redução excessiva da espessura do adesivo. Cerca de 15 μm da parte mais externa da camada de adesivo em contato com o oxigênio não será polimerizada de modo adequado (Rueggeberg, Margeson, 1990); assim, se a espessura for

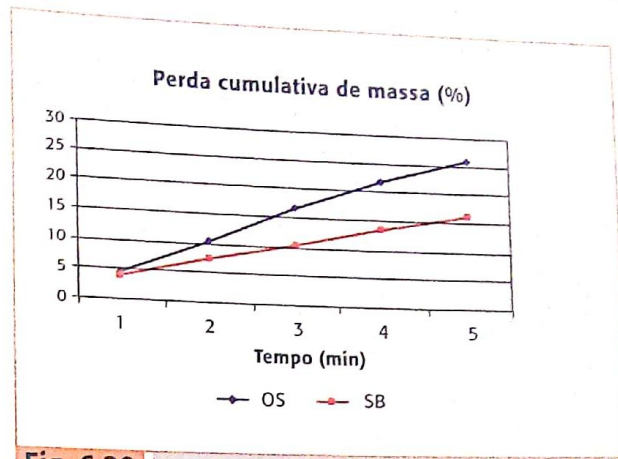


Fig. 6.20

Percentual de perda de massa cumulativa de dois sistemas adesivos convencionais (OS – One Step, Bisco; SB – Single Bond; 3M ESPE). (Adaptado de Cardoso et al., 2005.)

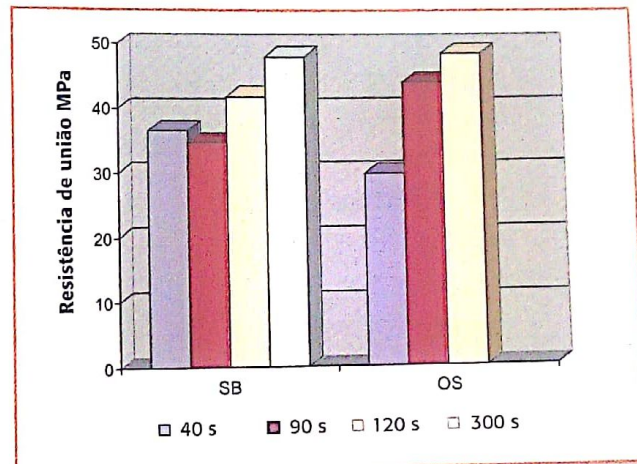


Fig. 6.21

Varição nos valores de resistência de união para dois sistemas adesivos convencionais (Single-Bond; 3M ESPE, à base de água/etanol e One Step; Bisco, à base de acetona) variando o tempo de permanência do adesivo na superfície de dentina desmineralizada, antes da fotoativação. (Adaptado de Cardoso et al., 2005.)

excessivamente reduzida poderá haver prejuízo para a formação da camada híbrida. Assim, após a aplicação do adesivo na superfície dentinária é necessária a aplicação de jato de ar à distância (20 cm, por 10s) para permitir a evaporação do solvente e água residual. Durante a realização desse passo, pode ser verificado que a viscosidade do adesivo na superfície dentinária tende a aumentar, devido à evaporação de seus componentes voláteis. A aplicação de jatos de ar muito próxima tende a incorpo-

Quadro 6.2 – Passos clínicos, função e cuidados durante a aplicação de sistemas adesivos convencionais que preconizam o condicionamento ácido prévio em dentina e esmalte.

Passos clínicos	Função	Cuidados
1. Condicionamento ácido por 30s	Desmineralização seletiva do esmalte e remoção da <i>smear layer</i> e exposição da trama de colágeno	O aumento do tempo de condicionamento em dentina, aumenta a discrepância do que é desmineralizado e a infiltração de monômeros, por isso inicia-se pelo esmalte (15s) e só depois o ácido é estendido para a dentina (15s)
2. Lavagem por no mínimo 30s	Remoção dos subprodutos da reação e espessantes dos géis ácidos	A lavagem incompleta pode deixar resíduos na superfície que interferem no molhamento do adesivo
3. Secagem com jatos de ar	Ver a aparência branco-opaco do esmalte	Esse procedimento causa o colapso das fibrilas de colágeno expostas pelo condicionamento ácido; não deve ser realizado por tempo prolongado, pois poderá causar danos pulpares.
4. Umedecimento da dentina com água	Causar a expansão das fibrilas de colágeno colabadas durante a secagem. Utilizar a umidade adequada em função do solvente presente no sistema adesivo	Não umedecer pouco (adesivos à base de acetona) ou em excesso (adesivos à base de água)
5. Aplicação do sistema adesivo, tanto em esmalte como em dentina	Promover o contato do adesivo com os substratos dentais. O adesivo deve ser esfregado na superfície para facilitar a sua penetração nas microporosidades dos substratos, por pelo menos 10s	Tempos menores do que 10s podem levar a problemas na infiltração dos monômeros
6. Aplicação de jato de ar	Causar a evaporação do solvente e da água residual da dentina	O jato deve ser feito à distância (20cm) para evitar que se incorpore oxigênio na camada de adesivo (isso inibe a polimerização); o jato de ar deve ser aplicado até que não se visualize movimento do adesivo na superfície (ele se torna mais viscoso devido à ausência de solventes)
7. Repetição dos passos 5 e 6 (ver recomendações do fabricante)	Saturar mais a dentina e o esmalte com monômeros resinosos	Essa repetição deve ser sempre realizada quando não se observar que o adesivo tem uma aparência brilhosa, úmida e uniforme sobre as superfícies
8. Fotoativação	Polimerizar os monômeros	Deixar a ponta do fotopolimerizador próxima das superfícies, a fim de evitar redução da intensidade de luz. Utilizar sempre o tempo recomendado pelo fabricante

rar oxigênio dentro da camada de adesivo, que é um inibidor da polimerização. Veja o resumo dos principais passos da aplicação dos sistemas adesivos que preconizam o condicionamento ácido total e suas funções no quadro 6.2.

