

Adesão aos substratos dentários e seus principais aspectos: uma revisão da literatura

Tiago Aurélio Donassollo

Fabio Garcia Lima

Sinval Adalberto Rodrigues-Junior

Fabio Herrmann Coelho-de-Souza

Flávio Fernando Demarco

RESUMO

Mesmo com o grande aprimoramento dos materiais adesivos nos últimos anos, a adesão aos substratos dentários continua sendo constantemente estudada e permeada por dúvidas. A adesão obtida ao esmalte tem sido considerada como sendo resistente e duradoura devido ao fato de o esmalte ser um tecido altamente mineralizado e fisiologicamente homogêneo. Por outro lado, a adesão à dentina ainda continua sendo um desafio e tem sido cada vez mais pesquisada, uma vez que esse tecido apresenta grande variação regional, além de umidade, que acaba por dificultar a obtenção de uma adesão consistente. Outro aspecto importante a ser melhor elucidado é a relação existente entre a resistência de união e o selamento marginal. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi o de analisar e discutir, através de uma revisão de literatura, diversos aspectos e questionamentos que frequentemente surgem ao se estudar o processo adesivo às estruturas dentárias.

Palavras-chave: Cimentos dentários. Esmalte dentário. Dentina. Adesivos dentinários.

Bonding to the dental substrates and the main topics: A literature review

ABSTRACT

Although the great improvement of the adhesive materials in the last years, the adhesion to the dental tissues still remains a point to be studied. The adhesion to the enamel has been considered as long term resistant, due to the fact that the enamel is a highly mineralized and physiologically homogeneous tissue. On the other hand, the adhesion to the dentin remains a challenge and continues being strongly studied, once this tissue present huge regional variance and humidity, what makes harder the obtainance of a consistent adhesion. Another relationship to be determined is the one between the bond strength and the marginal sealing, yet no well defined

Tiago Aurélio Donassollo é Doutor em Dentística – UFPel.

Fabio Garcia Lima é Doutor em Dentística – UFPel.

Sinval Adalberto Rodrigues-Junior é Doutor em Dentística – UFPel.

Fabio Herrmann Coelho-de-Souza é Doutor em Dentística – UFPel.

Flávio Fernando Demarco é Doutor em Dentística – USP.

Endereço para correspondência: Fábio Herrmann Coelho-de-Souza. Rua Ramiro Barcelos, 2492 – Bairro Santana – CEP 90035-003 – Porto Alegre/RS – Brasil. E-mail: fabio.herrmann@yahoo.com.br

Stomatoss	Canoas	v.16	n.31	p.55-68	jul./dez. 2010
-----------	--------	------	------	---------	----------------

in the literature. So, the aim of the present study was to analyze and discuss some aspects that generate doubt when the adhesive process to the tooth structures is studied.

Keywords: Dental adhesives. Dental enamel. Dentin. Dentin-bonding agents.

INTRODUÇÃO

Na prática da Odontologia de mínima intervenção, diversos motivos, como não precisar remover tecido dentário sadio, possuir grande aceitação por parte dos pacientes, possuir boas propriedades mecânicas e estéticas, fazem com que as resinas compostas ganhem cada vez mais espaço na clínica diária (Tyas et al., 2000). Uma grande evolução na Odontologia deu-se à custa deste material e da adesividade à estrutura dentária, proporcionada pelos sistemas adesivos.

A camada híbrida constitui-se pela inter-relação do polímero, proveniente do sistema adesivo, com o colágeno dentinário. Com o condicionamento da dentina com ácido fosfórico, ocorrem a desmineralização dentinária, a remoção da *smear layer*, a exposição das fibras colágenas e a abertura da luz dos túbulos dentinários. Para se conseguir a formação de uma camada híbrida ideal, a superfície dentinária deve ser condicionada por ácidos exógenos ou monômeros autocondicionantes, para posterior aplicação do *primer* que facilitará a penetração do adesivo (Itou et al., 2003).

Nos sistemas adesivos atuais, há a presença de um *primer*, que penetra na dentina preservando a estrutura do colágeno, aumentando a energia livre de superfície. Através de sua bifuncionalidade, ele promove a evaporação da água, juntamente com o solvente (porção hidrofílica), e se liga ao adesivo pela sua porção hidrofóbica, fazendo com que ela penetre na dentina por capilaridade e atração química. Desta forma, se obtém um embricamento micromecânico, baseado no entrelaçamento do adesivo com colágeno presente nos túbulos dentinários e, principalmente, na dentina intertubular.

Mais recentemente, os sistemas adesivos autocondicionantes têm tido destaque cada vez maior. Estes possuem *primers* que condicionam a estrutura dentária e, simultaneamente, fornecem monômeros que preenchem as porosidades formadas pelo efeito autocondicionante. Há, ainda, os chamados sistemas adesivos '*all-in-one*', que combinam o condicionamento, o tratamento da dentina com o *primer* e o adesivo num único passo (Inoue et al., 2001), contudo, seu desempenho ainda não se equivale aos demais supracitados (Goracci, Bertelli & Ferrari, 2004).

