

Artigo Original de Pesquisa
Original Research Article

Avaliação da resistência de união de sistemas restauradores contemporâneos em esmalte e dentina

Bond strength of contemporary restorative systems to enamel and dentin

Rubens Nazareno Garcia^{1, 2}
Arturo Eddy Gamboa Alvarez¹
Carlos Eduardo Dias¹
Marlon André Mazaro¹
Thiago Firmo¹
Henry Stuker¹
Marcelo Giannini³

Endereço para correspondência:
Corresponding author:

Rubens Nazareno Garcia
Universidade do Vale do Itajaí – Faculdade de Odontologia
Rua Uruguai, n.º 458 – Centro
CEP 88302-202 – Itajaí – SC
E-mail: rubensgarcia@univali.br

¹ Faculdade de Odontologia, Universidade do Vale do Itajaí – Itajaí – SC – Brasil.

² Faculdade de Odontologia, Universidade da Região de Joinville – Joinville – SC – Brasil.

³ Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas – Piracicaba – SP – Brasil.

Recebido em 20/9/2010. Aceito em 14/10/2010.

Received for publication: September 20, 2010. Accepted for publication: October 14, 2010.

Palavras-chave:

dentina; esmalte;
adesivos dentinários;
resistência ao
cisalhamento.

Resumo

Introdução e objetivo: Novos sistemas restauradores estéticos têm sido introduzidos recentemente no mercado odontológico. O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união (RU) de sistemas restauradores contemporâneos em substratos de esmalte abrasionado e de dentina de profundidade média. **Material e métodos:** Foram preparados 60 incisivos bovinos com auxílio de lixas de carbetto de silício até obtenção de superfícies planas de esmalte desgastado e dentina média (n = 10). Os sistemas restauradores utilizados foram: Adper SE Plus / Z350 [SE + Z350], P90 System Adhesive / Filtek P90

[SA + P90] e BeautiBond / Beautifil II [BB + BII]. Os adesivos foram aplicados nos substratos, e matrizes de Tygon foram posicionadas e tiveram seu volume interno preenchido com a respectiva resina. Após fotoativação, as matrizes foram removidas e os espécimes armazenados em água destilada a 37°C por uma semana. Decorrido esse período, os corpos de prova foram colocados no dispositivo de teste, que tinha formato de cinzel, e testados em uma máquina de ensaios (Emic), com velocidade de 0,5 mm/min. A RU foi calculada em MPa, e os dados foram analisados estatisticamente por meio da Anova e do teste de Tukey ($p < 0,05$). **Resultados:** Não houve diferença estatística entre os grupos em esmalte. Em dentina, o [SE + Z350] resultou em maior média de RU. Já o [BB + BII] evidenciou a menor média, com diferença estatística entre todos os grupos. Comparando os substratos na avaliação de cada material, o [SE + Z350] mostrou a maior média de RU para a dentina, com diferença estatística em relação ao esmalte. O [SA + P90] não apresentou diferença significativa nos dois substratos, e o esmalte teve a maior média de RU, com diferença expressiva para o [BB + BII]. **Conclusão:** Em termos de RU, os sistemas restauradores demonstraram o mesmo desempenho em esmalte e diferentes desempenhos em dentina. Somente com o silorano se obteve resultado similar em ambos os substratos.

Keywords: dentin; enamel; dentin-bonding agents; shear strength.

Abstract

Introduction and objective: New aesthetic restorative systems have been recently introduced in dental market. The objective of this study was to evaluate the bond strength of contemporary restorative systems to ground enamel and medium-depth dentin. **Material and methods:** Sixty bovine incisors were prepared by using silicon carbide papers to obtain samples of ground enamel and medium dentin ($n = 10$). The following restorative systems were used: Adper SE Plus / Z350 [SE + Z350], P90 System Adhesive / Filtek P90 [SA + P90] and BeautiBond / Beautifil II [BB + BII]. They were applied to the surfaces, and Tygon tubes were positioned over each sample of hybridized enamel and dentin. The inner space of the tubes was filled in with composites. After light-curing, the tubes were removed and the samples were stored in distilled water at 37°C, for one week. Subsequently, the samples were positioned into a chisel-shaped test device and tested in a universal testing machine (EMIC), with a speed of 0.5 mm/min. Bond strength was calculated in MPa and data analyzed statistically by ANOVA and Tukey test ($p < 0.05$). **Results:** No statistical differences were found among groups in enamel. For dentin, [SE + Z350] group resulted in the highest bond strength, while [BB + BII] group showed the lowest bond strength. The comparison between enamel and dentin, for each restorative system, showed that [SE + Z350] resulted in statistically higher bond strength to dentin than enamel. Conversely, [BB + BII] showed higher bond strength to enamel. For [SA + P90], no significant difference was found between enamel and dentin. **Conclusion:** Regarding bond strength, the materials showed different performance in dentin and the same performance in enamel. Only silorane restorative system presented a similar performance in both substrates.