Fatores extrínsecos como a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente afetam a taxa de evaporação desses solventes. O isolamento absoluto reduz a umidade relativa do ambiente bucal, criando melhores condições para a evaporação dos solventes presentes nos sistemas adesivos (Plasmans et al., 1993; 1994). Em dias muito úmidos, é de senso comum que nossos cabelos lavados demoram muito mais para secarem. Isso ocorre porque quando a umidade relativa do ar está alta, o ar está saturado de moléculas de água; assim a água no estado líquido que não consegue vencer a pressão atmosférica e não se evapora.

Variabilidade regional do substrato dentinário

A variabilidade intrínseca do substrato dentinário, traduzida pelas diferenças de pressão intrapulpar, microestrutura regional ou proximidade pulpar (Marshall et al., 1997), também exerce influência no processo de hibridização. Diferentes valores de resistência de união já foram detectados nas diferentes paredes cavitárias de um preparo MOD (Bouillaguett et al., 2001), assim como em diferentes regiões das dentinas coronária e radicular (Yoshiyama et al., 1996a,b; Shono et al., 1999). Maiores valores de resistência de união são encontrados quando a adesão é feita em substrato dentinário superficial (Fig. 6.22). A figura 6.23 mostra a diferença na concentração e tamanho dos túbulos, o que por sua vez se reflete em diferenças de umidade, pressão intrapulpar e permeabilidade, que podem ser responsáveis por esses diferentes achados. Um outro fator que pode influenciar na resistência de união diz respeito à quantidade de dentina intertubular disponível para a formação da camada híbrida. Como em dentina profun-

da a quantidade de túbulos dentinários é maior comparada com a dentina superficial, fica evidente que há menor área superficial para a adesão, pois há menos dentina intertubular.

Os estudos *in vitro* são primordiais para avaliar a efetividade dos diversos sistemas adesivos presentes no mercado, e o substrato dentinário sadio é usualmente empregado. Todavia, na clínica, os profissionais se deparam, com freqüência, com substrato dentinário alterado, ou seja, dentina afetada por cárie ou esclerosada (Carvalho, 1998). Esse substrato se caracteriza pela redução da permeabilidade associada ao aumento da dureza devido à obliteração gradual dos túbulos dentinários e hipermineralização da dentina intertubular (Pashley, 1991; Nakajima et al., 1995). Os valores de resistência de união provenientes da dentina afetada por lesão de cárie (Fig. 6.24) são inferiores aos observados em dentina sadia (Yoshiyama et al., 2000), o que denota não ser esse substrato propício para estabelecer boa união com o material adesivo.

É fato que a resistência de união em dentina esclerosada de lesões de Classe V não cariosas tratadas de forma semelhante ao substrato normal possui resistência de união geralmente 25% inferior (Yoshiyama et al., 1996b). A menor eficiência da adesão nesse substrato tem sido atribuída à com-

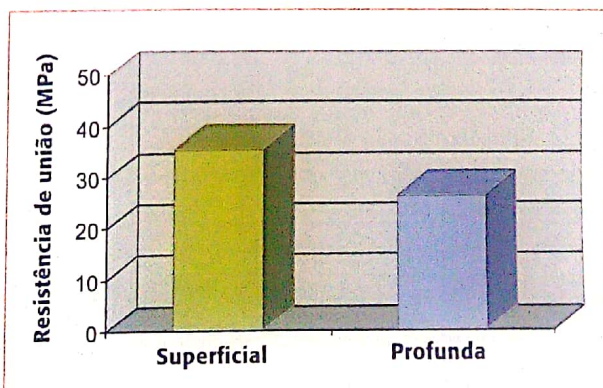


Fig. 6.22

Variação nos valores de resistência de união (One Step, Bisco) à dentina superficial e profunda. (Adaptado de Uceda-Gomez et al., 2003.)



Fig. 6.23A

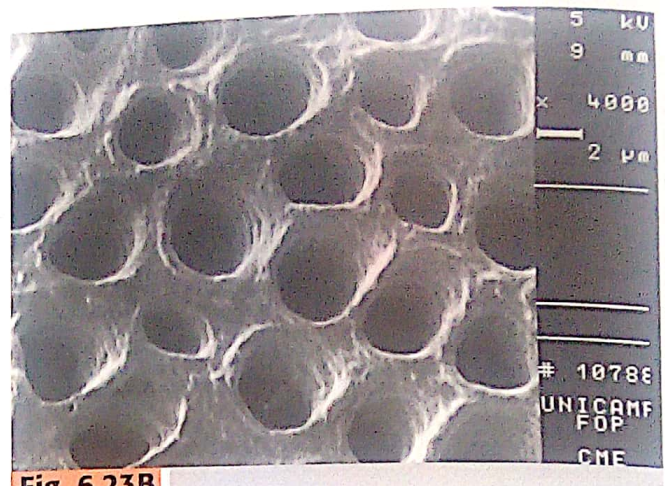


Fig. 6.23B

Microscopia eletrônica de varredura de uma dentina superficial (A) e outra profunda (B). Observe o maior diâmetro e o número de túbulos dentinários na dentina profunda. Conseqüentemente, a área de dentina intertubular para formar a camada híbrida também é reduzida. (Fotomicrografias gentilmente cedida pelo Prof. Dr. Marcelo Giannini, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP.)

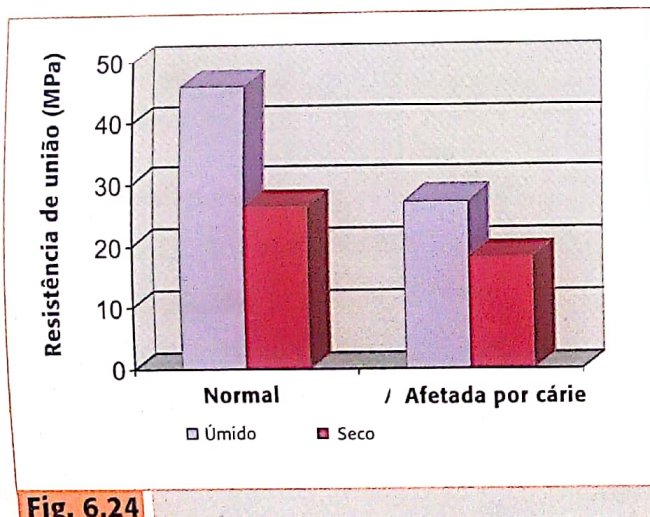


Fig. 6.24

Varição nos valores de resistência de união quando o sistema adesivo Single Bond (adesivo convencional de 2 passos) é aplicado sobre a dentina normal e afetada por lesão de cárie, tanto em campo seco como úmido. (Adaptado de Yoshiyama et al., 2000.)

binação de fatores, que incluem a obliteração dos túbulos dentinários, a presença de uma camada de dentina hipermineralizada ácido-resistente e de uma camada hipermineralizada com inclusão de bactérias (Taylor, Pashley, 2004).