Com a estrondosa velocidade de surgimento de informação científica, têm se tornado difícil para o clínico, e até mesmo para o pesquisador, acompanhar os novos conceitos em cada área de domínio do conhecimento. Por este motivo, a chamada "Odontologia Baseada em Evidência", através da qual se avalia o material publicado sobre determinado assunto, analisando os resultados e criando uma inferência solidamente embasada, tem ganhado relevância (Chiappalli & Prolo, 2002).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi o de discutir e levantar hipóteses, baseado em uma revisão de literatura, sobre algumas perguntas que, frequentemente, surgem ao se estudar o processo adesivo às estruturas dentárias.

REVISÃO DA LITERATURA

A espessura da camada híbrida influencia a adesão? Qual é o efeito da zona sem hibridização?

A literatura aponta para o fato de que uma zona de dentina desmineralizada, com exposição de fibras colágenas, se não for coberta por adesivo se torna susceptível à degradação hidrolítica em longo prazo, levando à redução da resistência de união (Hashimoto et al., 2000). Do mesmo modo, Itou et al. (2003) salientam o fato de que alguns trabalhos da literatura reportam que a pobre penetração da resina ou a presença de espaços entre o topo da camada híbrida e a base do adesivo, promovem a falha nos testes de adesão.

Alguns autores têm relatado a não completa penetração do adesivo na dentina desmineralizada na técnica de adesão úmida (Leloup et al., 2001), o que seria prejudicial ao processo adesivo. A proposta do emprego de sistemas adesivos autocondicionantes surge então como uma tentativa de eliminar a discrepância entre profundidade de dentina desmineralizada e penetração do adesivo. No estudo realizado por Toledano et al. (2003), os adesivos autocondicionante e de condicionamento total apresentaram espessuras diferentes da camada híbrida. Mesmo assim, ambos apresentaram nanoinfiltração entre a camada híbrida e a dentina mineralizada, sugerindo, dessa forma, a existência de uma dentina desmineralizada não totalmente ocupada por adesivo. Seguindo o pensamento de que a espessura da camada híbrida não está relacionada à resistência de união, Yoshiyama et al. (2002) encontraram espessuras da camada híbrida entre 0,5µm e 1µm para um sistema adesivo autocondicionante e de 5µm para um sistema de condicionamento ácido total, porém sem diferença na resistência adesiva entre os dois.

Deve-se levar em consideração também o substrato, pois, conforme demonstrado por Yoshiyama et al. (2002) e Yoshiyama et al. (2003), a espessura da camada híbrida formada em dentina hígida, afetada e infectada por cárie foi diferente. Os autores observaram que, quanto maior o comprometimento da dentina, maior era a espessura da camada híbrida, o que, por sua vez, foi inversamente proporcional à resistência de união, uma vez que o rompimento se dava coesivamente na dentina nas duas últimas, devido a uma força coesiva menor da matriz de colágeno desorganizada. Além disso, deve-se levar em consideração também o fato de que, apesar de a camada híbrida ser mais espessa na dentina comprometida por cárie, o adesivo não penetra nos túbulos dentinários, por estarem “selados” por minerais oriundos da desmineralização do processo carioso. Nesta linha de raciocínio, Yoshiyama et al. (1996) já haviam encontrado diferença de profundidade de penetração de adesivo entre dentina normal e esclerosada com redução da resistência de união da segunda.

Comparando a resistência de união de um sistema adesivo de condicionamento total, aplicando Oxalato para dessensibilização antes ou depois do condicionamento ácido, Tay et al. (2003) verificaram que a resistência foi menor quando o Oxalato foi aplicado

antes do condicionamento ácido. Foi verificado que se formaram cristais obliterando os túbulos dentinários, o que dificultava a penetração do ácido e posterior penetração do agente adesivo.

Qual a durabilidade da união adesiva? Quais os fatores que influenciam essa durabilidade?

A durabilidade da adesão à dentina com a resina é diretamente relacionada com a qualidade da camada híbrida, a qual faz a união da película do adesivo com a dentina subjacente (Yoshiama et al., 1996).

A resistência de união obtida com os sistemas adesivos atuais não é eterna, sofre modificações com o passar do tempo. A maior resistência de união é relacionada às primeiras 24 horas após a aplicação do sistema adesivo e vai sofrendo uma redução à medida que o tempo passa, influenciado pelo tempo em si, meio de armazenamento, tipo de substrato e sistema adesivo empregado (Leloup et al., 2001; Sano, 2006) .

