**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS DENTÁRIOS E PRÓTESE**

ELISABETE APARECIDA BALESTRIN

**Dentina: relação entre densidade tubular em diferentes
profundidades e a resistência ao cisalhamento de
quatro diferentes sistemas adesivos**

RIBEIRÃO PRETO

Elisabete Aparecida Balestrin

Dentina: relação entre densidade tubular em diferentes profundidades e a resistência ao cisalhamento de quatro diferentes sistemas adesivos

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora no Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Área de Concentração em Reabilitação Oral, do Departamento de Materiais Dentários e Prótese

Orientadora: Profa. Dra. Mariane Gonçalves

Ribeirão Preto

2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de odontologia da Universidade de São Paulo

Balestrin, Elisabete Aparecida

Dentina: relação entre densidade tubular em diferentes profundidades e a resistência ao cisalhamento de quatro diferentes sistemas adesivos. Ribeirão Preto, 2009.

149 p.:il. ; 30 cm

Orientadora: Profa. Dra. Mariane Gonçalves.

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP. Área de Concentração: Reabilitação Oral.

1. Dentina. 2. Resistência ao Cisalhamento. 3. Profundidade de Dentina 4. Densidade Tubular 5. Face Dental 6. Adesão 7. Sistema Adesivo 8. Condicionamento Total 9. Autocondicionante.

Elisabete Aparecida Balestrin

Dentina: a relação entre densidade tubular em diferentes profundidades e a resistência ao cisalhamento de quatro diferentes sistemas adesivos.

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora no Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Área de Concentração em Reabilitação Oral, do Departamento de Materiais Dentários e Prótese

Aprovada em:

Banca Examinadora

1) Prof. (a) Dr (a). _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

2) Prof. (a) Dr (a). _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

3) Prof. (a) Dr (a). _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

4) Prof. (a) Dr (a). _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

5) Prof. (a) Dr (a). _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

À Deus, minha fortaleza, o meu libertador, a força, fé em mim e:

“Lâmpada para os meus pés é a tua palavra, e luz para o meu caminho.”

(Salmo 119: 105)

Aos meus pais, e irmãos, Benedicto e Elisabete, Luis e Eliane, por serem meu porto seguro, por acreditarem em mim e me apoiarem sempre. O que sou e fiz foi por vocês.

Ao Fausto, meu amor, minha vida, meu companheiro nos momentos bons e ruins. Sem seu apoio e paciência tudo seria impossível.

Muito Obrigada!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

*À minha orientadora Profa. Mariane, mulher inteligente, persistente e de presença
inigualável, a você minha admiração:*

“... é preciso ter força

É preciso ter raça

É preciso ter gana sempre...

Possui a estranha mania

De ter fé na vida....”

Milton Nascimento

AGRADECIMENTOS

Aos meus tios e primos, Vitor e Sônia, Vitinho e Aline, obrigada por sempre fazerem parte da minha vida.

Aos meus cunhados, Fernando e Fabiana, e aos meus sobrinhos, Caio, Giovanna e Maria por trazerem alegria à minha vida.

À Professora Iara Orsi pela cooperação, disponibilidade, crédito e tolerância a mim cedidos.

Ao Professor Jesus D. Pécora, por ter me acolhido em seu laboratório e disponibilidade do dispositivo utilizado

Aos funcionários, Francisco Roselino, Edson Volta, Ricardo Antunes e Regiane Tirado pela colaboração e pela gentileza a mim cedida.

Ao Professor Jaime e à funcionária Cláudia, do Laboratório de Microscopia Eletrônica e Transmissão da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp de Jaboticabal, que disponibilizou o uso dos aparelhos para a realização da microscopia eletrônica de varredura.

À Ana Carolina Maito Villela Rosa companheira de trabalho nesta jornada.

A todos os professores e funcionários dos Departamentos de Materiais Dentários e Prótese e Odontologia Restauradora, por toda ajuda e conhecimento nesses anos.

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto que me acolheu na Graduação, na Residência, no Mestrado e Doutorado.

À direção, aos meus colegas, aos meus alunos e ex-alunos do Instituto Municipal de Ensino Superior de Catanduva, pela confiança, admiração, carinho e estímulo na realização deste.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 Evolução dos Sistemas Adesivos.....	6
2.2 Influência do Arranjo Estrutural da Profundidade da Dentina na Resistência Adesiva.....	13
2.3 Resistência Adesiva da Dentina.....	30
3 PROPOSIÇÃO.....	48
4 MATERIAL E MÉTODO.....	50
4.1 Obtenção dos Dentes.....	51
4.2 Análise da Densidade Tubular da Dentina em Microscopia Eletrônica de Varredura.....	52
4.3 Análise da Resistência ao Cisalhamento da Dentina em Diferentes Profundidades.....	59
5 RESULTADOS.....	70
6 DISCUSSÃO.....	90
7 CONCLUSÕES.....	103
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
9 APÊNDICES.....	118

RESUMO

BALESTRIN, EA. **Dentina: Relação entre densidade tubular em diferentes profundidades e a resistência ao cisalhamento de quatro diferentes sistemas adesivos.** 2009. 161p. Tese – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

A dentina em diferentes profundidades apresenta diferentes densidades tubulares e permeabilidades dentinárias, afetando diretamente a adesão dos sistemas adesivos. *Objetivos:* avaliar a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos e a densidade tubular em diferentes profundidades de dentina. *Material e Método:* Quatro grupos de dentina de terceiros molares humanos (superior vestibular, superior palatina, inferior vestibular, inferior lingual) foram avaliados quanto à resistência ao cisalhamento (Método ISO 11405) e em microscopia eletrônica de varredura para as profundidades superficial, 0.5, 1.0, 1.5 e 2.0 mm. Os adesivos Adper Single Bond, Xeno III, Clearfil SE Bond e Adper Prompt L-Pop foram selecionados. As análises foram realizadas nos copos-de-prova de forma vinculada e os dados submetidos à ANOVA. *Resultados:* Os resultados dos testes de resistência ao cisalhamento mostraram que os molares superiores apresentaram significância estatística para os fatores *profundidade e adesivo*, e para as interações *profundidade X adesivo*, *face X profundidade* e *face X adesivo*. Os molares inferiores revelaram significância para os três fatores de variação e para as interações *profundidade X adesivo* e *face X adesivo*. O adesivo Xeno III apresentou valores médios superiores tanto nos molares superiores como inferiores. A análise em microscopia eletrônica de varredura revelou aumento da densidade tubular à medida do aumento da profundidade da dentina. *Conclusões:* Em molares humanos, os fatores profundidade de dentina e sistema adesivo influenciaram a resistência ao cisalhamento. À medida do aumento da profundidade da dentina, a densidade tubular aumenta e a resistência ao cisalhamento diminui, porém esta relação pode ser modificada pelo sistema adesivo.

Palavras-Chave: Dentina, Resistência ao Cisalhamento, Profundidade de Dentina, Densidade Tubular, Face Dental, Adesão, Sistema Adesivo, Condicionamento Total, Autocondicionante.

ABSTRACT

BALESTRIN, EA. **Dentin: Relationship between tubular density at different depths and the shear strength of four different adhesive systems.** 2009. 161p. Thesis – School of Dentistry of Ribeirão Preto, São Paulo University, Ribeirão Preto.

Dentin at various depths presents different tubular density and permeability, thus directly affecting the adhesion of bonding systems. *Aim:* to evaluate the relationship between tubular density and shear strength of four bonding systems at different dentin depths. *Material and methods:* upper and lower human molars were analyzed regarding dentin tubular density at different depths by scanning electron microscopy, as well as shear strength (ISO TR 11405 method) for the dependent variables *depth* (surface dentin, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mm), *bonding system* (total etch and self-etching) and *tooth aspect* (buccal or palatal/lingual). The bonding systems Single Bond Adper, Xeno III, Clearfil SE Bond e Adper Prompt L-Pop were selected. The analysis were performed in a sample-dependent way and results were submitted to the ANOVA test. *Results:* scanning electron microscopy revealed an increase in tubular density accompanying the depth. Shear strength tests showed that upper molars present significant differences for the factors *depth* and *bonding system*, as well as for the interactions *depth x bonding system*, *aspect x depth* and *aspect x bonding system*. Lower molars revealed significance for the three dependent variables and for the interactions *depth x bonding system* and *aspect x bonding system*. The Xeno III bonding system presented average values higher than the other products, both in upper and lower molars, in deep dentin (1.0, 1.5 and 2.0), in a regular way. *Conclusions:* In general, as the dentinal depth increases, so does the tubular density. In human molars, the dependent variables *dentin depth* and *bonding system* influenced the shear strength. The self-etching bonding system Xeno III revealed potential maintenance of shear strength when used in dentin at different depths. As dentin depth increases, so does the tubular density, thus lowering shear strength; however, this relationship is dependent on the bonding system used.

Key Words: Dentin; Shear Bond Strength, Depth, Tubular Density, Dental Surface, Adhesion, Adhesive System, Total-Etching, Self-Etching.

INTRODUÇÃO

A prática clínica odontológica sofreu transformações surpreendentes com o surgimento das restaurações adesivas após 1955, com Buonocore preconizando o condicionamento ácido do esmalte. O menor desgaste da estrutura dental e a possibilidade de restaurações invisíveis são vantagens atribuídas e advindas do desenvolvimento destes materiais, despertando o interesse e o fascínio dos profissionais na Odontologia.

O conhecimento cada vez mais profundo do conteúdo dentino-pulpar e o estudo crescente dos sistemas adesivos tornaram-se um fenômeno mundial, devido à necessidade de desenvolvimentos de produtos mais simplificados, com componentes complexos, visando aumentar a longevidade das restaurações e mantendo a saúde dental, independente da profundidade do preparo da cavidade.

A qualidade da restauração dental executada e, conseqüentemente sua longevidade clínica, estão diretamente relacionadas à efetividade da adesão estabelecida entre a resina e a dentina. Dentre vários fatores interferentes, a adesão à dentina também é afetada pela espessura de dentina residual após o preparo dental. Os valores de adesão são geralmente mais baixos em dentina profunda em comparação com a dentina superficial (MITCHEM et al., 1986; SUZUKI et al., 1988), mas alguns adesivos dentinários não parecem ser afetados por essas diferenças que derivam de profundidades distintas e sim da orientação dos túbulos dentinários. A orientação tubular influencia diretamente na força de adesão dos adesivos dentinários atuais, independente do tipo de sistema adesivo (NAKABAYASHI & PASHLEY, 2000; AROLA & ROULAND, 2003; CEHRELI et al., 2003).

Considerando que, na prática clínica diária, o profissional necessita de um sistema adesivo eficiente perante o substrato dental que se apresentará de diferentes arranjos estruturais e composições em uma mesma cavidade, este material deverá apresentar características próprias, ou seja, propriedades favoráveis à superação de tais dificuldades (OUTHWAITE et al., 1976; PASHLEY & LIVINGSOTON, 1978; PASHLEY et al., 1978; PASHLEY, 1981; PASHLEY, 1982; AROLA & ROULAND, 2003; SATTABANASUK et al., 2004).