Há relatos de que a camada híbrida formada em dentina esclerosada é menos espessa e mais irregular que a observada em dentina normal (Prati et al., 1999; Kwong et

al., 2000). Ela pode, inclusive, estar ausente, dependendo da espessura da camada de dentina hipermineralizada, que pode ser fina (< 0,5 µm) ou grossa (10-15 µm). A irregularidade da camada híbrida formada evidencia mais fragilidade da união. O aumento do tempo de condicionamento ou a asperização com instrumentos cortantes rotatórios e pontas de diamante são detalhes sugeridos na técnica adesiva para otimizar a adesão nesses substratos, com os sistemas atuais para os substratos alterados ou hipermineralizados (Gwinnett, Kanca, 1992; Prati et al., 1999; Lopes et al., 2003).

No entanto, de acordo com avaliação clínica de 3 anos realizada por Van Dijken (2000), a asperização de lesões cervicais (dentina esclerosada) não modificou os índices de retenção em restaurações cervicais realizadas com adesivo à base de acetona (One Step, Bisco).

A dentina esclerótica é bastante heterogênea, com áreas representativas desde a dentina normal até aquelas com túbulos obliterados e com uma camada mais espessa de dentina hipermineralizada. Esse fator somado ao fato de não haver métodos de discernimento dessas diferenças em nível clínico, realizar o aumento do tempo de condicionamento pode inadvertidamente condicionar

em excesso as regiões normais, ficando mais difícil a permeação total dessas áreas por monômeros resinosos (Prati et al., 1999) e deixando essa interface mais suscetível à degradação ao longo do tempo. Assim, frente à dentina hipermineralizada seria pertinente utilizar outros materiais que possuem mais afinidade com este tecido, como os cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina (veja Associação de Materiais, Cap. 11) que apresentam altos níveis de retenção em lesões não-cariosas de Classe V (Matis et al., 1996; Neo, Chew, 1996; Van Dijken, 2000).

Contaminação durante o procedimento de adesão

Devido à grande sensibilidade da técnica adesiva, esse procedimento deve ser sempre realizado sob condições de isolamento absoluto do campo operatório. Esse acessório evita contaminação do campo operatório por saliva e/ou sangue, o que certamente acarreta falhas adesivas.

Porém, mesmo sob condições ideais, pode haver contaminação do dente durante o procedimento de adesão. Caso a contaminação ocorra após o condicionamento ácido em esmalte, este deve ser lavado extensivamente e seco antes da aplicação do sistema adesivo (El-kalla, Garcia-Godoy, 1999). Entretanto, a contaminação do esmalte por saliva parece não ser muito significativa quando adesivos hidrofílicos são empregados, porque a presença de solventes facilita a evaporação principalmente do conteúdo aquoso do contaminante (Ramires-Romito et al., 2004) (Fig. 6.25).

Antes de se desenvolverem os *primers*, a adesão ao esmalte era praticamente realizada (e ainda pode ser) com resinas hidrofóbicas sobre sua superfície. Assim, quando os adesivos de três passos foram lançados, dúvidas a respeito do poder contaminante do *primer* sobre o esmalte condicionado foram suscitadas. Se o esmalte estiver úmido, a aplicação do *primer* é imprescindível para o sucesso da técnica. Essa

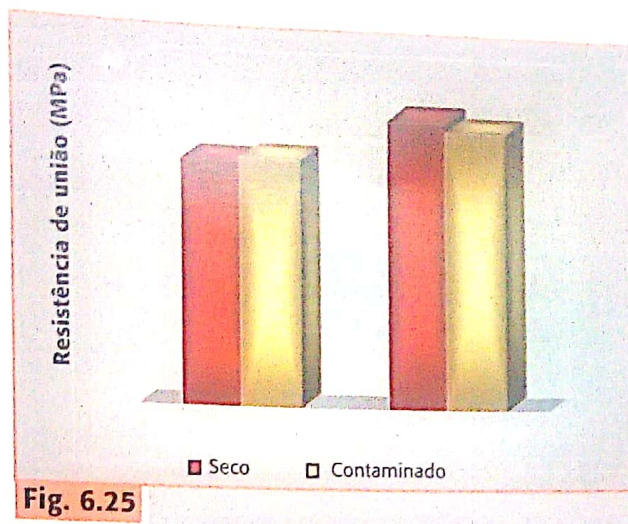


Fig. 6.25 Valores de resistência de união de dois adesivos convencionais hidrofílicos (Optibond Solo, Kerr e Prime & Bond NT, Dentsply) de 2 frascos aplicados sobre esmalte decíduo seco e contaminado com saliva. Observe que os valores de resistência de união são muito semelhantes nas duas condições do substrato. (Adaptado de Ramires-Romito et al., 2004.)

situação é bastante freqüente quando se realiza a restauração de uma cavidade que envolve dentina e esmalte. Como a dentina desmineralizada deve ser deixada úmida, na maioria das vezes, o esmalte também fica. Assim, a presença dos solventes nos *primers* ajuda a promover a evaporação da água residual na superfície do esmalte e garante bom selamento. Em procedimentos clínicos restritos ao esmalte, pode-se utilizar apenas a resina hidrofóbica presente no sistema adesivo de três frascos, desde que o esmalte condicionado seja bem seco antes de sua aplicação (Jain, Stewart, 2000; Aguilar et al., 2002).