Diferentes padrões de camada híbrida serão formados de acordo com o sistema adesivo utilizado. No trabalho de Itou et al. (2003), os autores mostraram que a camada híbrida formada por um sistema adesivo autocondicionante teve uma grande diferença de aparência quando comparada com a formada pelos sistemas de condicionamento ácido total, sendo estas muito mais granulares. Além disso, a transição da camada de resina adesiva para a camada híbrida foi muito mais uniforme no autocondicionante, sugerindo que a camada híbrida foi mais bem infiltrada pela resina adesiva. Outro fato importante, segundo os autores, é que como os sistemas autocondicionantes não são lavados, restos minerais irão permanecer no interior desta camada híbrida.

Se a entrada de fluidos na camada híbrida é prejudicial, a permanência de água oriunda da técnica de adesão úmida com condicionamento ácido total também será. Esta água residual pode ser devida à incapacidade do solvente, geralmente o etanol ou acetona, de remover completamente a água no processo adesivo (Tay et al., 2003; Tay & Pashley, 2003). Desta forma, o tipo de sistema adesivo utilizado é de extrema importância, se autocondicionante (ácidos fracos ou um pouco mais fortes) ou de condicionamento ácido total (tipo de solvente – capacidade de remover água).

Wang & Spencer (2003), estudando penetração de resina na dentina desmineralizada com o sistema adesivo Adper Single Bond (3M/ESPE), comparando uma técnica considerada por eles a ideal com a técnica úmida, verificaram que nesta última houve a formação de uma camada híbrida porosa, composta, predominantemente, por colágeno e HEMA (hidrofílico), com pequena participação do BisGMA (hidrofóbico e principal componente desse adesivo). Portanto, neste sistema, o principal componente da camada híbrida porosa, que permite a transição de fluidos e provavelmente possui água residual, é um monômero hidrofílico, o que facilita tal percolação (Itou et al., 2003; Tay & Pashley, 2003; Hashimoto et al., 2003).

Um fator que deve ser levado em consideração com relação aos adesivos autocondicionantes, é que, segundo Cardoso et al. (2003), podem permanecer íons H^+ livres por um determinado período. Não seriam estes íons susceptíveis à formação de ligações iônicas com a água? Se o forem, estes podem aumentar a hidrólise adesiva. Segundo Tay & Pashley (2003), a adesão formada pelos sistemas autocondicionantes com monômeros hidrofílicos, com menor peso molecular e mais grupos carboxílicos, se deteriora mais rapidamente.

Outra contribuição importante à resistência de união pode ser dada pela presença de carga no sistema adesivo. Em dentina profunda, Toledano et al. (2003) verificaram que os maiores valores de adesão foram para os adesivos com partículas de carga nanométricas na sua composição. A camada superficial desses adesivos, entre a camada híbrida e a resina composta se apresentou mais espessa. Assim, apesar de eles não penetrarem tanto na rede de colágeno, eles podem formar uma camada uniforme, a qual estabiliza a camada híbrida, além de sofrer menor contração de polimerização, uma vez que possui menor quantidade de matriz orgânica na sua composição.

Os valores de resistência de união *in vitro* são similares àqueles obtidos *in vivo*?

Takahashi et al. (2002), estudando a resistência de união de um sistema adesivo de condicionamento total e outro autocondicionante, *in vivo* (1 dia e 1 ano), tendo como controle as mesmas restaurações executadas *in vitro*, verificaram que para o sistema autocondicionante não houve redução na resistência adesiva no período estudado, porém, para o sistema de condicionamento ácido total, houve significativa redução da resistência adesiva se comparar *in vitro* com 1 ano *in vivo*. Apesar de não haver diferença nos dois períodos *in vivo*, houve uma clara tendência à redução da resistência de união no período de 1 ano, quando as porosidades da camada híbrida aumentaram, provavelmente pela liberação de monômeros não polimerizados. Outro fator de extrema importância *in vivo* é que, nestas condições, o fator-C e os estresses mastigatórios podem prejudicar a resistência de união, o que poderia explicar os baixos valores de resistência para o sistema de condicionamento total, após 1 ano.

Com o emprego de um sistema adesivo de condicionamento ácido total, Hashimoto et al. (2003) verificaram que, num período de 24 horas, 1 a 2 anos e 2 a 3 anos, houve um decréscimo gradativo da resistência adesiva à microtração. Os autores especulam que a nanoinfiltração na cavidade oral é causada pela deterioração da zona de dentina desmineralizada que existe na parte mais profunda da camada híbrida. Portanto, a eliminação desta zona de dentina desmineralizada da estrutura adesiva é essencial para aumentar a longevidade de restaurações de resina composta.