Em se tratando de material restaurador dental, o sistema adesivo por si só também desempenha papel importante e determinante no estabelecimento da interface adesiva, e da mesma forma que o substrato dental, em sua eficiência e longevidade. Um exemplo deste fato refere-se à composição química dos sistemas adesivos e suas variações. Diversos monômeros hidrofílicos já introduzidos há algumas décadas (HEMA, Bis-GMA, HBMA, HPMA, TEGD, TTGD, EGDM, MMA...) (BOWEN, 1979; BOWEN, 1981) e outros recentemente desenvolvidos (10-MDP, 4-META, SEMA, MSPMA...) (VAIDYANATHAN & VAIDYANATHAN, 2009) participam das formulações de produtos atualmente comercializados, assim como também pode ser verificada a presença de diferentes tipos de solventes (água, etanol, acetona) nas formulações dos produtos. Outro componente atual dos sistemas adesivos, independente da sua geração ou classificação, trata-se das micropartículas ou nanopartículas em suspensão (MIYAZAKI et al., 1995; TAY et al., 2002; REIS et al., 2004).

A composição dos sistemas adesivos, por sua vez, está diretamente relacionada à apresentação (no. de frascos) da formulação química do material e ao tratamento do substrato dental requerido pelo mesmo (condicionamento com ácido fosfórico em etapa separada, ou autocondicionante, de diferentes apresentações e

etapas) (REIS et al., 2003; VAN MEERBEECK et al., 2003; KIREMITCH & YALCIN, 2004; KOSHIRO et al., 2006; CAN SAY et al., 2006; ASANDE et al., 2008).

Somente por este breve relato pode-se notar a complexidade da interação dentina X sistema adesivo, ainda mais reforçada pela constante e rápida evolução dos produtos comerciais.

Atualmente, no mercado odontológico, o profissional da Odontologia depara-se com diversos sistemas adesivos denominados autocondicionantes, de diferentes formulações e apresentações, cujo propósito maior é o de simplificar, de maneira eficiente, a etapa de hibridização do substrato dental durante procedimentos restauradores adesivos. Porém, ainda surgem dúvidas para este mesmo profissional sobre a real performance destes novos produtos comparada à já avaliada e comprovada eficiência dos sistemas adesivos de condicionamento total (LOPES et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004; INOUE et al., 2005; KOSHIRO et al., 2006; BRADNA et al., 2008; OSÓRIO et al., 2008).

Assim sendo, o desenvolvimento de novos produtos demonstra ser o resultado da busca incessante do conhecimento, busca esta gerada pela real necessidade da própria atividade profissional em atingir a excelência de qualidade nos tratamentos dos pacientes em Odontologia.

Finalmente, em relação aos sistemas adesivos da atualidade, a investigação comparativa entre produtos da mesma geração ou classificação e a sua interação com a dentina em diferentes profundidades apresenta-se em intensa atividade e, longe de se esgotar, diariamente renova a riqueza deste campo de pesquisa por meio das diferentes e variadas pesquisas que o mesmo permite realizar.

A Revisão da Literatura foi dividida em tópicos, com a finalidade de facilitar a leitura e compreensão dos trabalhos mais relevantes pertinentes aos objetivos do presente estudo, tal como segue:

2.1 Evolução dos Sistemas Adesivos

A Odontologia Adesiva obteve sua grande evolução e seu alicerce baseado no sucesso de Buonocore, em 1955, ao promover a técnica do condicionamento ácido do esmalte, utilizando ácido fosfórico a 85%. Em 1956, o mesmo autor utilizou o ácido glicerofosfórico dimetacrilato sobre a dentina, acreditando-se que a adesão era promovida pela interação da molécula bifuncional da resina com os íons cálcio da hidroxiapatita. O resultado foi o insucesso devido às pobres características de molhamento da resina utilizada e a falta de conhecimento da dentina como substrato de adesão.

Bowen, em 1965, analisou adesivos contendo monômeros como o NPG-GMA (N-fenil-glicina glicidil metacrilato), com a finalidade de atuar como um *primer* para promover a adesão entre esmalte/dentina e resina, após o condicionamento ácido da dentina. Esses adesivos constituíram a primeira geração de adesivos dentinários, apresentando resistência adesiva de apenas 1 a 3 MPa e resultados clínicos insatisfatórios.

No final da década de setenta, com o aperfeiçoamento dos agentes de união, foi introduzida a segunda geração de adesivos dentinários, indicados para a aplicação

direta sobre a *smear layer*, contendo éster fosfato e poliuretanos associados a monômeros como o Bis-GMA (Bisfenol Glicidil Metacrilato), UDMA (Uretano Metacrilato) ou HEMA (Hidroxietil Metacrilato). O mecanismo pelo qual esses sistemas se aderiam à dentina era postulado pela reação química entre os grupos fosfato do adesivo e o cálcio da dentina. Os monômeros adicionados tinham por objetivo formar uma união covalente com os grupos hidroxila nas fases inorgânica e orgânica da dentina. Para esses adesivos foram encontrados valores de resistência ao cisalhamento de 5 a 7 MPa. De acordo com Watanabe et al. (1994), esses adesivos apresentavam valores baixos de resistência adesiva pois penetravam muito pouco na dentina, por serem relativamente hidrófobos e devido à permanência da *smear layer*.

Em seguida, surgiram os agentes adesivos de terceira geração com a proposta de melhorar a penetração do adesivo na estrutura dental, tendo como inovação os *primers* hidrofílicos. Estes *primers* eram compostos por monômeros hidrofílicos como o 4-META, ou HEMA, tendo como finalidade remover, substituir ou modificar a *smear layer* e eram aplicados previamente ao adesivo, considerado uma resina fluida hidrófoba, que promovia a união do *primer* à resina composta (NAKABAYASHI & PASHLEY, 1998). Asmussen et al. (1988) avaliaram dois sistemas adesivos: o Gluma (Bayer), onde utilizava o EDTA a 17%, como um condicionador para promover a remoção da *smear layer*, o qual era aplicado anteriormente ao *primer*; e o Scotchbond 2 (3M), o qual continha um *primer* composto por uma solução de ácido maléico a 2,5% e HEMA a 55%, que, respectivamente, modificava e infiltrava a dentina. Estes adesivos revelaram valores de adesão acima de 10 MPa..

Apesar de Fusayama et al., em 1979, terem proposto a técnica do ataque ácido total, foi somente em 1982, quando Nakabayashi et al. anunciaram um novo mecanismo de adesão condicionando a superfície da dentina com um composto à base

de ácido cítrico a 10% e 3% de cloreto férrico, seguido da aplicação do *primer* à base de monômeros hidrofílicos, que surgiram no mercado os adesivos de quarta geração. Os agentes de quarta geração caracterizaram-se por utilizarem o condicionamento total da dentina, permitindo a completa remoção da *smear layer*, o aumento das embocaduras dos túbulos dentinários, a exposição da rede de fibras colágenas, e subsequente penetração dos monômeros, promovendo a formação da camada híbrida (colágeno e resina). Portanto, o procedimento de adesão para estes sistemas propunha três etapas: condicionamento ácido da dentina, aplicação do *primer* à base de monômeros hidrofílicos e aplicação da resina hidrófoba que se une à resina composta. Atualmente, o condicionamento da dentina com ácido fosfórico a 32 ou 37% tem mostrado os melhores resultados quando comparado a outros ácidos (maléico ou cítrico), os quais ainda podem ser encontrados e utilizados, sendo preconizada a sua aplicação por 15 segundos (PERDIGÃO et al., 1995).

Alguns mecanismos de adesão à dentina, químicos e físicos, têm sido propostos. Segundo Nakabayashi et al., em 1992, pesquisas têm sido realizadas de forma intensa, mostrando que uma adesão forte e durável é formada quando um monômero como o 4-META (4-metacriloxietil anidrido trimelitato) contendo grupos hidrofílicos e hidrofóbicos penetra o tecido e é polimerizado, formando a camada híbrida.

Segundo Erickson, em 1992, o estabelecimento de uma interface adesiva só será possível se a tensão superficial do agente adesivo for inferior à energia superficial do substrato sobre o qual será aplicado, o que resultará em maior e melhor capacidade de molhamento da superfície da dentina pelo agente adesivo. Esta capacidade de molhamento é o primeiro requisito para uma adesão efetiva, e está diretamente relacionada com a desmineralização da dentina por meio de condicionadores ácidos e

sua interação com monômeros hidrofílicos e solventes presentes nos adesivos. Trabalhando com adesivos de quarta geração, Kanca, em 1992, relatou forças de união na ordem de $32,61 \pm 4,50$ MPa, usando condicionamento com ácido fosfórico a 37%, por 15 segundos, em esmalte e dentina com o sistema All Bond 2.

Com o objetivo de simplificar a técnica de adesão, diminuindo os passos durante os procedimentos adesivos, surgiram no mercado os adesivos monocomponentes. Estes sistemas consistem em dois tipos de materiais adesivos: os sistemas *one bottle*, que combinam *primer* e adesivo em um único frasco; e os sistemas *self etching primer*, onde o condicionador ácido e o *primer* estão presentes numa mesma solução (PERDIGÃO et al., 1997). Embora não haja um consenso na literatura, estes adesivos podem ser considerados de quinta geração. Os sistemas *one bottle* mantêm um balanço nas concentrações dos monômeros hidrofílicos e hidrofóbicos, e são aplicados sobre a estrutura dental após o condicionamento ácido. Inicialmente eles são fluidos, infiltrando-se na dentina e proporcionando a formação da camada híbrida; após a evaporação do solvente tornam-se mais espessos, unindo-se à resina composta (FINGER & FRITZ, 1996). Os solventes mais utilizados nesses adesivos são o etanol e a acetona. Por sua vez, os sistemas *self etching primer*, desenvolvidos por Watanabe & Nakabayashi, em 1993, que combinam o condicionador ácido com o *primer* em uma só solução, eliminam a necessidade de enxágüe para remoção do gel ácido. Na composição desses *primers* existem monômeros ácido-fosfatados em concentrações maiores do que as utilizadas nos adesivos anteriores, resultando em valores de pH em torno de 1,4. Alguns testes laboratoriais de resistência adesiva não demonstraram diferenças estatísticas entre os adesivos *one bottle* e os adesivos com o *self-etching primer* (YOSHIYAMA et al., 1996), embora testes clínicos e laboratoriais de infiltração mostraram que o selamento marginal com sistemas *one bottle* foi superior quando

comparado aos adesivos com o *primer* autocondicionante (FERRARI et al., 1997). Segundo Van Meerbeek et al., 1994, a remoção da *smear layer* através do ataque ácido realizado anteriormente à aplicação do *primer* pode produzir uma adesão à dentina mais real e duradoura.

Recentemente, muitos adesivos têm sido propostos como adesivos de sexta geração. Estes agentes adesivos são caracterizados pela possibilidade de adesão à dentina e ao esmalte em uma única solução, reduzindo o tempo de trabalho clínico e minimizando erros durante a manipulação e aplicação dos mesmos (KUGEL et al., 2000). Embora estes materiais possam realmente representar um sistema de apenas um passo (*one step*) por possuírem um adicional potencial de adesão à hidroxiapatita (VAN MEERBEEK et al., 2003), os primeiros estudos sobre estes agentes demonstraram uma adesão suficiente para a dentina, enquanto que, para o esmalte, os resultados foram insuficientes (YOSHIYAMA et al., 1998).