A dentina condicionada exibe menos sensibilidade à contaminação por saliva, provavelmente devido à presença de fluido dentinário e à necessidade de mantê-la úmida antes de aplicar o sistema adesivo. Procedimento semelhante ao esmalte deve ser realizado em dentina, ou seja, lavagem abundante. Deve-se evitar um novo condicionamento da dentina, pois isso acarretaria mais discrepância entre a área infiltrada por adesivo e aquela não-infiltrada, comprometendo

a longevidade da interface de união (Hewlett, 2003).

Quando a contaminação ocorre após a aplicação do *primer* (para adesivos de 3 passos), ou da primeira camada de adesivo para sistemas de dois passos, há drástica redução dos valores de resistência de união. Nesse caso, são imprescindíveis a lavagem, a secagem e a reaplicação do adesivo, a fim de restituir a integridade da união (Kaneshima et al., 2003).

Como pôde ser verificado para os sistemas adesivos que preconizam o condicionamento ácido prévio, a manutenção da umidade ideal da dentina desmineralizada é ao mesmo tempo essencial e crítica, o que a deixa propícia a variações regionais e erros operatórios. Além disso, a remoção total da *smear layer*, aumenta a permeabilidade dentinária, deixando o sucesso dessa técnica bastante dependente de fatores como a profundidade dentinária e pressão intrapulpal (Pereira et al., 1999). Outro fator preocupante é que com esses adesivos nem toda a espessura da camada de dentina desmineralizada por ácidos é infiltrada por monômeros resinosos. Isso cria uma zona, abaixo da camada híbrida, composta por colágeno, que pode ser suscetível à ação de proteases e culminar na degradação da resistência de união (Sano et al., 1995; Miyasaki et al., 2002b).

Com o objetivo de reduzir a sensibilidade técnica associada à manutenção da trama de colágeno úmida após o condicionamento, alguns autores passaram a propor a eliminação do colágeno através de agentes proteolíticos, tal como o hipoclorito de sódio, antes da aplicação do sistema adesivo. Isso deixaria a interface de união mais porosa e propícia para a retenção com os monômeros (Wakabayashi et al., 1994; Vargas et al., 1997). Resultados conflitantes têm sido publicados com relação à eficácia dessa técnica (Frankenberger et al., 2000; Ferrari et al., 2000; Uceda-Gomez et al., 2003) e, até que os estudos alcancem um consenso, essa técnica não deve ser empregada clinicamente.

Sistemas Adesivos Autocondicionantes

Apesar de não ser uma nova abordagem de união, há pouco tempo essa técnica tem sido extensivamente estudada. Os passos de condicionamento ácido prévio da dentina e posterior lavagem e secagem são eliminados. Na verdade, a presença do ácido não foi eliminada por completo, mas sim incorporada ao *primer*, tornando esse autocondicionante. Assim, o *primer* autocondicionante é responsável pela criação de sua própria via de acesso aos tecidos mineralizados. Isso é possível graças à adição de monômeros resinosos acídicos que, simultaneamente à desmineralização, infiltram-se na intimidade da dentina e copolimerizam-se após a fotoativação. Apesar de se esperar que essa abordagem evitasse a distinta discrepância entre desmineralização e infiltração observada para os sistemas em que o condicionamento é um passo extra (Miyasaki et al., 2003), isto parece também ocorrer nos sistemas auto condicionantes (Carvalho et al., 2005; Wang Spenler, 2005)

Como consequência, a *smear layer* não é dissolvida por completo, e sim incorporada à interface de união (Fig. 6.26). A interface de união formada tende a ser menos espessa que a formada com os sistemas adesivos que preconizam o condicionamento ácido total (Kaneshima et al., 2006).

Esses sistemas adesivos podem ser comercializados em dois (*primer* autocondicionante + adesivo) ou em apenas um passo clínico (*primer* autocondicionante é misturado ao adesivo) (Figs. 6.28 e 6.29). O *primer* autocondicionante pode ainda ser frasco único ou ser resultante da mistura de dois frascos (Figs. 6.28 e 6.29). Os sistemas de passo único podem, portanto, serem acondicionados em recipientes separados ou não. Tais sistemas foram recentemente introduzidos no mercado seguindo a constante busca comercial pela simplificação. Há indícios na literatura consultada, de que os sistemas adesivos autocondicionantes comercializados em frasco único apresentam piores re-

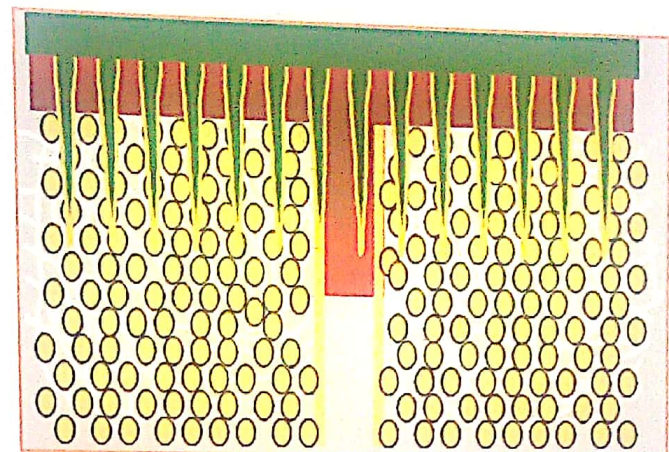


Fig. 6.26

Esquema (corte lateral) da dentina após a aplicação de um sistema adesivo autocondicionante (verde). A smear layer (vermelho) foi incorporada na interface de união. O primer autocondicionante (verde + amarelo) penetram pela extensão da smear layer até atingir a dentina subjacente (esferas amarelas).

Quadro 6.3 – Composições básicas dos sistemas adesivos convencionais que preconizam o condicionamento ácido prévio e dos sistemas adesivos autocondicionantes.