Deve-se levar em consideração o fato de que nos testes de resistência de união *in vitro* são aplicadas cargas até que ocorra a completa fratura do corpo de prova, ou seja, se existe um defeito na interface adesiva, a fratura vai começar por esta região e a fenda

vai aumentando até que haja o rompimento. Na situação clínica, a falha adesiva vai se dar de forma diferente, uma vez que não há a aplicação de uma força contínua até que haja o rompimento, e sim uma série de forças intermitentes, ao longo do tempo, com uma velocidade de propagação da trinca mais lenta (Leloup et al., 2001).

Outro fator importante é a diferença do substrato entre estudos *in vitro* e *in vivo*, principalmente com relação à pressão pulpar. Neste intuito, simula-se *in vitro* esta pressão, quando se obtêm valores inferiores de resistência de união se comparados com os estudos que não simularam esta pressão (Leloup et al., 2001).

Carvalho et al. (2003) verificaram que, quanto maiores foram os espaços interfibrilares (colágeno) sem penetração dos adesivos em dentina seca, menores foram os resultados de resistência de união. Conforme anteriormente discutido, espaços da dentina desmineralizada não preenchidas por resina adesiva servem de meio de percolação de fluidos, o que acelera a hidrólise adesiva (Itou et al., 2003; Tay & Pashley, 2003, Hashimoto et al., 03).

Com relação à resina composta, a sorção de água que acontece ao longo do tempo diminui as suas propriedades mecânicas, por gerar estresse entre a matriz orgânica e a carga, podendo levar à falha nesta região por formação de trincas (Hashimoto et al., 2000). Neste trabalho, os autores verificaram diminuição da resistência de união avaliada através de microtração após um período que variou de 1 a 3 anos em meio oral, sendo resultado de uma depleção da matriz de colágeno. É sugerido, por evidências microestruturais vistas em MEV, que a rede de colágeno exposta foi digerida por enzimas proteolíticas liberadas por leucócitos, glândulas salivares e bactérias da placa. Confirmando tal hipótese, os autores encontraram um aumento das fraturas ocorrendo em dentina desmineralizada. Isto não é possível de ocorrer em estudos *in vitro*.

Apesar de os testes *in vitro* serem importantes “peneiras” no momento de avaliação de materiais, conforme concluem Sudsangiam & Van Noort (1999), evidências clínicas continuam sendo o único meio confiável de seleção de agentes de união à dentina (Hickel et al., 2010).

A união à dentina cariada ou à dentina hipermineralizada é similar àquela obtida na dentina normal? Qual é a influência do desafio cariogênico sobre a resistência de união?

Considerando a resistência de união à dentina cariada contaminada e infectada, vários autores observaram, através do teste de microtração, que a resistência de união é inversamente proporcional ao grau de acometimento da dentina, tanto para os sistemas adesivos autocondicionantes quanto para os de condicionamento total (Yoshizama et al., 2002; Yoshizama et al., 2003). Isso ocorre numa relação inversa à profundidade de penetração do adesivo. Os autores verificaram também que os sistemas autocondicionantes não formaram camada híbrida em zonas de dentina infectada espessa. No entanto, em

zonas mais delgadas, eles conseguiram formar camada híbrida na dentina contaminada da subjacente. O principal problema seria a baixa resistência coesiva dessa dentina, menor que a resistência de união propriamente dita. Além do mais, as ligações por ponte de hidrogênio entre o colágeno e a resina que ocorrem na dentina normal e, talvez, na contaminada, e que poderiam contribuir para a resistência de união total, não ocorrem na dentina infectada, pois a matriz de colágeno está desnaturada.

Yoshiyama et al. (2003), avaliando a resistência de união por microtração do sistema autocondicionante Clearfill Liner Bond 2V entre as dentinas normal, contaminada e infectada, encontraram respectivamente os seguintes valores: 45 MPa, 30 MPa e 10 MPa. Isso ocorreu, segundo os autores, pela fraca resistência coesiva da matriz de colágeno desorganizada. Apesar da comprovação dessa redução da resistência de união à dentina cariada, é necessário se considerar que, clinicamente, este substrato está, em geral, localizado na porção mais profunda da cavidade e, portanto, envolto por substrato sadio. Nessas condições, o tecido sadio tem condições de prover a resistência de união necessária para assegurar um selamento efetivo, a fim de que as bactérias ali presentes tenham seu metabolismo inativado, paralisando, conseqüentemente, a lesão (Yoshiyama et al., 2003). Em condições *in vivo*, após um período entre 1 e 3 anos, em dentes decíduos restaurados com resina composta, Hashimoto et al. (2000) não encontraram modificação da resistência de união por microtração em dentina afetada por cárie.