Atualmente, segundo o Grupo Brasileiro de Professores de Dentística, 2005, os adesivos são classificados em dois grandes grupos relacionados ao uso ou não do ácido fosfórico. Os adesivos que utilizam o condicionamento ácido prévio do esmalte e dentina denominados *all etch*, são compostos basicamente por três componentes: o ácido, o *primer* e o *bond*. Quando os três componentes são oferecidos em frascos separados, há necessidade de três passos para a sua aplicação. Muitos adesivos apresentam estes componentes em dois frascos, um para o ácido e outro onde o *primer* e o *bond* estão juntos, sendo, portanto, aplicados apenas em dois passos. Os adesivos autocondicionantes ou *self etch* não requerem a aplicação prévia do ácido fosfórico, pois apresentam em seu *primer* ácidos orgânicos ou monômeros ácidos que dissolvem o esfregaço (*smear layer*) e penetram na estrutura dental. Além disto, a variedade na

composição dos adesivos permite também a classificação quanto ao número de etapas, à presença de flúor, ao sistema de ativação, ao tipo de solvente e à presença de carga.

Van Landuyt et al. (2007) em um trabalho sistemático de revisão, concluíram ser a composição química dos adesivos dentais contemporâneos o fator determinante para seu sucesso clínico. A melhora do comportamento clínico, segundo estes autores poderia ser obtida de duas maneiras. Uma possibilidade seria através do ajuste de proporções dos componentes, no que diz respeito à quantidade destes, ou, de outro modo, designando novos componentes. A primeira opção tem sido extensivamente explorada, mas o desenvolvimento de novos componentes e de monômeros específicos tem-se mostrado mais promissor e significativo no que diz respeito ao futuro dos sistemas adesivos.

Breschi et al. (2008), em recente estudo de revisão sobre a estabilidade de interfaces aderidas, em relação ao tempo decorrido, propoem vários procedimentos clínicos que poderiam otimizar a durabilidade da adesão. Os autores apontaram o uso de camada de cobertura hidrófoba, pois desde a incorporação de monômeros hidrofílicos combinados com sistemas adesivos simplificados (de condicionamento total de dois passos e autocondicionantes de um passo), a longevidade da adesão foi dramaticamente reduzida. Portanto a necessidade de camada hidrófoba com um adesivo não dissolvido parece ser primordial para reduzir a sorção de água e estabilizar a camada híbrida. Isto explica porque os adesivos de condicionamento total de três passos e autocondicionantes de dois passos deveriam ser preferidos do que os simplificados. Outro fator sugerido a fim de melhorar a adesão, seria estender o tempo de polimerização, a despeito da recomendação do fabricante, o que resulta em melhor polimerização e reduz a permeabilidade. O trabalho também relatou utilização de proteases inibidoras adicionadas ao *primer* como meio de melhorar, através da ausência

de contaminação bacteriana, a estabilidade das fibras colágenas dentro da camada híbrida, inibindo a atividade intrínseca colagenolítica da dentina humana. Além disso, a melhora da impregnação por meio de vários métodos recentemente propostos, como a prolongação do tempo de aplicação, a agitação durante a aplicação do adesivo e impulso elétrico, pode contribuir para maior sucesso da adesão. Assim, seguindo tais critérios e conceitos, técnicas recentes têm revelado aumento da resistência adesiva, além da redução da nanoinfiltração.

Os autores colocam que, em relação aos aspectos clínicos, os adesivos convencionais de três passos e autocondicionantes de dois passos têm mostrado superioridade em relação aos demais, embora, ainda, os autocondicionantes de dois passos exijam maiores e prolongados estudos. Os adesivos convencionais de dois passos apresentam desempenho clínico menos favorável que seus antecessores de três passos (INOUE et al., 2001; DE MUNCK et al., 2003; CARVALHO et al., 2004).

Os sistemas adesivos autocondicionantes podem, ainda, ser classificados conforme sua acidez em fortes, intermediários e suaves (VAN MEERBEECK et al., 2003). As diferenças de pH, pKa, capacidade tampão e concentração do ácido determinam o potencial de desmineralização e, conseqüentemente padrões de hibridização de dentina distintos.

No entanto, são muitas as evidências de similaridade da resistência de união à dentina produzida pelos sistemas adesivos com condicionamento ácido e autocondicionantes (TOLEDANO et al., 2003; SADEK et al., 2005; SOARES et al., 2005; CAN SAY et al., 2006), ainda que apresentem interfaces distintas.

2.2 Influência do Arranjo Estrutural da Profundidade da Dentina na Resistência Adesiva

A dentina, segundo Baume (1964), foi definida como um tecido duro que constitui o corpo do dente. Sua origem é mesodérmica altamente diferenciada, formada pela atividade dos odontoblastos, cujos corpos celulares estão situados na polpa dental, com prolongamentos citoplasmáticos no interior do tecido formado.

Pela sua própria natureza, a dentina apresenta canalículos que contêm em seu interior os prolongamentos dos odontoblastos e líquido intersticial (PASLHEY, 1985), o que dificulta a ação plena dos sistemas adesivos nessa superfície dental.

O primeiro estudo do tecido dental foi realizado por Leewenhoek (1632) em microscopia ótica, onde foi descrito como estrutura tubular, contudo sem ter alguma distinção entre esmalte e dentina.

Em 1686, Malpighi, confirmou a estrutura tubular do “osso do dente”, sendo que a parte periférica, o esmalte, descrita como uma estrutura prismática.

A confirmação fundamental da dentina se completou na segunda metade do século XIX, graças ao pioneirismo da anatomia microscópica. Historicamente, a descoberta da estrutura dentinária é atribuída a Thomes, em 1856, que descreveu os conteúdos fibrilares do túbulo, que receberam seu nome (prolongamentos de THOMES). Esta é somente uma parte da evolução histórica do órgão pulpo-dental, que Baume (1980) divide em 4 passos fundamentais:

1. demonstração da estrutura tubular da dentina (1852-1853)

2. reconhecimento da relação polpa-dentina (1852-1863)
3. descoberta da estrutura peritubular e nervosa (1863-1868)
4. demonstração histológica da odontogênese e da filogênese da dentina (1867-1906).

Atualmente considera-se que há uma íntima relação entre as estruturas dentina e polpa, sendo que a primeira é resultante do produto originado da célula periférica da polpa (odontoblasto), e que contém prolongamentos dessas células dentro dos túbulos dentinários, constituindo assim um complexo que opera conjuntamente (GORACCI & MORI, 1995).

Com o advento da microscopia eletrônica de varredura (MEV), constituiu-se um valioso método de observação da dentina. Os primeiros a observarem em MEV a estrutura dental foram Brännström & Garberoglio (1972) e Tronstad (1973).

Brännström & Garberoglio (1972) observaram que os prolongamentos dos odontoblastos não preenchem todo o comprimento dos canalículos, mas apenas um quarto do comprimento total.

As paredes dos canalículos são revestidas por uma dentina hipermineralizada, a dentina peritubular. A dentina compreendida entre os canalículos recebe o nome de dentina intertubular, mais rica em matriz orgânica e menos calcificada que a dentina peritubular (MJÖR, 1972; PASHLEY, 1985).

A dentina é constituída por cerca de 70% de material inorgânico, 18% de material orgânico e 12% de água. A composição varia, todavia, com a idade do dente, em relação à progressiva mineralização da dentina. O componente inorgânico é formado principalmente por cristais de hidroxiapatita, com a presença de fosfato amorfo de cálcio e traços de flúor, cobre, zinco, ferro e outros metais em menor quantidade.

O componente orgânico consiste principalmente de colágeno, sendo 17% do tecido total e 93% de materiais orgânicos, como lipídeos, mucopolissacarídeos e componentes protéicos.

Tronstad (1973) observou que o número e diâmetro do túbulo dentinário próximo à polpa era de cerca de 60000 túbulos por mm² com 2-3 µm de diâmetro, e cerca de 7000 túbulos por mm² com diâmetro inferior a 0,5 µm na zona de junção amelodentinária.

Garberoglio & Brännström (1976), estudando o número e a amplitude dos canalículos dentinários em dentes humanos na porção coronária, em microscopia eletrônica de varredura, constataram a presença de aproximadamente 45000 canalículos por milímetro quadrado, com diâmetro em torno de 2-5 µm, nas proximidades da polpa. Esse número cai para 29.500 canalículos por milímetro quadrado e 1,2 µm de diâmetro, à meia distancia da espessura da dentina, e para 20000 e 0,9 µm nas vizinhanças da junção amelodentinária.

Pela sua própria estrutura anatômica, a dentina permite naturalmente a passagem de substância ou fluidos, característica essa referida por Mjör (1972) como "permeabilidade dentinária".

O interesse pelo estudo da permeabilidade dentinária não é recente. Muitos pesquisadores se preocuparam com essa via natural que permite a comunicação do meio bucal com a polpa dental. Por muito tempo, o estudo da permeabilidade dentinária foi realizado de modo qualitativo (BÖDECKER & APPLEBAUM, 1933; FISH, 1933; BEUST, 1912, 1931 e 1934; WAINWRIGHT, 1950; MARTIN, 1951; WAINWRIGHT & BELGOROD, 1955; ANDERSON & RONNING, 1962; ARWILL et al., 1965; SMITH & VINCENSO, 1968).

A permeabilidade dentinária é muito variável e depende da localização no dente. Assim, de acordo com Pashley et al. (1987), Fogel et al. (1988) e Pashley et al. (1996), a permeabilidade é maior próximo à polpa e maior ainda nos cornos pulpaes, devida principalmente à quantidade e ao diâmetro dos túbulos dentinários; portanto, a proporção é semelhante à descrita para o número de túbulos na superfície e profundidade na dentina.

Ocorre um fluxo lento de líquido centrífugo à polpa devido a uma pequena, porém positiva, pressão pulpar estimada em aproximadamente 10 mmHg (PASHLEY et al., 1996), o que dificulta o trabalho clínico da utilização de um sistema adesivo. Pashley & Carvalho (1997) afirmaram que a permeabilidade dentinária é de crucial importância para a obtenção de uma boa adesão.

A permeabilidade tubular é afetada pela viscosidade do fluido tubular, o gradiente de pressões, o tamanho molecular das substâncias dissolvidas no fluido tubular, a superfície em que se dá a difusão, a abertura dos túbulos, o raio e comprimento dos túbulos e a velocidade de remoção das substâncias pela circulação sanguínea pulpar. Estas variáveis fazem com que a dentina seja um substrato mais difícil para adesão, se comparada ao esmalte (PERDIGÃO et al., 2003).

Mais recentemente, tais estudos deixaram de ser apenas qualitativos, tornando-se quantitativos, com o objetivo de avaliar alguns determinantes que influenciam a permeabilidade dentinária, tais como: área da dentina exposta, espessura da dentina, temperatura, tempo decorrido após a extração do dente, efeito do tamanho das moléculas utilizadas no estudo da permeabilidade, resistência regional ao fluxo líquido através da dentina, efeito do grau de obliteração dos canalículos dentinários, efeito do plasma e de constituintes salivares na permeabilidade, efeito de remoção da *smear layer*, variação regional da permeabilidade dentinária e resistência à adesão em

diferentes profundidades (OUTHWAITE et al., 1976; PASHLEY & LIVINGSOTON, 1978; PASHLEY et al., 1978; PASHLEY, 1981; PASHLEY, 1982; AROLA & ROULAND, 2003; SATTABANASUK et al., 2004).