Componentes		Composição genérica
Sistemas adesivos convencionais	3 passos <ul style="list-style-type: none"> • Ácido • Primer • Adesivo 	Ácido fosfórico (32-37%) NTG-GMA; BPDM; HEMA/GPDM; 4-META/MMA; solventes (água/ etanol/ acetona) Bis-GMA/TEGDMA
	2 passos <ul style="list-style-type: none"> • Ácido • Adesivo 	Ácido fosfórico (32-37%) BPDM; HEMA; UDMA; Bis-GMA, PENTA; Fenil-P; dimetacrilatos, ácido polialquenoico; solventes (água/ etanol/ acetona)
Sistemas adesivos autocondicionantes	2 passos <ul style="list-style-type: none"> • Primer autocondicionante • Adesivo 	MDP, HEMA, 4-MET; água; etanol Bis-GMA, HEMA, MDP, PENTA, UDMA, TEGDMA, dependendo dos adesivos podem ter solventes
	1 passo <ul style="list-style-type: none"> • Adesivo autocondicionante 	Ésteres de ácido fosfórico; PENTA, UDMA, Bis-GMA/TEGDMA, Fenil-P; água

NTG-GMA: N-tolilglicidina glicidil metacrilato; BPDM: bisfenil dimetacrilato; HEMA: 2-hidroxietil metacrilato; MMA: metilmetacrilato; Bis-GMA: bisfenol glicidil dimetacrilato; TEGDMA: trietilenoglicol dimetacrilato; UDMA: uretano dimetacrilato; PENTA: ácido éster-fosfórico dipentaeritrol pentacrilato; Fenil-P: 2 metacrilóxi etil fenil hidrogeno fosfato; MDP: 10 metacrilóxi decil diidogeno fosfato; 4-MET: 4-metacrilóxi etil do ácido trimelitato; GPDM (glicidil Fenil Dime-tacrilato).

sultados laboratoriais quando testados ao esmalte ou à dentina (Van Meerbeek et al., 2003; Kenshima et al., 2005). Portanto, até que mais estudos atestem sua eficácia, esses materiais devem ser evitados em procedimentos adesivos.

Os monômeros ácidos presentes nos sistemas autocondicionantes podem ser monômeros derivados do ácido carboxílico (4-MET) ou monômeros fosfonados (Fenil-P; 10-MDP; PENTA) (Quadro 6.3). Genericamente, os sistemas adesivos autocondi-

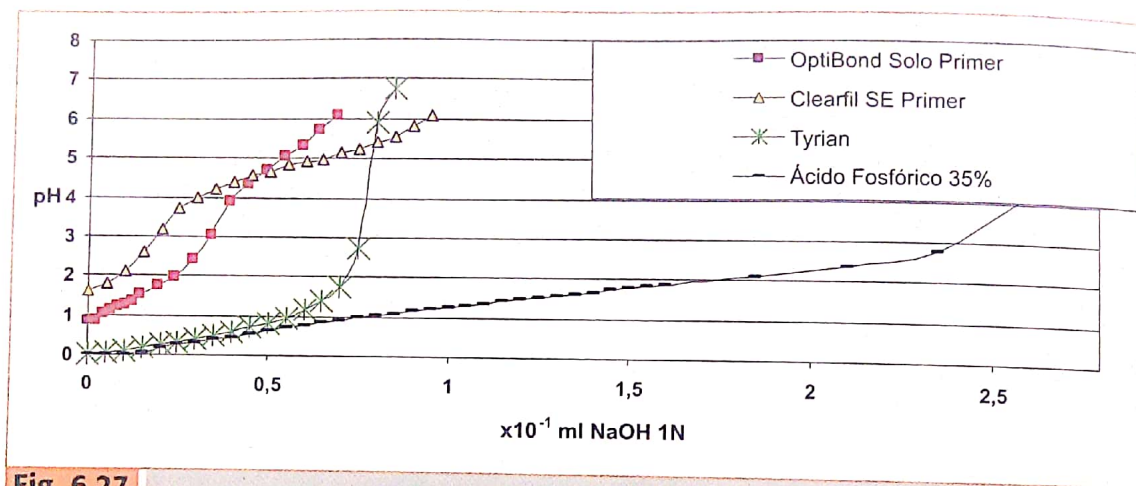


Fig. 6.27

Curvas de titulação de diferentes primers autocondicionantes (Optibond Solo Primer, Kers; Clearfil SE Primer, Kuraray; Tyrian, Bisco) em comparação com o ácido fosfórico. Observe que o pH inicial desses primers variam bastante, assim como o seu potencial em manter o pH baixo após acréscimos sucessivos de NaOH. (Adaptado de Kenshima et al., 2005).

cionantes, principalmente aqueles de dois passos, possuem o mesmo potencial para promover retenção e selamento que os adesivos convencionais (Tabela 6.1).

Classificação dos sistemas autocondicionantes

De acordo com o potencial ácido, os primers podem ser classificados em leves ($\text{pH} > 2$), moderados ($1,1 < \text{pH} < 2$) e agressivos ($\text{pH} < 1$). A figura 6.27 mostra os diferentes pH iniciais de alguns adesivos autocondicionantes em comparação com o ácido fosfórico a 37%. Ainda pode-se observar que a capacidade desses ácidos em manter o pH baixo também é variada. No entanto, a influência dessa característica no desempenho desses sistemas ainda é desconhecida.

Como previamente relatado, a *smear layer* não é removida com esses sistemas autocondicionantes. Em função disso, sua espessura no desempenho dos sistemas autocondicionantes passou a ser questionada. Sabe-se que durante procedimentos operatórios sua espessura pode variar entre 0,9 e 2,6 μm , em função do instrumento rotatório empregado e do substrato preparado (Tani, Finger, 2002). Outro aspecto observado é que instrumentos de