Com relação à dentina hipermineralizada, como a esclerótica formada abaixo de lesões crônicas de cárie ou em lesões cervicais não cariosas, também existe uma dificuldade maior para o processo adesivo (Baseggio et al., 2009). Cogita-se que essa dificuldade ocorra basicamente por dois fenômenos distintos: a oclusão dos túbulos e a formação de uma camada superficial hipermineralizada. Observa-se um aumento na distribuição e no tamanho dos cristais presentes na dentina esclerosada em relação à normal. Segundo Tay & Pashley (2004), a matriz de colágeno desnaturada na presença de bactérias serve de arcabouço para o processo de hipermineralização que passa a englobar as bactérias ali presentes. Ambos, sistema adesivo convencional e autocondicionante, têm dificuldade em ultrapassar a barreira da dentina esclerosada, tanto pela camada hipermineralizada superficial, quanto pela obliteração dos túbulos e pela presença de bactérias.

Yoshiyama et al. (1996) compararam a resistência de união, por microtração, entre dentina de lesões cervicais criadas artificialmente através de broca (dentina normal) com lesões não cariosas naturais (dentina hipermineralizada), encontrando redução significativa neste último substrato. Os autores verificaram que, com o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 e Scotchbond Multi-Purpose, não houve penetração na dentina de lesões naturais, o que foi devido a presença de minerais nos túbulos dentinários; entretanto, na dentina normal, houve penetração para ambos. Em função disso, houve menor resistência de união na dentina esclerosada.

Quanto ao desafio cariogênico, o mesmo poderia, supostamente, promover a dissolução ácida do adesivo, principalmente quando este possui porosidades ou vias de

acesso para a penetração de tais ácidos. Itou et al. (2003) mostraram que um sistema adesivo autocondicionante promoveu uma melhor infiltração desse material do que outros três sistemas de condicionamento ácido total, o que conferiu a ele uma maior resistência à dissolução por NaOCl.

A adesão à dentina é similar àquela obtida em esmalte? Qual é a influência das variações regionais?

Apesar dos diferentes padrões de condicionamento do esmalte, em relação à área do prisma atingida, clinicamente a união é considerada estável. Com o condicionamento ácido do esmalte, há limpeza superficial, aumento da energia livre de superfície, desmineralização parcial e formação de microporosidades. Com a posterior aplicação do sistema adesivo vai haver a penetração deste nas irregularidades do esmalte, criando uma retenção micromecânica estável, o que é favorecida pela ausência de umidade no substrato (Hashimoto et al., 2003; Miguez et al., 2003).

Em dentina, o processo de adesão é diferente. As diferenças iniciam pela composição do substrato, com menor conteúdo inorgânico, maior quantidade de colágeno, umidade, presença de diferentes substratos no mesmo tecido (túbulos, dentina inter e intratubular, prolongamentos citoplasmáticos, fluido tissular) e com variações relacionadas à idade do paciente, condição pulpar e profundidade da cavidade. Em cavidades rasas, a dentina apresenta menor quantidade de túbulos dentinários (20.000/mm²) com diâmetro médio de 0,6 µm, e predomínio de dentina intertubular (96% da área) a qual é rica em colágeno. Em contrapartida, na dentina profunda, a quantidade de túbulos é de 45.000/mm², com diâmetro médio de 2,4 µm, com pouca quantidade de dentina intertubular (12% da área) e com a presença de muita umidade (Inoue et al., 2001; Leloup et al., 2001). Desta forma, tem-se uma diferenciação significativa entre os substratos, o que pode refletir em um comportamento diferenciado dos sistemas adesivos.

Enquanto Coelho-de-Souza et al. (2008) apresentaram restaurações com término em esmalte biselado livres de fenda marginal, mesmo após termociclagem e armazenamento em água por 6 meses, em outro estudo Coelho-de-Souza et al.^b (2008) demonstraram que tanto os adesivos convencionais (com condicionamento ácido) quanto os autocondicionantes não conseguiram impedir a formação de fenda em todos os espécimes em restaurações de resina composta com término cervical em dentina.

Com relação às variações regionais da dentina, Leloup et al. (2001), numa meta-análise de fatores envolvidos na adesão à dentina, verificaram que em dentina bovina existe uma menor resistência de união, o que poderia ser explicado pelo fato dos túbulos dentinários serem mais calibrosos, onde somente em dentina rasa obtêm-se valores semelhantes de resistência de união aos de dentes humanos. Por analogia, este maior diâmetro dos túbulos poderia ser comparado à dentina humana profunda.

Outro fator bastante importante, que prejudicaria a adesão em dentina profunda, é a pressão pulpar. Leloup et al. (2001) concluíram que os estudos *in vitro* simulando esta pressão pulpar, fornecem valores menores de resistência de união.

Atualmente, com o avanço dos sistemas adesivos, a resistência de união à dentina assemelha-se à do esmalte. Cardoso et al. (2002) não encontraram diferença estatística dos valores de microtração entre esmalte e dentina para dois diferentes sistemas adesivos (condicionamento total e autocondicionante). Contudo, um desvio-padrão maior foi observado quando as margens localizavam-se em dentina, o que demonstra a maior variabilidade regional e dificuldade de padronização deste substrato.