A adesão à dentina, tem sido relatada, sofre a influência das variações morfológicas e estruturais deste substrato (AKAGAWA et al., 2002). Marshall, 1993, descreveu a organização estrutural e microestrutural da dentina, constatando diferenças no grau de mineralização da mesma em diferentes regiões e relatou a necessidade de mais estudos que pudessem explicar a relação deste substrato com os materiais restauradores e sistemas adesivos. Segundo Marshall et al., 1997, em seu trabalho de revisão referente à dentina e suas características relacionadas à adesão, a dentina é relatada como um composto vital e complexo, cujos componentes estruturais e propriedades variam com a localização, que pode interferir em todos os tratamentos restauradores adesivos. Sendo assim, o mesmo sistema adesivo pode apresentar diferentes valores de adesão quando aplicados em regiões distintas do substrato dentinário.

O arranjo longitudinal dos túbulos dentinários, cuja densidade diminui com o aumento da distância à polpa, assim como a quantidade de dentina sólida e intertubular aumentadas também com o avanço da distância à polpa, podem afetar a resistência adesiva da dentina. Segundo Pashley & Carvalho (1997), a reduzida área de dentina intertubular disponível para a adesão contribui para os baixos valores de resistência em regiões profundas da dentina. Esta região, por possuir uma maior quantidade de túbulos, também apresenta uma maior umidade intrínseca, podendo afetar a adesão por diluir ou precipitar o agente adesivo. Para Brännström (1972) esta umidade intrínseca se deve à movimentação dos fluidos no interior dos túbulos e pode ser responsável pela sensibilidade operatória.

Tagami et al., em 1990, estudaram a correlação entre permeabilidade da dentina, profundidade e adesão, utilizando os adesivos Scotchbond, Clearfil New Bond, e Superbond C&B. Também foram utilizados segmentos coronários de incisivos bovinos. Os autores observaram que na dentina profunda a resistência ao cisalhamento foi menor para os três adesivos testados. Para o adesivo Superbond C&B, quanto maior a permeabilidade, menor a resistência adesiva, mas para os adesivos Scotchbond, Clearfil New Bond, não foi identificada esta relação. Os autores também relataram que o adesivo Superbond C&B apresentou os maiores resultados de adesão em qualquer profundidade de dentina quando comparado aos outros dois adesivos utilizados.

Gwinett, em 1993, determinou quantitativamente a infiltração da resina na dentina. Para isto quatro grupos contendo 10 molares foram utilizados. Trinta dentes foram seccionados na região mediana da coroa. Grupo 1: *smear layer* intacta; Grupo 2: aplicação de Prophy Jet; Grupo 3: *smear layer* removida com ácido fosfórico a 37% por 20 segundos; Grupo 4: dentina exposta por uma fratura transversal. As superfícies de dentina foram tratadas com o adesivo All-Bond 2 e restauradas com a resina P50. Após estocagem em água destilada por 24 horas a 37°C, as amostras foram testadas quanto ao cisalhamento à velocidade de 5 mm/minuto. A superfície e a interface de cada amostra foi observada em microscópio eletrônico. Os valores em MPa foram: Grupo 1: $10,24 \pm 2,98$; Grupo 2: $20,37 \pm 4,62$; Grupo 3: $32,68 \pm 7,12$; e, Grupo 4: $26,77 \pm 4,85$. A análise estatística dos resultados (ANOVA e teste de Student) mostrou diferença significativa ($p < 0,05$). Uma vez que a penetração da resina foi observada de forma apreciável nos túbulos apenas no Grupo 4 e no Grupo 3 houve a penetração intertubular e tubular, o autor concluiu que a infiltração da resina nos túbulos contribuiu apenas em um terço para a resistência adesiva deste sistema adesivo.

Pashley et al., em 1993, testaram a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos utilizando caninos de cães e molares humanos, em relação à profundidade de dentina e diferenças na morfologia (canino e molares), e observaram que os adesivos apresentaram maior força adesiva na dentina superficial do que na dentina profunda. Para este estudo os autores utilizaram os adesivos Clearfil Liner Bond System (CC), o Superbond C&B (SC), Scotchbond 2 (SS) e o Tenure (TP). Todos os produtos foram utilizados de acordo com as instruções dos fabricantes. Os dentes foram avaliados em relação à profundidade: dentina superficial (0,5 a 1 mm), média (maior que 0,5 a 1,0 mm) e profunda (0,5 mm da câmara pulpar). As amostras foram testadas quanto à resistência ao cisalhamento e os dados submetidos à análise estatística por meio de quatro métodos de Análise de Variância e teste de Duncan. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre os valores dos dentes maxilares e mandibulares (em ambos os tipos de dentes). Os valores mais altos de resistência adesiva foram observados para o adesivo Clearfil Liner Bond System-CC ($16,6 \pm 1,2$ MPa na dentina superficial e $5,2 \pm 0,8$ MPa na dentina profunda), apresentando diferenças estatísticas significantes entre a dentina superficial e a dentina profunda. A resistência adesiva do Superbond C&B-SC foi menos sensível à profundidade do que o CC, não havendo diferença estatística significativa entre as três profundidades (superficial, média e profunda) apresentando os seguintes valores, respectivamente: $12,3 \pm 1,1$ MPa, $11,2 \pm 1,7$ MPa e $11,3 \pm 0,6$ MPa. O Scotchbond 2 foi o segundo a apresentar os maiores valores de adesão, sendo que os maiores valores foram obtidos na dentina superficial dos dentes com cúspides ($10,0 \pm 1,6$ MPa) e os menores valores na dentina profunda dos molares ($1,2 \pm 0,4$ MPa). Os autores concluíram que existem diferenças significantes na resistência adesiva entre dentes

molares e com cúspides (caninos) e que a profundidade (dentina superficial e profunda) influenciou a resistência adesiva.

Giannini et al., em 2001, avaliaram a relação entre densidade tubular e área ocupada pela dentina sólida através de testes de tração, utilizando um sistema adesivo convencional e um adesivo autocondicionante. Para esse trabalho foram usados terceiros molares humanos que tiveram suas coroas seccionadas para expor as dentinas superficial, média e profunda. Os três grupos de dentina receberam a aplicação dos adesivos Clearfil Liner Bond 2V e Prime & Bond 2.1. Após a resina ser aderida às superfícies, os espécimes foram estocados em água a 37°C por 24 horas, e verticalmente seccionados em duas direções, obtendo vários palitos de dentina. Cada palito foi submetido ao teste de tração até a ocorrência da fratura e avaliado em microscópio eletrônico para calcular a densidade tubular e a área de dentina sólida. Os resultados mostraram que houve significativa relação entre densidade tubular e área ocupada pela dentina sólida na resistência adesiva de ambos sistemas adesivos utilizados. Para o Prime & Bond 2.1, a resistência adesiva diminuiu significativamente com o aumento da densidade tubular, apresentando maiores valores do que o sistema Clearfil nas dentinas superficial e média, mas para a dentina profunda não houve diferença significativa entre os dois adesivos. Os autores concluíram que variações na densidade tubular e na área ocupada pela dentina sólida modificam a resistência adesiva tanto de adesivos convencionais como de adesivos autocondicionantes, e que regiões com maior área de dentina sólida produzem maiores valores de força de adesão, independente do sistema adesivo aplicado.

Akagawa et al., em 2002, no que diz respeito à profundidade da dentina, avaliaram a resistência adesiva de dois tipos de sistemas adesivos aplicados às dentinas coronária, profunda e da câmara pulpar. Para tal pesquisa foram utilizados molares

humanos que foram seccionados, com um disco diamantado sob água corrente, obtendo-se as superfícies dentinárias de diferentes regiões. As superfícies foram polidas com lixas de granulação 600, removendo-se as irregularidades. Para o teste de resistência de união, foi utilizado o teste de cisalhamento do Plano Único, proposto por Watanabe et al., em 1988. A área de adesão foi delimitada por fitas adesivas de vinil, com 4 mm de diâmetro de perfuração. Os exemplares foram fixados em um dos planos já pré-estabelecido, com gesso pedra Tipo IV, e, após a presa do gesso, foram tratados com os adesivos Clearfil Liner Bond 2V ou Single Bond, seguindo as instruções do fabricante. A resina foi colocada no outro plano (em contato com o plano onde foi fixada a superfície dental com o adesivo) e fotopolimerizada por 40 segundos. Os corpos-de-prova ficaram estocados em água a 37°C por 24 horas, e na sequência, foram submetidos ao teste de cisalhamento em uma máquina universal de testes (Altograph AG-500B), à velocidade de 2 mm/minuto. Para cada grupo foram testados 10 espécimes, que após a remoção de componentes orgânicos e inorgânicos foram analisados através de microscopia eletrônica. Os autores demonstraram que a resistência adesiva foi influenciada pelo sistema adesivo e pela região da dentina. O adesivo Single Bond apresentou maiores valores de adesão à dentina superficial ($23,3 \pm 6,1$ MPa) do que à dentina profunda ($15,0 \pm 8,6$ MPa) e da câmara pulpar ($13,0 \pm 3,8$ MPa). Nas regiões profundas foram observadas falhas adesivas mais frequentes. Para o Clearfil Liner Bond 2V, força adesiva na ordem de 30 MPa foi observada para todas as profundidades, sem diferença significativa entre os três grupos. Em relação à fraturas, também foram encontradas falhas adesivas na superfície profunda com esse adesivo, embora em menor quantidade. Os autores também observaram que os diâmetros dos túbulos dentinários são bem maiores na dentina da câmara pulpar do que na dentina superficial e profunda. Outra observação feita pelos autores é que os diâmetros dos

túbulos tratados com o adesivo autocondicionante (Clearfil Liner Bond 2V) foram muito menores que aqueles tratados com o ácido fosfórico. Pelos dados apresentados foi concluído que o Clearfil Liner Bond constitui um bom adesivo para as todas as regiões da dentina.

Inoue et al., em 2003, avaliaram o efeito da profundidade e da orientação dos túbulos dentinários nos resultados de testes de microtração. Lâminas de dentina (0,5 mm) foram obtidas das faces mesial e distal de dentes humanos por meio de cortes paralelos à força de tração, e das faces oclusal e pulpar, obtidos por meio de cortes perpendiculares à força de tração. Os autores relataram que tanto para os grupos com cortes paralelos quanto para os grupos com cortes perpendiculares à força de tração, os resultados mostraram maiores valores de força adesiva na dentina superficial do que na profunda. Quanto à densidade tubular, observada por microscópio eletrônico, os autores concluíram que a densidade tubular da dentina superficial foi significativamente menor do que na dentina média e profunda.

Özer et al., em 2003, descreveram por meio dos ensaios de cisalhamento, utilizando diferentes sistemas adesivos e resinas compostas, que geralmente a resistência adesiva é maior na superfície bucal do que na superfície ocluso-gengival. Os autores relataram na discussão, que diferentes resultados de força adesiva podem ocorrer por vários fatores, como: umidade e permeabilidade do substrato, tipo de condicionamento ácido, orientação dos túbulos dentinários e também devido à variabilidade de testes usados para medir a resistência adesiva, como os testes convencionais de tração, testes de microtração e de cisalhamento. Os autores citaram o relato de Sudsangian & Van Noort (1999) o qual diz que a capacidade da interface adesiva entre dente e restauração resistir à fratura é complexa e não deve ser relacionada somente com testes laboratoriais de resistência adesiva.