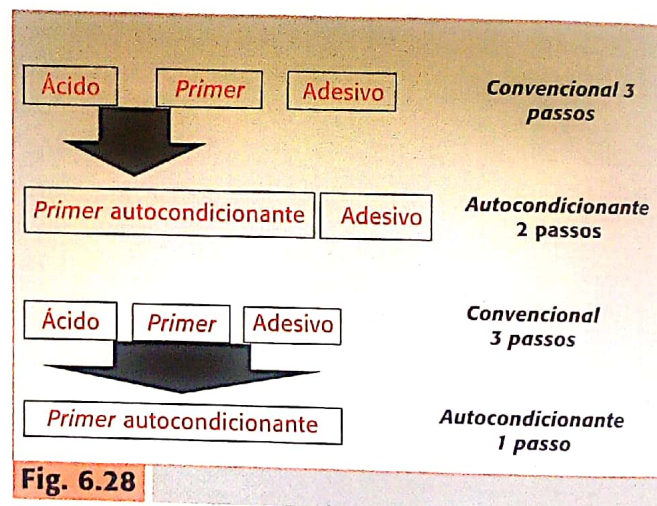


Fig. 6.28

Exemplos de sistemas adesivos autocondicionantes presentes no mercado. Observe que podem ser de dois passos ou de passo único. O primer pode ser comercializado em frasco único ou em dois frascos. Neste último caso, os líquidos devem ser misturados antes da aplicação.

diamante produzem uma *smear layer* mais compacta que a produzida por instrumentos de aço e lixas. Essa camada pode neutralizar a acidez dos primers autocondicionantes e reduzir sua capacidade de penetração até a dentina subjacente. No entanto, ainda são controversos os resultados obtidos com esses sistemas sob substratos dentinários com *smear layers* fina e gros-



Fig. 6.29A



Fig. 6.29B

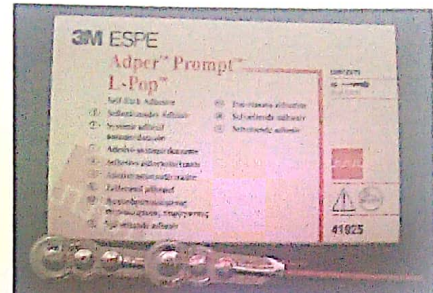


Fig. 6.29C

Exemplos de sistemas autocondicionantes de dois passos (A e B) e de um passo (C). O adesivo A (Clearfil SE Bond, Kuraray) tem um primer autocondicionante e um adesivo hidrofóbico que é aplicado depois do primer autocondicionante. O primer autocondicionante do adesivo B (Tyrian SPE, Bisco) é comercializado em dois frascos, que são misturados antes de sua aplicação na cavidade. O adesivo aplicado depois do primer é hidrofílico (One Step Plus, Bisco), e pode ser também empregado na técnica convencional. O adesivo C (Prompt L-Pop, Bisco) é um adesivo autocondicionante de passo único. Ele é comercializado em doses únicas nas quais os conteúdos dos dois reservatórios são misturados e levados com a ponta do aplicador para utilização.

Tabela 6.1 – Valores de resistência de união (MPa) obtidos por ensaio de microtração de vários sistemas adesivos à dentina – letras iguais demonstram valores estatisticamente semelhantes. (Adaptado de Kenshima et al., 2005)

Classificação	Sistemas adesivos	Média de resistência de união à dentina (MPa)
Autocondicionantes	Clearfil SE Bond (Kuraray)	40,4 ± 4,1 A
	Optibond Solo Self-etching + Adhesive (Kerr)	36,6 ± 4,1 A
	Tyrian SPE + One Step Plus (Bisco)	26,2 ± 4,7 B
Convencionais – 3 passos	Scotchbond Multi Purpose Plus (3M ESPE)	44,3 ± 3,6 A
Convencionais – 2 passos	Single-Bond (3M ESPE)	42,1 ± 2,1 A

sa. (Fig. 6.1, Ogata et al., 2001; Kenshima et al., 2005).

A camada híbrida formada com os adesivos autocondicionantes possui dois componentes distintos; um é a *smear layer* hibridizada e o outro, a dentina subjacente hibridizada. Sabe-se que *primers* autocondicionantes mais ácidos são capazes de penetrar facilmente em toda a camada de *smear layer* e atingir a dentina subjacente fazendo com que sejam formadas camadas híbridas mais espessas (Pashley, Tay, 2001). A figura 6.30 apresenta fotomicrografias feitas em micros-

copia eletrônica de varredura representativas de interfaces de união de um sistema adesivo convencional e dois sistemas autocondicionantes com diferentes valores de acidez. É bem nítida a discrepância nas espessuras das camadas híbridas formadas. Um sistema adesivo autocondicionante bem agressivo produz camadas híbridas tão espessas quanto as produzidas por adesivos convencionais. Isso não pode ser considerado como uma vantagem potencial desse sistema, pois se sabe que não há correlação entre a espessura de camada híbrida e melhor desempe-

Tabela 6.2 – Espessura da camada híbrida e resistência de união (microtração) à dentina coronária para dois sistemas adesivos com diferentes abordagens de união – letras iguais demonstram valores estatisticamente semelhantes. (Adaptado de Yoshiyama et al., 1996.)

Sistema adesivo	Camada híbrida (μm)	Resistência de união (MPa)
Convencional (All Bond 2 – Bisco)	$3,7 \pm 0,5$	$23,5 \pm 9,0^a$
Sistema autocondicionante (Imperva Bond – Shofu)	$< 0,5$	$18,8 \pm 8,8^a$

Tabela 6.3 – Resistência coesiva da mistura da resina e do *primer* autocondicionante de sistemas leves, moderados e agressivos em comparação com a resistência coesiva de um adesivo convencional (*primer* + adesivo). (Adaptado de Reis et al., 2005.)

Classificação	Sistema adesivo	Resistência (MPa)
Convencional, 3 passos	Scotchbond Multi Uso Plus (3M ESPE)	$32,9 \pm 2,3$
Autocondicionante leve, 2 passos	Clearfil SE Bond	$27,3 \pm 2,6$
Autocondicionante moderado, 2 passos	Optibond Solo	$12,7 \pm 2,1$
Autocondicionante agressivo, 2 passos	Tyrian SPE + One Step Plus	$6,1 \pm 0,8$

no, durabilidade e o resistência de união dos sistemas adesivos. A tabela 6.2 mostra que, a despeito das diferentes espessuras de camadas híbridas produzidas por sistemas convencionais e autocondicionantes, valores regulares de resistência de união semelhantes foram obtidos. Assim, a capacidade dos sistemas autocondicionantes mais ácidos de penetrar mais profundamente não deve ser vista como uma vantagem desses materiais.