Introdução

Embora a prevalência da doença cárie esteja em declínio nas últimas décadas, graças a fatores como mudança de um paradigma cirúrgico-restaurador para um modelo de promoção de saúde e aos procedimentos de ordem coletiva, as cáries secundárias ainda constituem um problema a ser resolvido. Outras questões inerentes aos compósitos, como contração de polimerização e sensibilidade pós-operatória, também são alvo de estudos. Nesse sentido, empresas odontológicas vêm desenvolvendo alguns materiais restauradores estéticos modificados que apresentam menor contração de polimerização e/ou ação antibacteriana [16, 20].

Os sistemas adesivos convencionais (que usam previamente gel de ácido fosfórico) e os autocondicionantes contêm em seu mecanismo de ação uma combinação mecânica e/ou de retenção por componentes químicos nos substratos dentários. A camada híbrida formada pelos adesivos convencionais mostra-se mais espessa, com *tags* de resina, e as fibrilas colágenas nem sempre estão saturadas por monômeros. Os autocondicionantes são formulações mais complexas e possuem água para facilitar a reação ácida na superfície do dente. Observa-se grande variação de pH entre esses materiais, em função das especificidades de fabricação. Nos produtos com moderada acidez, a hidroxiapatita com a qual ocorre a interação não é desmineralizada por completo. Acredita-se que a retenção pode ser obtida de modo parcial em virtude da interação química entre o monômero mais ácido e o cristal de hidroxiapatita [6, 28, 30].

Há pouco tempo uma nova classe de compósitos de baixa contração de polimerização baseados na tecnologia dos siloranos foi introduzida no mercado. A resina silorano substituiu as matrizes convencionais baseadas em metacrilatos, com o propósito de reduzir a contração [2, 13, 29]. Tal material é capaz ainda de prover melhor estabilidade hidrolítica, por ser hidrófobo e, portanto, menos suscetível à degradação por água [1, 12].

Também recentemente disponibilizado, outro compósito restaurador possui partículas pré-reagidas de ionômero de vidro formadas por uma

reação ácido-base de vidro de fluoroaluminossilicato com ácido poliacrílico [11] e capacidade de liberação de fluoretos. Gordan *et al.* (2007) [8] relataram que a propriedade antiaderente de biofilme desses produtos (chamados de giômeros) é importante e apropriada para alguns tratamentos restauradores. Entretanto o mecanismo de ação e a efetividade deles ainda não estão bem esclarecidos.

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união (RU) de sistemas restauradores contemporâneos em substratos de esmalte abradiado e de dentina de profundidade média de dentes bovinos.

Material e métodos

Foram utilizados 60 incisivos bovinos recém-extraídos, armazenados em congelador até a produção dos corpos de prova. As raízes foram seccionadas com disco flexível diamantado dupla face (Ref. 7.016, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) sob refrigeração. Com lixas de carbetto de silício de granulação n.º 180 e n.º 400 (*Carborundum*, Vinhedo, SP, Brasil), montadas em uma politriz elétrica giratória refrigerada a água, foram desgastadas as superfícies de esmalte proximais, incisais e linguais. Em seguida, as faces vestibulares também foram desgastadas até a obtenção de 30 superfícies planas de esmalte desgastado e 30 superfícies planas de dentina média. As amostras ficaram com cerca de 100 mm² – 10 mm de altura x 10 mm de largura x 5 mm de espessura. Para criar superfícies padronizadas de esmalte e lama dentinária fresca na dentina média, antes dos procedimentos adesivos cada amostra de esmalte e dentina foi abrasionada sob refrigeração com lixa de carbetto de silício n.º 600.