A literatura tem apontado para uma dificuldade de obtenção de uma adesão satisfatória dos sistemas adesivos autocondicionantes em esmalte, por serem ácidos fracos e o esmalte ser dotado de alto conteúdo mineral. Apesar de os testes de microinfiltração terem sido bastante questionados com relação à sua validade de predição de qualidade adesiva, Besnault & Attal (2001) observaram que um sistema adesivo autocondicionante mostrou maior infiltração em esmalte do que o adesivo de condicionamento total.

Existe correlação entre resistência de união e selamento marginal? Essa relação poderia ser esperada?

O processo adesivo traz consigo, através do embricamento micromecânico e da íntima relação com o colágeno, qualidades da interface dente-restauração que se traduzem pelo selamento marginal, obliteração dos túbulos dentinários e retenção da restauração pela união adesiva. Os sistemas adesivos idealmente deveriam, entre outras coisas, proporcionar um ótimo selamento marginal e uma alta resistência de união. No entanto, investigações científicas têm demonstrado variabilidade na associação destes dois fatores (Pereira et al., 2001; Guzmán-Armstrong, Armstrong & Qian, 2003; Cenci, Demarco & Carvalho, 2005).

Embora haja uma crença comum, suportada por alguma evidência, de que alta resistência de união possa implicar em adequado selamento marginal (Baseggio et al., 2009), esta relação não está bem estabelecida na literatura. Alguns estudos avaliaram a relação entre essas variáveis, apresentando resultados controversos (Pereira et al., 2001; Guzmán-Armstrong, Armstrong & Qian, 2003; Okuda et al., 2002).

A incompleta penetração da resina na dentina desmineralizada pelo condicionamento ácido tende a diminuir a resistência de união, assim como acelerar a penetração de água nesses espaços nanométricos, caracterizando a nanoinfiltração. Vários problemas têm sido apontados como decorrentes desse processo, como descoloração marginal, cárie secundária, sensibilidade pós-operatória e até perda da restauração, uma vez que é o primeiro passo para uma contínua degradação da rede de colágeno (Pioch et al., 2002).

A literatura tem apontado para uma dificuldade de se obter uma união satisfatória com os sistemas adesivos autocondicionantes em esmalte, por serem constituídos de

ácidos fracos e o esmalte ser dotado de alto conteúdo mineral (Miguez et al., 2003). Apesar de os testes de microinfiltração estarem sendo muito questionados com relação à sua validade de predição de qualidade adesiva, Besnault & Attal (2001) encontraram correlação entre infiltração e resistência de união.

De acordo com Pashley et al. (2002), apesar de não haver uma correlação bem estabelecida, materiais com altas resistências de união usualmente são associados à menor microinfiltração. Essa microinfiltração, por sua vez, tem sido relatada como uma facilitadora da dissolução da zona adesiva em longo prazo. Dessa forma, a presença da microinfiltração pode ser analisada como uma causa potencial da diminuição da resistência de união, mas no futuro, e não no momento em que foi aferida.

De maneira geral, estudos de curta duração (sem envelhecimento de espécimes) têm demonstrado pouca ou nenhuma relação entre infiltração e resistência de união (Pereira et al., 2001), enquanto estudos onde os espécimes são envelhecidos costumam mostrar queda da resistência de união e aumento da infiltração (Okuda et al., 2002). Também parece haver uma correlação negativa entre as variáveis em questão em situações extremas, como espécimes com alta infiltração mostrando baixos valores de resistência de união (Pereira et al., 2001; Cenci, Demarco & Carvalho, 2005). Contudo, em uma revisão sistemática, Heintze (2007) conclui não haver correlação significativa entre resistência de união e vedamento marginal.

Uma vez que os principais fatores que poderiam afetar a infiltração poderiam também afetar a resistência de união, uma correspondência entre estas variáveis poderia ser esperada. Dentre estes fatores destacam-se a presença de solvente residual durante a polimerização, formação de *gaps* e grau de polimerização do sistema adesivo (Cenci, Demarco & Carvalho, 2005). No entanto, a falta de correlação evidenciada pelos estudos supracitados poderia ser atribuída à variabilidade dos testes de microinfiltração, cujos mecanismos de penetração de corante na interface dente-restauração variam entre os estudos e, possivelmente, não são completamente entendidos.

Pode-se observar que infiltração e resistência de união são testes distintos para avaliar a eficiência de materiais adesivos, devendo ser interpretados individualmente, de acordo com as características e particularidades de cada teste.

Qual é a relação existente entre a área de união e a resistência de união?