Os sistemas adesivos autocondicionantes agressivos, ou seja mais ácidos, possuem a desvantagem de serem fracos mecanicamente, isto é, fraturam internamente quando submetidos à tensões dos testes, mesmo possuindo camadas híbridas tão espessas quanto a dos sistemas que preconizam o condicionamento ácido total.

O papel da água nos sistemas autocondicionantes

De forma semelhante aos sistemas adesivos convencionais que necessitam de um condicionamento ácido prévio com ácido

fosfórico, os sistemas adesivos autocondicionantes também possuem água em sua composição. A função da água é ionizar os monômeros ácidos que, por sua vez, se tornaram aptos a desmineralizar a *smear layer* e a dentina subjacente para formar uma camada híbrida verdadeira. Os sistemas adesivos autocondicionantes de passo único possuem geralmente maior proporção de água, solventes e monômeros hidrofílicos. Assim, há uma tendência de a camada de adesivo formado ser muito fina, e sua polimerização sofrer as conseqüências da inibição por oxigênio. Além disso, o grande conteúdo de solvente evidencia a maior fragilidade destes sistemas, uma vez que se sabe que a remoção dos solventes não é obtida em tempo clínico e que sua presença dentro do adesivo afeta consideravelmente as propriedades mecânicas dessa camada. Sendo assim, é bem provável que a aplicação de múltiplas camadas possa favorecer o desempenho desses autocondicionantes de passo único.

É essencial que após a aplicação dos *primers* autocondicionantes, um jato de ar seja aplicado, por tempo superior a 20 s e

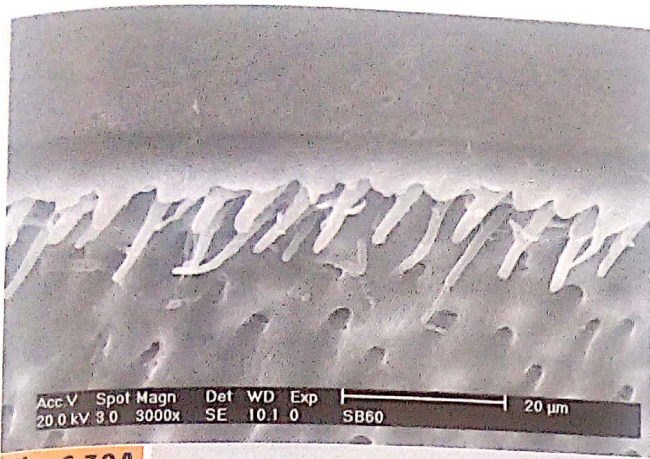


Fig. 6.30A



Fig. 6.30B

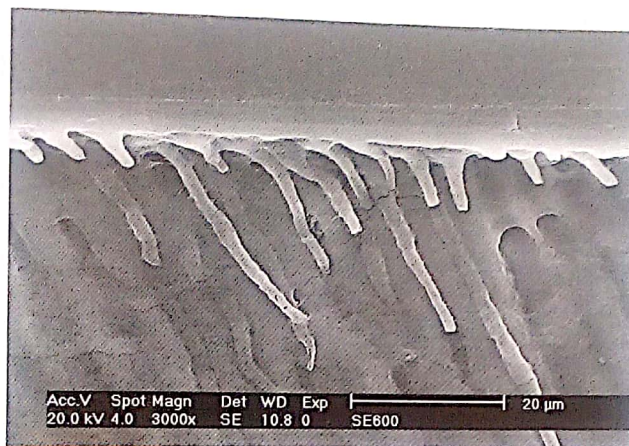


Fig. 6.30A

Micrografia eletrônica de varredura de interfaces adesivas restauradas com diferentes sistemas adesivos. A foto A representa uma interface restaurada com um sistema adesivo convencional (Single Bond, 3M ESPE), cuja espessura de camada híbrida (entre setas) é de aproximadamente 5,8 μm. A região entre setas na foto B é de uma interface de união restaurada com um sistema autocondicionante agressivo (Adper Prompt, 3M ESPE) com camada híbrida de aproximadamente 4,2 μm. A foto C é de outro sistema adesivo autocondicionante leve (Clearfil SE Bond, Kura-ray), com espessura de camada híbrida aproximada de 1,8 μm. (Fotomicrografias gentilmente cedidas pela Dra. Silvia Kenshima, Faculdade de Odontologia, USP.)

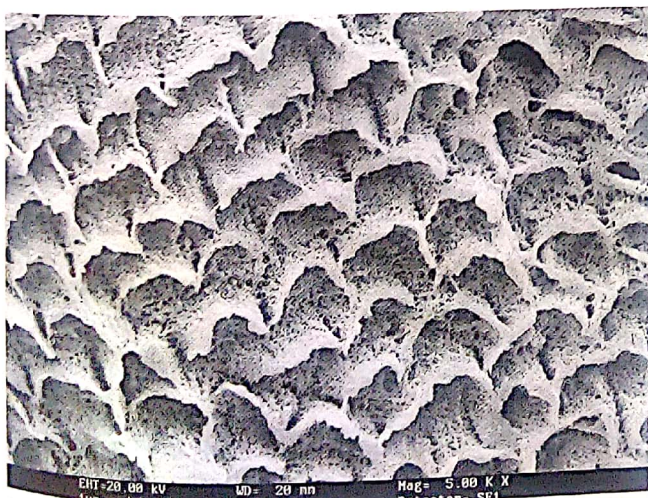


Fig. 6.31A

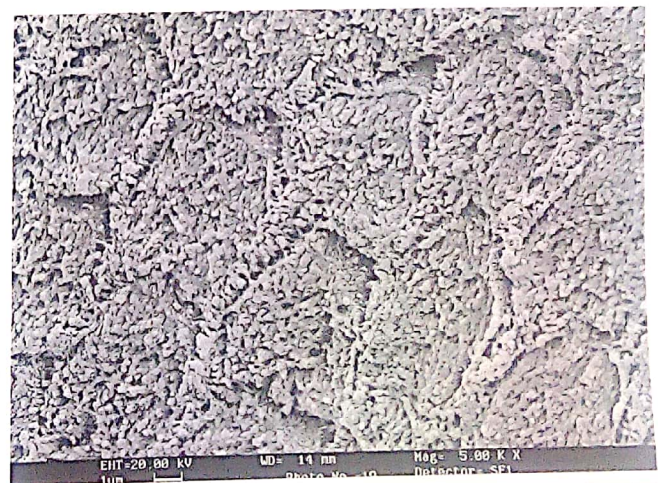


Fig. 6.31B

Fotomicrografias eletrônica de varredura do esmalte. Após condicionamento com ácido fosfórico (A) e com um primer autocondicionante com acidez moderada – NRC (Dentsply) na foto B. Observe que o padrão de condicionamento do primer autocondicionante utilizado é bem mais suave que aquele produzido pelo ácido fosfórico.