Foram utilizados três sistemas restauradores, de acordo com as instruções dos fabricantes. Os grupos experimentais estiveram assim divididos (aplicação nas amostras de esmalte desgastado e dentina média, respectivamente): [1] e [4] Adper SE Plus + confecção de cilindros do Filtek Z350; [2] e [5] P90 System Adhesive + confecção de cilindros do Filtek P90; [3] e [6] BeautiBond + confecção de cilindros do Beautifil II (n = 10).

O quadro I mostra os materiais empregados, com nome do fabricante, lote e suas validades.

Nome, sigla e pH	Fabricante	Lote	Validade
Sistema adesivo autocondicionante de dois passos clínicos – Adper SE Plus (SE) – controle, pH 1,0	3M Espe	Líquido A: 8BH Líquido B: 9BL	9/2010 1/2011
Sistema adesivo autocondicionante de dois passos clínicos – P90 System Adhesive (SA) – pH 2,7	3M Espe	Self-Etch Primer: 9BL / Bond: 9BH	2/2011 4/2011
Sistema adesivo autocondicionante de um passo (<i>all-in-one</i>) – BeautiBond (BB) – pH 2,4	Shofu	100807	9/2011
Compósito restaurador Filtek Z350 – A3 – base de metacrilatos (Z350) – controle	3M Espe	9AC	12/2011
Compósito restaurador Filtek P90 – A3 – base de siloranos (P90)	3M Espe	9ER	11/2010
Compósito restaurador Beautifil II – A3 – com partículas de fluoretos (BII)	Shofu	100872	9/2011

Quadro 1 - Materiais, fabricante, lote e validade

A fim de preparar os corpos de prova para o ensaio de microcislamento foi empregada a metodologia desenvolvida por McDonough *et al.* (2002) [15] e Shimada *et al.* (2002) [22]. Três matrizes cilíndricas e transparentes (Tygon Tubing, TYG-030, Saint-Gobain Performance Plastic, Maime Lakes, FL, EUA) foram posicionadas sobre o esmalte desgastado e a dentina média de cada amostra já hibridizada, bem como preenchidas em seu volume interno (0,7 mm) com os compósitos por meio de uma sonda exploradora n.º 5 (SSWhite/Duflex, RJ, Brasil). Depois da fotoativação, as matrizes foram removidas com auxílio de lâminas afiadas (Gillette, SP, Brasil), para expor os pequenos cilindros de compósito (0,7 mm de diâmetro x 1,00 mm de altura) com área de união de 0,38 mm² (pela fórmula πR^2), unidos às superfícies dos dois substratos. Todos os procedimentos de fotoativação foram realizados com o aparelho fotopolimerizador LED Raddi Cal (SDI), com potência de 1.200 mW/cm². Assim, uniram-se três cilindros dos compósitos (corpos de prova) em cada amostra dental.

Passado o período de uma semana em água destilada 37°C, os corpos de prova foram testados em uma máquina universal de ensaios (Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil). O carregamento de compressão que resultou em cisalhamento foi executado na base dos cilindros com um cinzel acoplado à máquina a uma velocidade de 0,5 mm/min até o rompimento da união. Calculou-se a RU por microcislamento, e os valores foram expressos em MPa. Avaliaram-se os resultados por intermédio da análise de variância (Anova) dois fatores e do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Resultados

A Anova detectou diferenças estatisticamente significantes. Pelo teste de Tukey foram identificadas diferenças ao nível de 5% de significância. As médias com desvio padrão estão expostas na tabela I.

Tabela 1 - Médias de RU (MPa ± DP) - teste de Tukey ($p < 0,05$)

	Grupo [SE + Z350]	Grupo [SA + P90]	Grupo [BB + BII]
Substrato esmalte desgastado	[1] 6,6 (2,2) A b	[2] 5,2 (1,6) A a	[3] 5,5 (2,7) A a
Substrato dentina média	[4] 11,6 (7,2) A a	[5] 6,7 (2,8) B a	[6] 3,3 (1,2) C b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Não houve diferença estatística entre os materiais aplicados em esmalte. Em dentina, o [SE + Z350] resultou em maior média de RU e o [BB + BII] teve a menor média, com diferença estatística entre todos os grupos. Comparando os substratos de cada material, o [SE + Z350] mostrou a maior média de RU para a dentina, com diferença estatística em relação ao esmalte. O [SA + P90] não apresentou diferença estatística expressiva nos substratos examinados. Para o [BB + BII] aplicado no esmalte, o resultado de RU evidenciou a maior média, com diferença significativa quanto ao substrato dentina.