Considerando o substrato dental, as variações regionais entre diferentes espécimes e até no mesmo espécime são grandes. Diferentes padrões de substrato para adesão são encontrados quanto à presença de cárie (dentina infectada, contaminada, esclerosada, terciária reacional ou reparativa), quanto à orientação tubular (secção transversal, longitudinal ou oblíqua) e quanto à profundidade (superficial, média ou profunda) (Pashley et al., 1999; Tay & Pashley, 2004). Essas variações estão presentes em todos os dentes a

serem restaurados e impossibilitam a obtenção de uma camada híbrida homogênea em toda a extensão dos preparos cavitários, influenciando, dessa forma, a resistência de união.

Com o recente avanço dos sistemas adesivos, passou-se a observar padrões de falha coesiva em dentina associados a valores baixos de resistência de união (Pashley et al., 1999). Isso passou a ser um indicativo de que altos valores de resistência de união estariam sendo alcançados com esses materiais, apontando para a necessidade de testes mais acurados para a avaliação dos reais valores dessa resistência.

O teste de microtração surgiu nesse ínterim, já que os testes ditos convencionais, além de não apresentarem uma distribuição uniforme do estresse na região adesiva, frequentemente induziam tensões que resultavam na propagação de falhas no substrato dentário (dentina). Além disso, com esse teste, foi possível conseguir a aplicação da força numa secção transversal muito pequena da interface de união entre o substrato dental e o material restaurador em questão. Com isso, passou-se a testar áreas com menor variação regional e, conseqüentemente, menor distribuição de falhas preexistentes, diminuindo a variabilidade do teste (Pashley et al., 1999). Sabe-se que a resistência de união é a força por unidade de área necessária para quebrar a união entre dois materiais (Oilo, 1993). Assim, parece evidente que se duas áreas diferentes forem submetidas a uma mesma força, a menor área apresentará maior resistência, ou seja, existe uma relação inversamente proporcional entre a área de união e a resistência adesiva (Leloup et al., 2001). Isso se deve ao fato de que a ruptura de um determinado corpo ou de uma área de união entre corpos inevitavelmente inicia-se através da propagação de uma trinca resultante de uma falha preexistente. Dessa forma, quanto maior a área a ser submetida ao teste, maior a probabilidade da existência desses defeitos iniciais (Leloup et al., 2001).

Cardoso et al. (1998) avaliaram comparativamente três testes de resistência de união (cisalhamento, tração e microtração) com diferentes sistemas adesivos. Os valores médios obtidos para cada teste foram: 31,69 MPa, 9,68 MPa e 6,85 MPa para microtração, cisalhamento e tração, respectivamente. Da mesma forma, o teste de microtração apresentou o menor coeficiente de variação (33,67%) comparado com 52,48% do cisalhamento e 57,81% da tração. Além disso, Cardoso et al. (2002) obtiveram expressivo percentual de falhas na região adesiva, no teste de microtração (93 a 96,9%). O aumento da área de secção transversal para 2mm², no entanto, aumentou a frequência de falhas coesivas. Goracci et al. (2004) também observaram uma redução da resistência de união com o aumento da área de secção transversal de 0,5 para 1, 1,5 e 2mm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sem a pretensão de concluir e esgotar o assunto, a revisão narrativa e discutida da literatura apresentada aponta uma série de dificuldades e variantes relacionadas à adesividade, especialmente se tratando do substrato dentinário. O fenômeno da adesão é complexo e tecnicamente sensível, sofrendo influência regional do substrato, da umidade,

do tipo de sistema adesivo empregado e da técnica de aplicação, o que, invariavelmente, exerce influência na performance clínica das restaurações adesivas. Atualmente, pode-se considerar os procedimentos adesivos seguros e previsíveis, desde que observadas as condições clínicas para seu uso; contudo, o conhecimento do comportamento do substrato, da técnica e do sistema empregado são fundamentais para garantir o sucesso do procedimento.