Toledano et al., em 2003, investigaram a resistência adesiva de cinco sistemas adesivos em relação à dentina superficial e profunda. Nesse estudo utilizaram terceiros molares humanos que tiveram suas coroas seccionadas próximas à junção amelodentinária e perto da polpa. As superfícies foram tratadas com os adesivos Single Bond, Prime & Bond NT, Excite, Clearfil SE Bond, e Etch & Prime 3.0, seguindo as instruções dos fabricantes. A resina Z250 foi aplicada e os corpos-de-prova estocados em água a 37°C por 24 horas. Os espécimes foram seccionados, obtendo-se vários feixes com interface adesiva de 1,0 mm² de área, e submetidos ao teste de tração em uma máquina Instron à velocidade de 0,5 mm/minuto. Os sistemas Single Bond, Prime & Bond NT, Clearfil SE Bond e Excite demonstraram performances semelhantes na dentina superficial, apresentando respectivamente: 41,8 ± 10,8 MPa, 44,4 ± 14,5 MPa, 43,7 ± 23,9 MPa, e 36,7 ± 14,4. Os menores valores de força adesiva foram observados para o adesivo Etch & Prime 3.0 (27,9 ± 11,8 MPa). Para a dentina profunda, os maiores valores foram observados com o Prime & Bond NT (66,9 ± 17,0 MPa) e Clearfil SE Bond (56,5 ± 18,8 MPa). A força de adesão para os adesivos Prime & Bond NT e Excite foram significativamente maiores na superfície de dentina profunda quando comparada à dentina superficial, e os outros materiais apresentaram valores similares nas duas profundidades. Os altos valores referentes ao Clearfil SE Bond (adesivo autocondicionante de 2 passos) podem ser atribuídos à presença do monômero hidrofílico 10-MDP em sua composição, que promove o molhamento da superfície dentinária, além de conter grupos hidroxil que promovem a quelação dos íons cálcio da dentina. No caso do Etch & Prime 3.0 (adesivo de um passo e autocondicionante), a combinação de ácidos e monômeros hidrofílicos e hidrofóbicos em um só frasco podem comprometer a função de cada um dos componentes. Os resultados mostraram que a

resistência adesiva é dependente do material e do substrato e da interação desses dois parâmetros.

Toba et al., em 2003, avaliaram a resistência ao micro-cisalhamento de dois sistemas adesivos, o Single Bond e o Clearfil SE Bond, em relação à dentina coronária e à dentina da câmara pulpar. Para a preparação dos corpos-de-prova foram utilizados trinta terceiros molares hígidos. Um disco diamantado (Isomet) foi usado para criar lâminas de dentina de 2 mm de espessura de ambas profundidades, que foram polidas com lixas de granulação 600 sob irrigação com água, proporcionando uma *smear layer* uniforme. Os espécimes de cada região dentinária foram divididos em três grupos, que receberam o seguinte tratamento: grupo 1 - aplicação do adesivo Clearfil SE Bond, seguindo as instruções do fabricante (20 segundos de aplicação e secagem do adesivo com ar, nova aplicação e secagem); grupo 2 - condicionamento da dentina com ácido fosfórico a 37%, lavagem e secagem por absorção, aplicação de cinco camadas do adesivo Single Bond; e, grupo 3 - condicionamento com ácido fosfórico a 37%, lavagem e secagem com ar por 30 segundos, aplicação de cinco camadas do adesivo Single Bond. Apesar do fabricante recomendar duas camadas do sistema Single Bond, os autores relataram que duas camadas não são suficientes para penetrar na dentina desmineralizada e formar a camada híbrida. Após a aplicação do sistema adesivo à dentina, um tubo de vinil de 0,75 mm de diâmetro e 0,5 mm de altura foi posicionado à superfície da dentina e o adesivo fotopolimerizado, fixando o tubo à dentina. A resina composta correspondente ao sistema adesivo foi colocada (Clearfil AP-X, para o grupo 1 e Z 250 para os grupos 2 e 3) no interior do tubo e fotopolimerizada por 40 segundos. Os tubos de vinil foram removidos, e então checados através de microscópio descartando qualquer espécime com bolhas de ar ou fenda na interface. Para os testes de micro-cisalhamento foi utilizada uma máquina universal de testes (EZ Test 500N). Cada

lâmina de dentina foi fixada em um dispositivo para testes (Bencor-Multi T) para ser submetida ao teste, à velocidade de 1 mm/minuto. Para cada grupo foram realizadas dez repetições e os resultados foram analisados pelos testes ANOVA e Fisher com nível de significância de 5%. Para o Clearfil SE Bond, a resistência foi significativamente maior na dentina coronária ($41,1 \pm 5,1$ MPa) do que na dentina do assoalho da câmara pulpar ($30,9 \pm 5,2$ MPa), ocorrendo o mesmo para o adesivo Single Bond, usado na dentina úmida, que apresentou respectivamente para a dentina coronária e dentina do assoalho da câmara pulpar, $28,5 \pm 6,5$ e $39,0 \pm 4,1$ MPa. Nenhuma diferença estatística na resistência adesiva foi observada entre os dois adesivos nas duas profundidades. Para o grupo tratado com o Single Bond na dentina ressecada, a resistência adesiva foi de $29,5 \pm 4,1$ MPa para a dentina coronária, e de $20,0 \pm 4,5$ MPa para a dentina do assoalho da câmara pulpar. Os autores concluíram que variações na morfologia e estrutura da dentina podem influenciar na resistência da união dos sistemas adesivos ao assoalho da câmara pulpar. Entretanto, os adesivos autocondicionantes parecem promover bons resultados nessa região. Os autores também relataram que o teste de micro-cisalhamento é um bom método para se avaliar pequenas áreas comparadas ao teste de cisalhamento convencional.

Giannini et al., em 2004, realizaram um estudo no qual avaliaram a resistência adesiva da dentina através do teste de microtração (UTS) do esmalte, dentina e da junção esmalte-dentina, testando a hipótese que a resistência adesiva pode variar em função da localização no substrato. Para isto foram utilizados terceiros molares humanos extraídos. A superfície oclusal do esmalte recebeu o ataque ácido a 37% e a aplicação de um agente adesivo de um só frasco e, por fim, a aplicação da resina composta. O dente foi então verticalmente seccionado em várias camadas de 0,7 mm. Cada camada foi posicionada em um dispositivo para ser cortada de modo a apresentar

0,5 mm² no esmalte, dentina e junção amelo-dentinária. O esmalte foi testado de acordo com a orientação dos prismas (paralelo e transversal) e a dentina de acordo com a profundidade (superficial, mediana e profunda). As amostras foram testadas quanto à tração numa máquina para testes Instron à velocidade de 0,5 mm/minuto. Os resultados foram analisados através do teste *one-way* ANOVA e através do teste de Duncan. Os resultados demonstraram que para o esmalte, a orientação transversal dos cortes em relação aos prismas resulta em uma adesão mais fraca ($11,5 \pm 4,7$ MPa) comparada aos cortes com orientação paralela aos prismas ($42,2 \pm 12,0$ MPa). Para a dentina, a profundidade afeta significativamente os resultados de força de adesão, concluindo que os resultados de resistência adesiva são afetados pela localização no substrato apresentando os seguintes valores: dentina superficial ($61,6 \pm 16,3$ MPa), dentina mediana ($48,7 \pm 16,7$ MPa), dentina profunda ($33,9 \pm 8,0$ MPa) e junção dentina-esmalte ($46,9 \pm 13,7$ MPa).

Sattabanasuk et al., em 2004, investigaram os efeitos das características do substrato da dentina sobre a resistência adesiva, por meio de ensaios de cisalhamento, utilizando dois sistemas adesivos (Clearfil SE Bond e OptiBond Solo Plus). Para cada material adesivo, cortes de dentina de pré-molares humanos foram divididos em oito grupos de acordo com as características da dentina: localização (oclusal ou cervical), profundidade da dentina (superficial ou profunda) e orientação dos túbulos (perpendicular ou paralela). Uma área de dentina com 0,75 mm de diâmetro foi delimitada para a aplicação do adesivo e da resina composta com 0,5 mm de altura. As amostras foram submetidas aos testes de cisalhamento à velocidade de 1 mm/minuto. Os resultados obtidos nos ensaios foram analisados usando os testes ANOVA e Tukey. Não foi detectada diferença estatística em relação à localização. O Clearfil SE Bond apresentou maior resistência adesiva nos cortes de dentina profunda perpendiculares aos

túbulos ($50,12 \pm 8,52$ MPa) do que nos cortes paralelos ao túbulos ($43,59 \pm 6,02$ MPa) na região oclusal e isto também foi observado na dentina cervical. Entretanto o oposto foi observado para as amostras de dentina profunda com o OptiBond Solo Plus, que apresentou os seguintes valores na dentina profunda com cortes perpendiculares e paralelos, respectivamente: $35,18 \pm 6,62$ MPa e $44,05 \pm 9,31$ MPa. No caso da dentina superficial, não houve diferença entre os dois adesivos em relação à orientação dos túbulos. Os resultados indicaram que a resistência adesiva ao cisalhamento pode ser afetada pela profundidade da dentina, pela orientação tubular e pelo sistema adesivo, mas não pela localização da dentina (cervical e oclusal).

Arola & Reprogel, em 2006, avaliaram a influência da orientação tubular na resistência flexural dentinária à fratura. Foram avaliadas espécimes de dentina com túbulos alinhado de forma paralela ($\Theta = 0$ graus) e perpendicular ($\Theta = 90$ graus). Os autores concluíram que a densidade tubular influencia significativamente mais a fadiga do que a orientação tubular, mesmo que os túbulos alinhados paralelamente tenham apresentado resistência flexural significativamente maiores do que aqueles com alinhamento perpendicular.

Lopes et al., em 2006, avaliaram a resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos simplificados na dentina superficial comparada à profunda. Para obter a dentina superficial, trinta molares humanos foram seccionados para expor a dentina imediata à junção esmalte-dentina. A dentina profunda foi obtida a partir de trinta molares seccionados 3 mm abaixo da junção esmalte-dentina. Os dentes foram incluídos, polidos e divididos aleatoriamente em três grupos ($n=10$): Single-Bond e OptiBond Solo (adesivos *total etch*), e Clearfil Liner Bond 2V (adesivo *self-etch primer*). Os adesivos foram aplicados, a resina Filtek Z250 inserida em uma cápsula gelatinosa n.º 5 e fotopolimerizada. A resistência ao cisalhamento foi medida após 24

horas em água a 37°C, em máquina Instron regulada a 5 mm/minuto. Os resultados em MPa foram: Single Bond/dentina superficial = $22,1 \pm 2,8$; Single Bond/dentina profunda = $14,2 \pm 7,0$; OptiBond Solo/dentina superficial = $18,9 \pm 4,1$; Optibond Solo/dentina profunda = $18,4 \pm 4,8$; Clearfil Liner Bond 2V/dentina superficial = $21,0 \pm 7,4$; Clearfil Liner Bond 2V/dentina profunda = $17,6 \pm 5,9$. Não foram encontradas diferenças significativas entre as resistências ao cisalhamento para o fator adesivo ($p > 0,822$), O teste de Duncan mostrou que o adesivo Single Bond apresentou força de união mais alta na dentina superficial que na profunda. As resistências ao cisalhamento do OptiBond e do Clearfil Liner Bond 2 não foram influenciadas pela profundidade da dentina. Os resultados analisados da dentina profunda demonstraram forças de união inferiores e estatisticamente significativas em relação à dentina superficial ($p < 0,01$). Os autores concluíram que a influência da profundidade da dentina na resistência ao cisalhamento depende da composição específica do adesivo dentinário.