Discussão

Nos dias de hoje os sistemas adesivos são classificados em duas categorias: aqueles em que se faz condicionamento separado com gel de ácido fosfórico (em concentrações que variam de 35 a 37%) para desmineralizar os substratos; e os autocondicionantes de dois passos ou somente um passo clínico (*all-in-one*), de acordo com o tempo de aplicação no dente. É possível encontrar o produto de um passo clínico em dois frascos – dois líquidos a serem misturados – ou em um frasco. Em decorrência da crescente demanda por procedimentos menos complexos nos protocolos de aplicação, e também com o intuito de reduzir a sensibilidade da técnica, existe uma tendência em usar adesivos autocondicionantes de um passo clínico. Estes são uma complexa mistura de *primers* mais ácidos e agentes de união, entre outros [4, 9]. Nesta pesquisa empregaram-se dois adesivos de dois passos clínicos e um do tipo *all-in-one*. O sistema restaurador [SE + Z350] serviu como controle porque tal classe de materiais (autocondicionantes e compósitos nanoparticulados), independentemente dos fabricantes, tem sido muito utilizada, sobretudo em países desenvolvidos do Hemisfério Norte [5].

Os produtos *all-in-one*, ainda que bastante atuais pela tecnologia envolvida em suas fabricações (com complexas moléculas monoméricas multifuncionais), estão relacionados ao conceito da nanoinfiltração,

que é a visualização de regiões impregnadas por prata em análises de microscopia eletrônica [21]. O alto grau de nanoinfiltração na camada híbrida (proposta por Nakabayashi *et al.* [17] em 1982) pode ser atribuído a regiões não infiltradas pelo adesivo, com elevadas concentrações de solvente e principalmente água, visto que esta se mostra indispensável para ionizar o produto e iniciar a desmineralização ao contato com o substrato. Apesar disso, a nanoinfiltração é ainda maior nos sistemas adesivos convencionais que precisam da dentina úmida para a sua aplicação [23, 27].

No presente trabalho, os autores usaram dentes bovinos em função de diversas pesquisas, como a de Reis *et al.* (2004) [19], comprovarem que não houve diferenças estatísticas na RU entre dentes humanos e bovinos, tanto para o esmalte como para a dentina. Os produtos analisados foram chamados de sistemas restauradores contemporâneos no sentido de ratificar o entendimento de que alguns desses materiais se mostram incompatíveis com aqueles empregados na prática clínica e nas investigações *in vitro*.

Lançado há pouco tempo no mercado brasileiro, o sistema adesivo autocondicionante Adper SE Plus traz o conceito da nanotecnologia na sua composição, ou seja, busca aumentar a RU ante os vários desafios físico-mecânicos que ocorrem no ambiente oral. O produto elimina as etapas de condicionamento com gel de ácido fosfórico, de lavagem e manutenção da dentina úmida, reduzindo, assim, o risco de sensibilidade pós-operatória em virtude de o mecanismo de ação acontecer simultaneamente e, portanto, saturar a dentina com os monômeros resinosos. Um diferencial do produto é a garantia do local exato onde o adesivo foi aplicado, por meio da mudança de cor no momento da aplicação do *bond*, além de ser radiopaco, o que diminui o risco de erros no diagnóstico [14].

Utilizado com o adesivo supramencionado, o compósito restaurador Filtek Z350 contém uma combinação de cargas de nanopartículas de sílica não aglomeradas de 20 nm e nanoaglomerados de zircônia/sílica de 5-20 nm que variam em torno de 0,6 a 1,4 μm . Tais propriedades estão relacionadas

à manipulação, à menor contração de polimerização (principal problema dos produtos baseados em metacrilatos, como é o caso do Adper SE Plus e do Z350), à maior resistência mecânica e das propriedades físicas e, especialmente, à manutenção do polimento, tão importante para a estética. Isso influencia a infiltração marginal e promove menor retenção de placa na sua superfície dental [10].