REFERÊNCIAS

- Baseggio, W. et al. Effect of deproteinization and tubular occlusion on microtensile bond strength and marginal microleakage of resin composite restorations. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(5): 462-466.
- Besnault C, Attal JP. Influence of a simulated oral environment on dentin bond strength of two adhesive systems. *Am J Dent* 2001; 14(6):367-72.
- Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MRO. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent Mater* 1998; 14(6):394-8.
- Cardoso PE, Meloncini MA, Placido E, Lima Jde O, Tavares AU. Influence of the substrate and load application method on the shear bond strength of two adhesive systems. *Oper Dent* 2003; 28(4):388-94.
- Cardoso PE, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. *J Adhes Dent* 2002; 4(4):291-7.
- Carvalho RM, Mendonça JS, Santiago SL, Silveira RR, Garcia FC, Tay FR, Pashley DH. Effects of HEMA/solvent combinations on bond strength to dentin. *J Dent Res* 2003; 82(8):597-601.
- Cenci MS, Demarco FF, Carvalho RM. Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent* 2005; 33(7):603-10.
- Chiappelli F, Prolo P. Evidence-based dentistry for the 21st century. *Gen Dent* 2002; 50(3):270-3.
- Coelho-de-Souza, FH; Camacho, GB; Demarco, FF; Powers, J. Fracture resistance and gap formation of MOD restorations: influence of restorative technique, bevel preparation and water storage. *Oper Dent* 2008, 33(1): 37-43.
- Coelho-de-Souza FH et al. Avaliação de fenda marginal, através de microscopia eletrônica de varredura, em restaurações de resina composta com diferentes técnicas adesivas. *Odonto Ciência*, 2008, 23(2): 170-174.
- Goracci C, Bertelli E, Ferrari M. Bonding to worn or fractured incisal edges: shear bond strength of new adhesive systems. *Quintessence Int* 2004, v. 35, p. 21-27.
- Goracci C, Sadek FT, Monticelli F, Cardoso PE, Ferrari M. Influence of substrate, shape, and thickness on microtensile specimens' structural integrity and their measured bond strengths. *Dent Mater* 2004; 20(7):643-54.

Guzmán-Armstrong S, Armstrong SR, Qian F. Relationship between nanoleakage and microtensile bond strength at the resin-dentin interface. *Oper Dent* 2003; 28(1):60-6.

Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79(6):1385-91.

Hashimoto M, Ohno H, Yoshida E, Hori M, Sano H, Kaga M, Oguchi H. Resin-enamel bonds made with self-etching primers on ground enamel. *Eur J Oral Sci* 2003; 111(5):447-53.

Heintze, SD. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *J Adhes Dent* 2007; 9 Suppl (1): 77-105.

Hickel R, et al. FDI world dental federation – clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restoration. *J Adhes Dent* 2010; 12: 259-272.

Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, Van Meerbeek B. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 2001; 3: 237-45.

Itou K, Torii Y, Oyama F, Yoshiyama M, Pashley DH. Effect of drying methods on hybrid layer thickness. *Am J Dent* 2003; 16(5):335-9.

Leloup G, D'Hoore W, Bouter D, Degrange M, Vreven J. Meta-analytical review of factors involved in dentin adherence. *J Dent Res* 2001; 80(7):1605-14.

Miguez PA, Castro PS, Nunes MF, Walter R, Pereira PN. Effect of acid-etching on the enamel bond of two self-etching systems. *J Adhes Dent* 2003; 5(2):107-12.

Øilo G. Bond strength testing – what does it mean? *Int Dent J* 1993; 43(5): 492-8.

Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent* 2002; 27(3): 289-96.

Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA, Tay F. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent* 1999; 1(4):299-309.

Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 2002; 46(2): 211-45.

Pereira PN, Okuda M, Nakajima M, Sano H, Tagami J, Pashley DH. Relationship between bond strengths and nanoleakage: evaluation of a new assessment method. *Am J Dent* 2001; 14(2):100-4.

Pioch T, Staehle HJ, Wurst M, Duschner H, Dorfer C. The nanoleakage phenomenon: influence of moist vs dry bonding. *J Adhes Dent* 2002; 4(1):23-30.

Sano, H. Microtensile testing, nanoleakage and biodegradation of resin-dentin bonds. *J Dent Res* 2006, 85(1): 11-14.

Sudsangiam S, Van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent* 1999; 1(1):57-67.

Takahashi A, Inoue S, Kawamoto C, Ominato R, Tanaka T, Sato Y, Pereira PN, Sano H. In vivo long-term durability of the bond to dentin using two adhesive systems. *J Adhes Dent* 2002; 4(2):151-9.

Tay FR, Hashimoto M, Pashley DH, Peters MC, Lai SCN, Yiu CKY, Cheong C. Aging affects two modes of nanoleakage expression in bonded dentin. *J Dent Res* 2003; 82(7): 537-41.

Tay FR, Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: A review. *J Dent* 2004; 32:173-96.

Tay FR, Pashley DH. Water treeing – A potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003; 16(1):6-12.

Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes MV, Fernandes CA, Tay FR, Carvalho RM. Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. *Am J Dent* 2003; 16(5):292-8.

Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J* 2000; 50(1):1-12.

Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res* 2003; 82(2):141-5.

Yoshiyama M, Carvalho RM, Sano H, Horner JA, Brewer PD, Pashley DH. Regional bond strengths of resins to human root dentine. *J Dent* 1996; 24(6): 435-42.

Yoshiyama M, Tay FR, Doi J, Nishitani Y, Yamada T, Itou K, Carvalho RM, Nakajima M, Pashley DH. Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *J Dent Res* 2002; 81:556-60.

Yoshiyama M, Tay FR, Torii Y, Nishitani Y, Doi J, Itou K, Ciucchi B, Pashley DH. Resin adhesion to carious dentin. *Am J Dent* 2003; 16:47-52.