Adebayo, Burrow e Tyas (2008) determinaram a resistência adesiva ao microcisalhamento de cinco adesivos *all-in-one* e dois adesivos autocondicionantes de dois passos para dentina com diferentes orientações de túbulos e compararam a resistência adesiva entre eles. Molares humanos de adultos foram seccionados para obter pedaços de dentina com orientação perpendicular ou paralela/oblíqua à superfície de adesão. Adesivos com *primers* condicionantes de dois passos [Clearfil SE Bond (CSE) e Optibond Solo Plus SE Bond (Op. SE)] e cinco adesivos *all-in-one* [Clearfil S³ Bond S³, Optibond All-in-One Bond (Op. AIO), G-Bond, Go! e Xeno IV] foram aplicados na dentina, seguindo as instruções do fabricante. Em seguida, cilindros de resina composta foram aderidos em dentina superficial e profunda, por meio de microtúbulos de 0,75 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de altura. Os espécimes aderidos foram estocados em água a 37°C por vinte e quatro horas e então estressados até à fratura, em velocidade de

1 mm/min. A resistência foi mensurada em N e convertida para MPa. A análise estatística foi realizada usando amostras independentes com teste T, *one-way* ANOVA e Teste de Tukey. Embora a resistência adesiva ao microcisalhamento tenha variado levemente, os quatro adesivos *all-in-one* (Op. AIO, G-Bond, Go! e Xeno IV) mostraram diferenças estatísticas não significantes na resistência ao microcisalhamento, desconsiderando a profundidade da dentina e a orientação de túbulos. Os produtos CSE, Op. SE e S(3) mostraram resistência adesiva significativamente mais baixa na dentina profunda com túbulos de orientação perpendicular à superfície. Os autores concluíram que a maioria dos adesivos *all-in-one* usados neste trabalho apresentaram adesão à dentina semelhante, independente da orientação tubular e profundidade. O adesivo autocondicionante de dois passos CSE apresentou resistência adesiva significativamente melhor que todos os adesivos *all-in-one* bem como o autocondicionante de dois passos Op. SE, exceto em dentina profunda com orientação tubular perpendicular à superfície. Todos adesivos *all-in-one* exibiram resistência adesiva comparável ao Op. SE.

2.3 Resistência Adesiva da Dentina

Desde a proposta de adesão ao substrato dentinário (FUSAYAMA et al, 1979), a evolução dos sistemas adesivos foi surpreendente, uma vez que a adesão, até este momento, era limitada ao esmalte, tecido homegêneo, altamente mineralizado e praticamente isento de umidade, permissor do uso de materiais hidrófobos. A complexidade da adesão à dentina, substrato dinâmico, de estrutura tubular, permeável, de umidade intrínseca e formação de camada de *smear layer*, determinou o desenvolvimento de materiais compatíveis com essas características.

Deste modo, os adesivos contemporâneos têm na sua composição monômeros hidrofílicos associados a dimetacrilatos hidrofóbicos com a finalidade especial de facilitar a penetração do agente de união entre as fibrilas colágenas expostas pela ação de ácidos sobre o tecido dentinário, para a posterior formação de uma camada de interdifusão resina-dentina, usualmente denominada “camada híbrida” (NAKABAYASHI; KOJIMA & MASUHARA, 1982). Dependendo do tipo de adesivo utilizado, esta estrutura terá características peculiares e distintas.

Segundo Van Meerbeek et al., 1999, os sistemas adesivos contemporâneos podem ser classificados em duas categorias segundo as etapas operatórias, ou seja, sistemas *etch-and-rinse* (com condicionamento ácido e lavagem) e *self-etch* (autocondicionantes). Os sistemas autocondicionantes promovem a formação de camada híbrida notoriamente mais delgada comparada àquela formada pelos sistemas *etch and rinse* (VAN MEERBEEK et al., 2003). Os prolongamentos formados no interior dos

túbulos dentinários (*tags*) são mais curtos e irregulares, quando comparados aos obtidos com sistemas com condicionamento ácido prévio (KENSHIMA et al., 2006). A despeito destas diferenças, os dois tipos de sistemas adesivos têm valores elevados e similares de resistência de união (ARMSTRONG et al., 2003; SENAWONGSE et al., 2004). A espessura da camada híbrida, portanto, parece ter pouca influência na efetividade de adesão (INOUE et al., 2001; DE MUNCK et al., 2003).

Miyazaki et al., em 1995, avaliaram a influência da adição de carga aos sistemas adesivos por meio do teste de resistência ao cisalhamento usando dentes bovinos. Os autores também procuraram determinar a quantidade adequada de carga que pode ser adicionada a um sistema adesivo experimental. Para este trabalho foram utilizados sistemas adesivos experimentais, adicionando a estes micropartículas de carga com 0,05 μm , contendo 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, e 70% em volume. Incisivos bovinos foram incluídos em resina autopolimerizável e preparados com lixas de granulação 600. Após o pré-tratamento da superfície da dentina com o *primer*, o agente adesivo experimental foi aplicado seguido da aplicação da resina composta. Dez amostras de cada grupo foram estocadas em água destilada a 37°C por 24 horas e então submetidas aos testes de cisalhamento, à velocidade de 1 mm/minuto. A resistência adesiva da dentina foi afetada pelo nível de carga utilizada. O valor máximo de resistência adesiva foi obtido com o nível de carga a 10% em volume ($14,3 \pm 2,3 \text{ MPa}$) e os valores diminuíram com níveis de carga acima de 30% em volume ($10,4 \pm 1,7 \text{ MPa}$ – $5,3 \pm 2,6 \text{ MPa}$). Os autores concluíram que os agentes adesivos contendo carga podem ser um importante fator que influencia a resistência adesiva. E quando um agente com carga é usado, é necessário determinar o nível adequado de carga para otimizar a adesão.

Pashley & Carvalho, em 1997, realizaram um estudo de revisão da literatura no qual descreveram a estrutura da dentina e sua relação com a penetração dos sistemas adesivos neste substrato, com o objetivo de ressaltar a importância da infiltração do adesivo nos túbulos dentinários e nos espaços interfibrilares criados pelo condicionamento ácido da dentina. Neste trabalho, os autores discutem a técnica do condicionamento ácido, a aplicação de *primer*, a importância da formação da camada híbrida e as vantagens da técnica úmida em relação à seca, entre outros fatores relacionados à permeabilidade do substrato dentinário. Os autores concluíram que o condicionamento ácido da dentina produz profundas mudanças nas propriedades físicas da matriz, podendo influenciar a qualidade da adesão entre dentina e resina, e também, sua resistência e durabilidade.

Perdigão et al., em 1997, analisaram sistemas adesivos que combinavam *primer* e adesivo em um único frasco, com o objetivo de avaliar se os adesivos à base de água produziram menor força adesiva e menor penetração na dentina do que outros adesivos contendo outros solventes. Quarenta molares extraídos foram desgastados para expor a dentina mediana e divididos em quatro grupos (n=10): Grupo 1 - Single Bond Experimental; Grupo 2 – Prime & Bond 2.1; Grupo 3 - Syntac Single Component; e, Grupo 4 - Tenure Quik com flúor. Após o condicionamento ácido, as superfícies foram tratadas com os sistemas adesivos de acordo com o seu grupo seguindo as instruções dos fabricantes, a resina composta (Z100) foi inserida na área de adesão e fotopolimerizada. Após 24 horas em água destilada, as amostras foram termocicladas e a resistência ao cisalhamento foi medida numa Máquina Universal de Testes (Shimadzu, modelo A6-AR3), à velocidade de 0,5 cm/minuto. Os adesivos também foram aplicados em discos de dentina com 600 µm de espessura para comparar a interface adesiva de cada sistema adesivo testado. Os dados obtidos foram submetidos à

Análise de Variância (*one way* ANOVA) e ao teste de Duncan. A interface foi observada em microscópio eletrônico para observação da aparência morfológica da área de adesão. Duas características morfológicas foram observadas: a profundidade de penetração da resina nos túbulos e a espessura e densidade da zona de difusão resina/dentina. Os resultados revelaram que o Single Bond apresentou maiores valores de resistência adesiva estatisticamente significantes comparado aos outros três adesivos. O mesmo adesivo também apresentou uma camada híbrida uniforme e adequada, com completa infiltração do adesivo e hibridização. As amostras preparadas com o Syntac Single Component e o Prime & Bond 2.1 ficaram no grupo intermediário (teste de Duncan). O Prime & Bond 2.1 apresentou uma camada híbrida bem infiltrada e *tags* curtos de resina, com alguns espaços entre as paredes dos *tags* e a área de interdifusão, além de algumas áreas sugerindo uma infiltração inadequada nos túbulos. O Syntac Single Component apresentou áreas de espaços vazios entre as fibras colágenas. O Tenure Quik com flúor exibiu os menores valores de adesão e áreas de incompleta infiltração do adesivo. Todos os materiais penetraram na dentina e formaram a camada híbrida. Os autores observaram que a adesão à dentina é imprevisível usando sistemas adesivos *one bottle*, e a química de cada material pode ser mais importante do que o tipo de solvente.

Avaliando a resistência à tração de algumas regiões do esmalte e da dentina de dentes humanos, e análise por meio de microscopia eletrônica de varredura, Yoshiyama et al., em 1998, realizaram um estudo utilizando dois sistemas adesivos *self-etching/self-priming*, adesivos auto-condicionantes e simplificados que não requerem condicionamento ácido na dentina, disponíveis comercialmente: o Clearfil Liner Bond 2 (LB 2, Kuraray) e o Fluoro Bond (FB, Shofu). Os adesivos foram aplicados às superfícies do esmalte e da dentina seguindo as instruções do fabricante, e a resina

composta foi aderida. Os dentes com a resina já aderida foram seccionados no sentido de seu longo eixo, promovendo uma área de adesão (interface dente-restauração) de 1 mm². Tanto o LB 2 como o FB exibiram altos valores de adesão nas dentinas coronária, cervical e no terço médio da raiz, mas o mesmo não ocorreu na dentina da região apical da raiz e no esmalte.

Al-Ehaideb & Mohammed, em 2000, realizaram um estudo no qual avaliaram a resistência ao cisalhamento de cinco adesivos de um só frasco de quinta geração: Bond 1, Single Bond, One-Step, Prime & Bond 2.1 e Tenure Quick com flúor. O sistema adesivo Tenure All-Surface, um adesivo de quarta geração foi utilizado como controle. Neste trabalho, vinte amostras foram preparadas para cada material e a resistência ao cisalhamento foi mensurada usando uma máquina universal de testes à velocidade de 0,5 mm/minuto, e a fratura analisada com o uso de microscopia eletrônica. Os resultados foram analisados estatisticamente usando o teste ANOVA. Os resultados dos testes para cada sistema adesivo foram: Bond 1: $18,36 \pm 3,19$ MPa; Single Bond: $16,22 \pm 2,11$ MPa; One-Step: $22,51 \pm 3,69$ MPa; Prime & Bond: $16,64 \pm 3,66$ MPa; Tenure Quick: $16,43 \pm 3,2$ MPa; e Tenure All-Surface Bonding System: $15,06 \pm 3,5$ MPa. A resistência ao cisalhamento do adesivo One Step mostrou diferença estatisticamente significativa quando comparado com os outros cinco grupos ($p < 0,01$). Nenhuma diferença estatística significativa foi encontrada entre o grupo controle e os outros quatro adesivos de um só frasco. Oito por cento das amostras de cada adesivo apresentaram falhas entre a resina e o adesivo, com exceção do Tenure All Surface onde todas as amostras falharam nesta interface (resina-adesivo). Os autores concluíram que os adesivos de um só frasco apresentam resultados similares ao grupo controle, um adesivo de quarta geração.