Neste trabalho o sistema restaurador descrito não apresentou diferença estatística expressiva no substrato esmalte desgastado em relação aos outros grupos pesquisados. De acordo com Garcia *et al.* (2007) [7], o substrato desgastado, conforme referido na metodologia, gera maior RU quando comparado ao esmalte hígido. Especula-se que o pH 1,0 não foi ácido o suficiente para desmineralizar o esmalte desgastado, tendo esse produto desempenho similar aos outros, cujo pH é menos ácido. Em dentina de profundidade média, no entanto, os resultados mostraram maior RU, com diferença estatística no tocante aos sistemas restauradores averiguados e também ao substrato esmalte. Ao contrário do que ocorreu no esmalte, acredita-se que o pH 1,0 tenha conseguido desmineralizar tal substrato, menos mineralizado, mais heterogêneo e fisiologicamente mais dinâmico [6]. Os achados de Yoshida *et al.* (2004) [30] justificam a relação existente entre a desmineralização do substrato dentário e os seus pHs, assim como as complexas formulações dos sistemas adesivos contemporâneos. Apesar de o pH médio do ácido fosfórico ser 0,6, portanto não tão distante do pH 1,0 do adesivo em questão, é relevante lembrar que o adesivo possui em sua formulação componentes hidrófilos e hidrófobos, enquanto a ação do gel do ácido fosfórico se dá de modo isolado nos substratos.

Sobre os materiais à base de silorano, sua matriz resinosa difere muito dos convencionais baseados em metacrilatos [16], e um novo sistema adesivo foi feito para promover a união desses materiais aos substratos esmalte e dentina. O Filtek P90 vem acompanhado de um sistema adesivo autocondicionante – o P90 System Adhesive –, o qual possui características dos adesivos baseados em metacrilatos no que se refere ao mecanismo de união aos tecidos dentários. Porém adaptações foram necessárias, a fim de tornar o P90 System Adhesive compatível com a alta hidrofobicidade da matriz do silorano. O sistema adesivo mencionado envolve a aplicação de duas soluções resinosas: a primeira, hidrófila, une-se ao substrato; a segunda, hidrófoba, adere ao Filtek P90. Todavia a primeira solução precisa de fotopolimerização separadamente, o que não acontece com os demais sistemas adesivos.

De acordo com Tezvergil-Mutluay *et al.* (2008) [24], a forma da reação de polimerização do silorano é diferente. O oxigênio, um agente inibidor da polimerização, liga-se aos radicais livres dos sistemas monoméricos convencionais à base de metacrilatos. Considera-se a camada inibida pelo oxigênio vantajosa na resistência adesiva entre as sucessivas camadas. Ela melhora a adesão da malha monomérica pela formação de uma união covalente. Os siloranos, no entanto, sofrem reação catiônica, em que não existe a camada inibida pelo oxigênio na superfície polimerizada.

O sistema restaurador descrito demonstrou o menor valor de RU em esmalte desgastado, ainda que sem diferença estatística em relação aos demais grupos. Também não houve diferença significativa do silorano em comparação aos dois substratos. Como o sistema adesivo tem pH 2,7 (o menos ácido de todos aqueles averiguados no presente estudo), e seguindo a mesma linha de raciocínio, especula-se que o adesivo não promoveu condicionamento mais severo tanto em esmalte desgastado como em dentina média. Haja vista a união entre as sucessivas camadas depender somente da reatividade do compósito, como já observado, e corroborando os resultados de Garcia *et al.* (2008) [5], muitas vezes esse sistema apresenta menor RU quando comparado aos compósitos baseados em metacrilatos que adicionalmente mostram maior contração de polimerização. Isso não ocorre de maneira tão exacerbada com os produtos à base de silorano (em média, menos de 1% de contração volumétrica, em comparação com mais de 2% dos materiais resinosos à base de metacrilatos).

Na análise dos três sistemas restauradores em dentina, o silorano evidenciou bom desempenho quanto à RU, entretanto intermediário e com diferença estatística para todos os grupos. Embora o pH 2,7 seja menos ácido do que o pH 2,4 do sistema adesivo que acompanha o giômero, o silorano promoveu maior RU, quase o dobro da média obtida no grupo do giômero.