Tabela 6.4 – Valores de resistência de união obtidos pelo teste de cisalhamento (MPa) para sistemas adesivos autocondicionantes aplicados ao esmalte sob diferentes métodos após 10.000 ciclos térmicos. (Adaptado de Miyasaki et al., 2002a.)

Sistemas adesivos auto-condicionantes	Aplicação ativa	Aplicação inativa
Imperva Fluoro Bond (Shofu)	17,0 ± 2,3	13,5 ± 2,1
Mac-Bond II (Tokuyama)	18,9 ± 1,9	15,1 ± 2,3
Clearfil SE Bond (Kuraray)	24,8 ± 2,7	23,2 ± 2,2
Unifil Bond (GC)	16,0 ± 2,6	11,7 ± 2,1

à distância (pelas mesmas razões explicitadas para os adesivos convencionais). Esse procedimento elimina o grande excesso de água e outros solventes presentes no *primer* autocondicionante ou do adesivo autocondicionante (passo único) e forma polímeros mais resistentes e com menos potencial de degradação ao longo do tempo.

Em relação ao esmalte, os sistemas adesivos autocondicionantes ainda não apresentam resultados tão satisfatórios quanto àqueles produzidos após a desmineralização com ácido fosfórico. Conforme pode ser visto na figura 6.31, padrões de condicionamento absolutamente distintos são observados após o tratamento do esmalte com

Quadro 6.4 – Passos clínicos função e cuidados durante a aplicação de sistemas adesivos autocondicionantes de dois frascos.

Passos clínicos	Função	Cuidados
1. Aplicação do <i>primer</i> autocondicionante (tempo recomendado é de 10 a 20s)	Desmineralização e penetração simultânea em esmalte. Em dentina, desmineralização da <i>smear layer</i> e penetração na dentina subjacente	Esse procedimento deve ser feito de forma ativa, ou seja, esfregando-o sobre os substratos. Em esmalte intacto, pode-se aplicá-lo pelo dobro do tempo recomendado
2. Secagem com jatos de ar, por 15s	Evaporação da água (e outros solventes) que promove a ionização dos componentes acídicos	Deve ser feito à distância (20 cm) para evitar incorporação de oxigênio (inibidor de polimerização). Verifique se a superfície do substrato apresenta-se brilhosa de forma homogênea, caso contrário repita os procedimentos 1 e 2
3. Aplicação do adesivo	Saturar os substratos com mais monômeros	Verifique se o adesivo empregado possui ou não solventes voláteis em sua composição. Caso ele não possua os passos 4 e 5, não precisam ser realizados. Caso ele possua, deve-se aplicar um jato de ar para a eliminação dos solventes
4. Aplicação de jato de ar	Evaporação dos solventes presentes no adesivo	O jato deve ser feito à distância (20 cm) para evitar que se incorpore oxigênio; o jato de ar deve ser aplicado até que não se visualize movimento do adesivo na superfície (ele se torna mais viscoso pela ausência de solventes)
5. Repetição dos passos 3 e 4 (ver recomendações do fabricante)	Saturar mais os substratos com monômeros resinosos	Essa repetição deve ser sempre realizada quando não se observar que o adesivo tem aparência brilhosa, úmida e uniforme sobre as superfícies
6. Fotoativação	Polimerizar os monômeros	Deixar a ponta do fotopolimerizador próxima das superfícies para evitar redução da intensidade de luz. Utilizar sempre o tempo recomendado pelo fabricante.

ácido fosfórico e um *primer* autocondicionante moderado. O ácido fosfórico promove um padrão de condicionamento mais interprismático mais profundo em comparação com os sistemas autocondicionantes. Essa maior deficiência de produzir um padrão de condicionamento mais efetivo para o embriamento mecânico com os monômeros resinosos é, em grande parte, atribuída a presença da camada de esmalte aprismático na superfície do esmalte. Valores de resistência de união ao esmalte semelhantes entre os sistemas adesivos convencionais e os autocondicionantes podem ser obtidos, desde que o esmalte seja ligeiramente desgastado antes da aplicação do *primer* autocondicionante (Kanemura et al., 1999).

Isso, portanto, é considerado uma alternativa clínica para melhorar a retenção dos sistemas autocondicionantes ao esmalte. Outra abordagem é o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico antes da aplicação do sistema autocondicionante. Isso permite alcançar valores de resistência de união semelhantes àqueles produzidos pelo ácido fosfórico (Perdigão et al., 2000; Torii et al., 2002). Por outro lado, sabe-se que piores resultados de união à dentina são observados quando os sistemas autocondicionantes são aplicados em dentina condicionada previamente com ácido fosfórico (Torii et al., 2002). Portanto, essa técnica deve ser evitada, pois um condicionamento inadvertido da dentina durante o condicionamento com ácido fosfórico do esmalte pode afetar o desempenho dos sistemas autocondicionantes a esse substrato.

Uma terceira alternativa seria a aplicação do *primer* autocondicionante pelo dobro do tempo indicado pelo fabricante, por 20 a 30s (Ferrari et al., 2000; Perdigão et al., 2006) ou sua aplicação sob agitação, ou seja, esfregando-o sobre a superfície do esmalte (Miyasaki et al., 2002a) (Tabela 6.4).

O quadro 6.4 indica como os sistemas autocondicionantes devem ser aplicados aos substratos dentais, dando ênfase aos cuidados que devem ser tomados em cada passo clínico.