De Castro et al., em 2000, utilizando adesivos de frasco único (Bond 1, Single Bond e Optibond Solo), demonstraram que a aplicação de diferentes técnicas de condicionamento (ácido e ácido + NaOCl a 10%) da dentina interferiu na resistência ao cisalhamento, e dependem do tipo de sistema adesivo. As amostras foram obtidas utilizando incisivos bovinos que foram desgastados e polidos com lixas d'água de granulação de 300 a 600 e divididas aleatoriamente em 6 grupos: G1 - ácido /10% NaOCl + Bond 1 (B1H); G2 - ácido + Bond 1 (B1); G3 - ácido/10% NaOCl + Optibond Solo (OSH); G4 - ácido + Optibond Solo (OS); G5 - ácido/10% NaOCl + Single Bond (SBH); e, G6 - ácido + Single Bond (SB), usados de acordo com as instruções do fabricante. Após a resina composta (Z100) ser aderida com a ajuda de uma matriz de teflon, as amostras foram estocadas em condições de umidade por sete dias a 37°C. Os testes de cisalhamento foram realizados em uma Máquina Universal de Testes (EMIC), numa velocidade de 0,5 mm/minuto. A resistência adesiva em MPa foi analisada pelo *two way* ANOVA e teste de Tukey. Os resultados para os adesivos tratados com NaOCl a 10% e seus respectivos desvios-padrões foram: SBH = 14,28 (4,21); B1H = 14,39 (3,61); OSH = 10,35 (5,74); e, os valores sem NaOCl a 10% foram: SB = 10,35 (2,95); B1 = 9,38 (3,10); OS = 9,79 (3,48). Os autores relataram que o tratamento com ácido e NaOCl a 10% aumentou a remoção do colágeno e conseqüentemente a força de união dos adesivos testados, exceto para o Optibond Solo. Eles concluíram que o aumento na resistência adesiva depende do sistema adesivo usado.

Perdigão et al., em 2000, avaliaram o efeito de diferentes condicionadores ácidos, quanto à profundidade de desmineralização, na resistência adesiva da dentina usando três sistemas adesivos. Para tal estudo, noventa incisivos bovinos foram seccionados para expor a dentina. Os exemplares foram aleatoriamente divididos para os três adesivos: OptiBond SOLO, Permaquik PQ1 e Single Bond. Para cada sistema

adesivo, os corpos-de-prova foram divididos em subgrupos que receberam o tratamento com os ácidos: fosfórico gel a 37,5% (Kerr Gel Etchant), fosfórico gel a 35% (Ultraetch) e fosfórico gel a 37% (Scotchbond Etching Gel). Os adesivos foram aplicados seguindo as instruções do fabricante. Após a aplicação da resina, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de cisalhamento. Posteriormente os adesivos foram aplicados sobre áreas de discos de dentina com espessura de 800 µm (dois para cada subgrupo) e restaurados com uma resina de baixa viscosidade. As amostras foram descalcificadas em solução de EDTA e observadas em microscópio eletrônico. De acordo com os resultados apresentados, os autores concluíram que não houve significância estatística na resistência adesiva. O adesivo Permaquik apresentou maior resistência adesiva ($18,5 \pm 3,0$ MPa) do que os outros materiais, embora não tenha sido significativo, mas também apresentou maiores falhas coesivas. Em relação aos condicionadores ácidos, o Ultraetch resultou em maior resistência adesiva, mas não estatisticamente maior do que os outros materiais, mostrando também maior número de falhas coesivas. De acordo com a análise em microscópio eletrônico, os autores relataram que a penetração da resina e a formação da camada híbrida foram observadas em todos os grupos, independente do tipo de ácido utilizado. Segundo os autores, apesar da utilização de diferentes tipos de gel de ácido condicionante representarem diferentes espessuras de camada híbrida, a resistência adesiva não foi afetada quando a dentina foi condicionada por 15 segundos.

Andia-Merlin et al., 2001, avaliaram em MEV a interação do sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose na dentina e concluíram que os *tags* e os *microtags* criados por este sistema adesivo sugerem íntimo contato com as fibrilas de colágeno da dentina e que sua adesão pode incluir aspectos micromecânicos e químicos. Abaixo da formação da camada híbrida encontra-se dentina desmineralizada que não está protegida

pelo adesivo, que facilmente entra em colapso, e diminui a força de adesão do sistema adesivo (OLIVEIRA et al., 2004).

Cardoso et al., em 2001, investigaram a performance de três adesivos *one bottle* em relação à resistência à microtração. Molares humanos foram preparados para expor a dentina na superfície oclusal. Os dentes foram aleatoriamente divididos em três grupos de acordo com os adesivos: Grupo 1 - Prime & Bond 2.1; Grupo 2 - Prime & Bond NT; e, Grupo 3 - Experimental (NT sem carga). Todos os materiais foram aplicados de acordo com as recomendações do fabricante. Uma resina composta de alta densidade (Surefil) foi inserida na área de adesão em cinco incrementos. Palitos de dentina foram obtidos por meio de discos diamantados e foram estocados em água destilada por 24 horas. A resistência à microtração foi medida numa máquina universal de testes. Os resultados foram: Grupo 1: $54,3 \pm 15,6$ MPa; Grupo 2: $62,0 \pm 17,6$ MPa; e, Grupo 3: $54,6 \pm 16,8$ MPa. Embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa entre os adesivos, o Prime & Bond NT mostrou uma tendência a maiores valores de resistência adesiva.

Gallo et al., em 2001, compararam a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos com carga (Prime & Bond NT, One Coat Bond, OptiBond Solo e PermaQuik1) com um adesivo convencional sem carga (3M Scotchbond Multipurpose Plus). Colunas de resina composta (Herculite XRV) foram aderidas à dentina usando os cinco adesivos de acordo com as instruções do fabricante. As amostras foram termocicladas a 60°C. Cada amostra foi testada numa máquina universal de testes e testada sua resistência ao cisalhamento até a fratura. Os dados foram analisados estatisticamente usando o *one way* ANOVA e o teste Newman-Kuels. A análise estatística mostrou que o One Coat Bond apresentou maiores valores de resistência adesiva ao cisalhamento do que os outros sistemas adesivos testados.

Nunes et al., em 2001, realizaram um estudo no qual tentaram explicar a relação entre a composição dos sistemas adesivos (solvente e carga) e a resistência à microtração na dentina. Neste trabalho utilizaram quinze terceiros molares preparados para expor a dentina superficial, a qual foi polida com lixa de granulação 600. A dentina foi condicionada com ácido fosfórico a 37,5% por 15 segundos, enxaguada e o excesso de umidade removido com papel absorvente. A superfície foi mantida visivelmente úmida em todas as amostras. Os adesivos foram aplicados seguindo as instruções do fabricante: Single Bond (SB), Single Bond experimental com partículas de carga (ExpSB), Prime & Bond NT (NT), Prime & Bond NT experimental (ExpNT) e One Coat Bond com carga (OC). Cada adesivo foi aplicado em três dentes e um cilindro de resina foi construído na superfície oclusal. Após 24 horas e estocagem em água, cada dente foi seccionado verticalmente produzindo camadas de 0,7 mm. Cada camada foi seccionada obtendo palitos de dentina com uma área de 0,35 a 0,45 mm². A resistência adesiva à microtração foi avaliada usando uma máquina universal de testes. Os dados foram analisados através dos testes *one way* ANOVA e Duncan. Para os adesivos com carga os valores de resistência adesiva obtidos foram: 57,9 MPa para o ExpSB e 48,2 MPa para NT. Os adesivos sem carga SB e ExpNT obtiveram os seguintes valores: 75,9 MPa e 38,7 MPa, respectivamente. O adesivo sem carga SB apresentou resistência adesiva significativamente maior que o adesivo experimental SB com carga. O adesivo à base de etanol Single Bond apresentou maiores resultados comparado ao adesivo à base de solvente não volátil One Coat e ao adesivo à base de acetona Prime & Bond NT.

Peutzfeudt & Asmussem, em 2002, realizaram testes de resistência ao cisalhamento com seis sistemas adesivos: Scotchbond Multi-Purpose, Scotchbond 1, Prime & Bond 2.1, Syntac, Gluma Classic e Gluma CPS. As superfícies planas dos dentes foram tratadas com os sistemas adesivos seguindo as instruções do fabricante e

com algumas variações como diminuição no tempo de aplicação e utilização de menos camadas que o recomendado, e após sete dias de estocagem a 37°C, as amostras foram testadas até a fratura. Os resultados demonstraram que houve diminuição na resistência adesiva para três adesivos testados na dentina (Scotchbond Multi-Purpose, Scotchbond 1 e Prime & Bond 2.1). Os autores relataram que certas variações no protocolo de instruções do fabricante, como diminuição do tempo de aplicação, aplicação de menor número de camadas do que o recomendado pode afetar significativamente a resistência adesiva da dentina. Os resultados foram negativos para o esmalte. Os autores concluíram que os procedimentos indicados pelo fabricante devem ser seguidos meticulosamente.

Segundo Van Meerbeek et al., em 2003, em seu trabalho de revisão sobre o estado atual e futuras mudanças na adesão em esmalte e dentina, os autores, por meio de estudos das características ultramorfológicas e químicas da interface dente-material, relataram que apesar da tendência dos fabricantes em simplificar a técnica adesiva, a redução dos passos durante os procedimentos não garante a qualidade de adesão. Os autores concluíram que os sistemas que utilizam os três passos (condicionamento ácido, aplicação do *primer* e aplicação do adesivo) ainda demonstram os melhores resultados laboratoriais e clínicos, embora, no futuro, os adesivos que não utilizam condicionamento ácido prévio, poderão melhorar a resistência adesiva por favorecerem a união química ao dente, além da união micromecânica.

Reis et al, 2003, avaliaram a força de adesão de dois sistemas adesivos, Single Bond e Prime & Bond 2.1, na presença e na ausência dos solventes, tanto no esmalte quanto na dentina. Os autores não obtiveram diferenças no esmalte, mas na dentina a presença do solvente orgânico foi indispensável para conferir maior resistência à adesão.

Hashimoto et al., em 2003, avaliaram os efeitos de nanoinfiltração e resistência adesiva na aplicação de camadas múltiplas dos adesivos: One-Step Plus, iBond e FluoroBond, de acordo com a indicação do fabricante em dentina humana. Os corpos-de-prova foram mantidos em água (grupo controle) ou nitrato de prata-amoníaco. Em seguida a resistência à microtração foi medida. As espécimes fraturadas foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura e de transmissão, e em espectrometria de energia dispersiva de raio X. Não foi encontrada diferença de resistência à tração entre os meios de armazenagem. O produto One-Step Plus apresentou menor resistência adesiva em uma única camada. Camadas únicas apresentam maior nanoinfiltração do que camadas múltiplas. Os autores não encontraram diferenças da resistência à adesão e nanoinfiltração entre os adesivos.