Conforme Gordan *et al.* (2007) [8], o Beautifil é um material restaurador chamado giômero que usa base resinosa de metacrilatos e partículas de ionômero de vidro pré-reagido da tecnologia PRG (*pre-reacted glass*), subclassificada em F-PRG (*fully reacted pre-reacted glass*) ou S-PRG (*surface-reacted pre-reacted glass*). As pesquisas *in vitro* de Okuyama *et al.* (2006) [18] revelaram que a liberação de fluoretos por esse material foi pequena até 21 dias, depois houve decréscimo significativo na liberação. Mesmo assim, existem evidências tecnológicas interessantes envolvidas na produção de tal material.

As partículas relatadas são feitas por meio da reação de vidros acidorreativos contendo fluoretos com ácido polialcenoico em água, antes de este ser incorporado aos componentes resinosos. A tecnologia é diferente e mais efetiva em termos de propriedades mecânicas e físicas (para o Beautifil é a S-PRG), por exemplo, daquela empregada na fabricação dos compômeros. Nestes, o ácido polialcenoico desidratado faz parte da matriz resinosa e a reação entre o vidro e o ácido não ocorre até que a água seja absorvida pelo material.

A maioria dos adesivos autocondicionantes possui derivados de ésteres do ácido fosfórico em uma mistura de água e solventes. Esse componente ácido conduz a reação na desmineralização do esmalte e da dentina. A formulação feita com base no sistema adesivo do tipo *all-in-one* chamado BeautiBond usa uma abordagem química interessante para maximizar a união (mecânica) e a adesão (química) aos substratos. O BeautiBond contém um monômero do ácido carboxílico para promover adesão à dentina e também um ácido fosfônico a fim de gerar adesão ao esmalte [11]. Trata-se de abordagem única, levando em conta que os sistemas adesivos autocondicionantes de um passo clínico e um frasco muitas vezes apresentam propriedades desmineralizadoras na suas composições bastante específicas tanto para esmalte como para dentina.

Neste trabalho o sistema restaurador liberador de fluoretos mostrou maior RU em esmalte desgastado, sem diferença estatística entre os grupos. Apesar de seu pH (2,4) ser considerado suave para a desmineralização do esmalte, a formulação intrínseca ao produto contendo ácido fosfônico foi mais efetiva do que aquela responsável pela desmineralização da dentina, que teve a menor média de RU, com diferença significativa para os outros grupos.

Ainda que as médias de RU estejam muito aquém das divulgadas por Urabe *et al.* (2000) [25], os autores do presente estudo veem como lógicos os resultados obtidos tanto para o substrato esmalte como para dentina. Escríbano *et al.* (2003) [3] mencionaram que há controvérsia na simples comparação de dados de RU entre os textos disponíveis na literatura, em função das variações nas técnicas empregadas e nas inúmeras condições sob as quais os substratos são conservados ou utilizados. Segundo os mesmos investigadores, os resultados dos diversos tipos de ensaios com os carregamentos de cisalhamento, tração ou compressão dependem da armazenagem das amostras, da área testada e dos dispositivos e equipamentos usados, entre outros.

Conclusão

De acordo com os dados obtidos e com a análise estatística aplicada aos resultados, conclui-se que, em termos de RU, os sistemas restauradores mostraram desempenho similar em esmalte e diferente em dentina. Somente o material à base de silorano apresentou desempenho parecido em ambos os substratos.

Referências

1. Eick JD, Kotha SP, Chappelow CC, Kilway KV, Giese GJ, Glaros AG et al. Properties of silorane-based dental resins and composites containing a stress-reducing monomer. *Dent Mater.* 2007 Aug;23(8):1011-7.
2. Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B. In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing. *Clin Oral Investig.* 2004 Sep;8(3):130-8.
3. Escríbano NI, Del-Nero MO, Macorra JC. Inverse relationship between tensile bond strength and dimensions of bonded area. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2003 Jul;66(1):419-24.
4. Garcia RN, Goes MF, Giannini M. Effect of water storage on bond strength of self-etching adhesives to dentin. *J Contemp Dent Pract.* 2007 Nov;8(7):46-53.
5. Garcia RN, Schaible BR, Lohbauer U, Petschelt A, Frankenberger R. Resistência de união de sistemas adesivos autocondicionantes em dentina profunda. *RSBO.* 2008;5(3):39-47.
6. Garcia RN, Souza CRS, Mazucco PEF, Justino LM, Schein MT, Giannini M. Avaliação da resistência de união de dois sistemas adesivos autocondicionantes – revisão de literatura e aplicação do ensaio de microcisalhamento. *RSBO.* 2007;4(1):37-45.
7. Garcia RN, Zanini BV, Costa LD, Luz MA, Tarabaine T, Tames DR et al. Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos autocondicionantes em esmalte hígido e desgastado. *RSBO.* 2007;4(2):20-8.
8. Gordan VV, Mondragon E, Watson RE, Garvan C, Mjör IA. A clinical evaluation of a self-etching primer and a giomer restorative material: results at eight years. *J Am Dent Assoc.* 2007 May;138(5):621-7.
9. Hashimoto M, Fujita S, Endo K, Ohno H. Effect of dentinal water on bonding of self-etching adhesives. *Dent Mater J.* 2009 Sep;28(5):634-41.

10. Hegde MN, Vyapaka P, Shetty S. A comparative evaluation of microleakage of three different newer direct composite resins using a self etching primer in class V cavities: an in vitro study. *J Conserv Dent*. 2009 Oct;12(4):160-3.
11. Ikemura K, Tay FR, Kouro Y, Endo T, Yoshiyama M, Miyai K et al. Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dent Mater*. 2003 Mar;19(2):137-46.
12. Ilie N, Hickel R. Macro-, micro- and nano-mechanical investigations on silorane and methacrylate-based composites. *Dent Mater*. 2009 Jun;25(6):810-9.
13. Ilie N, Jelen E, Clementino-Luedemann T, Hickel R. Low-shrinkage composite for dental application. *Dent Mater J*. 2007 Mar;26(2):149-55.
14. Korkmaz Y, Gurgan S, Firat E, Nathanson D. Shear bond strength of three different nano-restorative materials to dentin. *Oper Dent*. 2010 Jan-Feb;35(1):50-7.
15. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE et al. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials*. 2002 Sep;23(17):3603-8.
16. Mine A, Munck J, Van Ende A, Cardoso MV, Kuboki T, Yoshida Y et al. TEM characterization of a silorane composite bonded to enamel/dentin. *Dent Mater*. 2010 Jun;26(6):524-32.
17. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*. 1982 May;16(3):265-73.
18. Okuyama K, Murata Y, Pereira PN, Miguez PA, Komatsu H, Sano H. Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *Am J Dent*. 2006 Apr;19(2):123-7.
19. Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *J Adhes Dent*. 2004;6(2):117-21.
20. Saku S, Kotake H, Scougall-Vilchis RJ, Ohashi S, Hotta M, Horiuchi S et al. Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dent Mater J*. 2010 Mar;29(2):193-8.
21. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent*. 1995 Jan-Feb;20(1):18-25.
22. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaoki Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent*. 2002 Jul-Aug;27(4):403-9.
23. Tay FR, King NM, Chan KM, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent*. 2002;4(4):255-69.
24. Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. Incremental layers bonding of silorane composite: the initial bonding properties. *J Dent*. 2008 Jul;36(7):560-3.
25. Urabe I, Nakajima S, Sano H, Tagami J. Physical properties of the dentin-enamel junction region. *Am J Dent*. 2000 Jun;13(3):129-35.
26. Van Landuyt KL, Kanumilli P, Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent*. 2006 Jan;34(1):77-85.
27. Van Landuyt KL, Peumans M, Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater*. 2006 Jun;22(6):533-44.
28. Van Meerbeek B, Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003 May-Jun;28(3):215-35.
29. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater*. 2005 Jan;21(1):68-74.
30. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*. 2004 Jun;83(6):454-8.

Como citar este artigo:

Garcia RN, Alvarez AEG, Dias CE, Mazaro MA, Firmo T, Stuker H et al. Avaliação da resistência de união de sistemas restauradores contemporâneos em esmalte e dentina. *RSBO*. 2011 Jan-Mar;8(1):60-7.