Kiremitci et al., 2004, relataram a efetividade de três sistemas adesivos (Prime & Bond NT, Clearfil SE Bond e Prompt L-Pop) em esmalte e dentina e não encontraram diferenças significantes de resistência à adesão entre os sistemas adesivos, somente o Prompt L-Pop se mostrou mais efetivo no esmalte do que na dentina, e que os resultados obtidos se mostraram encorajadores para o sucesso clínico desses sistemas adesivos simplificados.

Li et al., em 2004, avaliaram a resistência adesiva e diferentes superfícies de dentina (úmida e seca) de sistemas adesivos à base de acetona: Gluma One-Bond, Bond-1 e One-Step. A resina composta utilizada para o teste de microtração foi a Charisma. O teste de resistência à microtração foi medido com Instron 1195 e a superfície analisada no microscópio de varredura HITACHI S-2700. Foram observadas, nos 3 sistemas adesivos, a formação de camada híbrida uniforme nos grupos com dentina molhada. A resistência à microtração também foi maior neste grupo, pois se pode manter a rede fibrosa rica em colágeno da dentina.

Senawongse et al., em 2004, compararam a resistência adesiva do SingleBond e do Clearfil SE Bond em dentina de dentes decíduos e dentes permanentes humanos. Foram utilizados discos de dentina da face vestibular de pré-molares superiores e segundo molares decíduos. Os discos de dentina foram polidos com lixas siliconadas de granulação 600 sob refrigeração. Os espécimes foram divididos em 2 grupos para cada sistema adesivo. Foram mantidos em água por 24 horas e então submetidos ao teste de tração na máquina universal de ensaios. Nenhuma diferença foi demonstrada entre os materiais, contudo a dentina decídua apresentou menor resistência adesiva quando comparada à dentina permanente.

Ito et al., em 2005, avaliaram os efeitos de resistência à microtração e nanoinfiltração no uso de camadas múltiplas de adesivos *all-in-one*. Foi utilizada a porção média coronária de dentina da face oclusal de molares humanos. Os adesivos utilizados foram iBond (Heraeus Kulzer) e Xeno III (Caulk Dentsply). Nos grupos 1 e 3 durante a aplicação do adesivo foi esperada a evaporação do solvente entre 1, 2, 3, 4 ou 5 camadas de adesivos e somente depois de aplicada a última era polimerizada. Nos grupos 2 e 4 depois da fotopolimerização da primeira camada, o adesivo era reaplicado, esperava-se o solvente evaporar, e então fotopolimerizado, formando-se assim 1, 2, 3, 4 ou 5 camadas consecutivas. Depois de 24 horas de armazenamento em água destilada a 37°C, os dentes foram seccionados perpendicularmente à interface adesiva, produzindo filetes múltiplos de dentina-resina composta-adesivo, com aproximadamente 0,9 mm² de área, os quais foram testados quanto à resistência à tração. Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente no ANOVA para três fatores: número de camadas X material X polimerização. Adicionalmente, foram avaliados nanoinfiltração por íons de prata e a densidade de camada de adesivo usando microscopia eletrônica de transmissão (TEM). Os resultados obtidos indicaram que as forças de união aumentaram proporcionalmente

com o aumento do número de camadas ($p < 0,0001$) em ambos os adesivos, até 3 camadas, especialmente se cada camada estivesse sido polimerizada. Nanoinfiltração de íons de prata tendeu a diminuir com cada camada adicionada em ambos os sistemas adesivos. Assim, aplicando mais camadas de adesivo, a força e a qualidade de adesão na dentina podem ser melhoradas.

Brandt, De Wet & Du Preez (2006) realizaram um estudo *in vitro* para comparar a resistência ao cisalhamento de cinco sistemas adesivos autocondicionantes com um sistema adesivo de condicionamento total (controle). Foram utilizados sessenta molares recém extraídos que foram incluídos em resina acrílica e as superfícies oclusais desgastadas para expor dentina superficial. A camada de *smear layer* padronizada foi criada por meio de polimento com lixa de papel de silicone de granulação 600. Os produtos avaliados foram Xeno III (XIII), Clearfil SE Bond (SE), ABF (ABF), Optibond Solo Self-Etch (OS), Adper Prompt-L-Pop (PLP) e o controle, Scotchbond Multipurpose Plus (SBMP). Cilindros de resina foram aderidos à dentina utilizando agentes adesivos de acordo com as instruções do fabricante; estes cilindros foram construídos com jig Ultradent e dois incrementos de Z100, cor A1. As interfaces foram subsequentemente estressadas até a fratura em Máquina Universal de Teste Instron, operando em velocidade de 0,5 mm/min. Os dados foram estatisticamente analisados usando ANOVA ($\alpha \leq 0,05$). As resistências adesivas ao cisalhamento mensuradas em MPa foram: SBMP (controle): $24,1 \pm 7,6$; XIII : $17,3 \pm 4,1$; SE: $26,2 \pm 7,8$; ABF: $25,9 \pm 4,3$; OS: $21,9 \pm 3,9$; e, PLP: $15,4 \pm 3,1$. As resistências adesivas da dentina ao cisalhamento para ambos sistema adesivos XIII e PLP foram significativamente mais baixas que o grupo controle SBMP ($p < 0,05$). Os três produtos restantes (SE, ABF e OS) apresentaram resistência adesiva comparável ao grupo controle ($p > 0,05$). Os autores

apontam a necessidade de futuras pesquisas em esmalte desgastado e não desgastado, e de microinfiltração com estes agentes adesivos.

Maurin et al. (2006) compararam a resistência adesiva ao cisalhamento de dois novos adesivos autocondicionantes de passo único: Prompt L-Pop 2 e Adper Prompt L-Pop com um sistema adesivo de condicionamento total de três passos: Scotchbond Multipurpose Plus. Cento e vinte molares humanos foram aleatoriamente divididos em três grupos experimentais de quarenta espécimes cada. As superfícies de dentina foram aderidas com os três adesivos, de acordo com a recomendação do fabricante. Após a aplicação do adesivo, um cilindro de resina composta foi incrementalmente construído com molde de teflon de 5 mm de altura e 5 mm de diâmetro. As amostras de cada grupo foram então divididas aleatoriamente em dois subgrupos de 20 espécimes cada e foram testadas a resistência ao cisalhamento e à tração, com velocidade de 5 mm/min. A análise estatística utilizou teste *one-way* ANOVA e teste Student T. Os valores de resistência ao cisalhamento e à tração foram estatisticamente mais baixos para Adper Prompt L-Pop. O produto Prompt L-Pop 2 revelou valores de resistência adesiva ao cisalhamento maiores que o Adper Prompt L-Pop e o Scotchbond Multipurpose Plus. Não houve diferença estatística significativa entre Prompt L-Pop e Scotchbond Multipurpose Plus ($p < 0.05$). Deste modo, os resultados deste estudo *in vitro* mostraram que modificações químicas (adição de monômeros e co-polímeros) no sistema adesivo autocondicionante de passo único Adper Prompt L-Pop não melhoraram suas propriedades mecânicas.

Garcia, De Goes e Giannini (2007) avaliaram a resistência adesiva ao cisalhamento de sistemas adesivos autocondicionantes estocados em água por uma semana e um ano. Foram utilizados fragmentos de superfícies vestibulares de quarenta e cinco dentes bovinos preparados com dimensão de 12 mm de comprimento X 5 mm de

largura X 1,0 mm de espessura. As superfícies dentinárias foram abrasionadas com lixa de papel de silicone de granulação de 600 para criar uma camada de *smear* padronizada. Foram testados nove sistemas adesivos: Single Bond, Adper Prompt L-Pop, iBond, One-Up Bond F, Xeno III, Clearfil SE Bond, Optibond Solo Plus SE, Tyrian SPE/One-Step Plus e UniFil Bond, em dois tempos de estocagem em água (uma semana e um ano). Os espécimes foram divididos aleatoriamente em dezoito grupos experimentais (n=5) e os adesivos foram aplicados seguindo as instruções dos fabricantes; a resina composta Z 250 foi aplicada com molde para preenchimento, com diâmetro interno de 0,7 mm e 1,0 mm de altura. A resistência adesiva ao cisalhamento foi determinada utilizando Máquina Universal de Teste Instron à velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando Análise de Variância *two way* ANOVA e teste de Tukey (5%). Um ano após estocagem em água, a resistência adesiva ao cisalhamento da dentina reduziu significativamente, exceto para o adesivo Up Bond F. Deste modo, os autores concluíram que com o aumento do tempo de estocagem, a resistência adesiva diminui para a maioria dos adesivos dentinários testados.

Bekes et al. (2007) realizaram um estudo clínico com objetivo de comparar a performance clínica do sistema adesivo autocondicionante AdheSE e o já estabelecido sistema adesivo de condicionamento total Excite em cavidades classes I e II, pelo período de dois anos. Participaram deste trabalho cinquenta pacientes, cada um recebeu duas restaurações, uma com AdheSE e outra com Excite, executadas por um operador calibrado e não vedado. A resina composta utilizada para restaurar os dentes foi Tetric Ceram HB. Um clínico calibrado e vedado reavaliou as margens das restaurações depois de seis, doze e vinte e quatro meses usando o critério de Ryge modificado, o qual considera vitalidade, sensibilidade pós-operatória, irregularidade marginal visível, descoloração marginal, cáries secundárias, textura de superfície, forma anatômica e

defeito de preenchimento. Alfa foi usado para indicar o mais alto grau de aceitabilidade clínica (excelente), de Beta até Delta foram utilizados decrescentemente graus de aceitabilidade clínica, para cada critério, sendo: Beta (cl clinicamente aceitável), Charlie (cl clinicamente não aceitável, indicação de troca da restauração para não causar danos futuros) e Delta (cl clinicamente não aceitável, indicação de troca de restauração para remediar danos presentes). Após dois anos, sessenta e sete restaurações foram revisadas em trinta e quatro pacientes. Dezesseis pacientes não puderam ser revisados, pois abandonaram a pesquisa. Em um paciente, somente a restauração com AdheSE pode ser avaliada, pois o outro dente havia sido reabilitado com coroa metalocerâmica após um ano. Outros pacientes não retornaram devido à mudança de endereço. Nove dentes mostraram sinais de cárie secundária. Dois dentes, um de cada grupo, precisaram de intervenção endodôntica devido à inflamação pulpar; todos os outros permaneceram com vitalidade. Pequena descolaração marginal foi observada em seis restaurações com AdheSE e em três com Excite. Estas restaurações foram marcadas com Beta. Após dois anos, uma taxa de sucesso clínico, somando as marcações Alfa e Beta, de 97% foi encontrada em ambos os sistemas adesivos. A análise estatística foi realizada com o teste Log-rank, que não mostrou diferença estatística significativa em todos os aspectos avaliados entre os dois adesivos testados dentro do período de observação. Os autores concluíram que ambos sistemas adesivos testados demonstraram uma performance clínica muito boa em restaurações classe I e II até o final de dois anos.

Bradna et al. em 2008, avaliaram a confiabilidade *in vitro* dos diversos protocolos de aplicação de sistemas adesivos *self-etching* e *etch-and-rinse* no teste de resistência ao cisalhamento. Os adesivos avaliados foram: adesivos *self-etching* de dois passos: AdheSE (AH), Clearfil SE Bond (CL), OptiBond SE (OS); adesivos de um passo: Adper Prompt L-Pop (ADP), Adper Prompt (AD), e Xeno III (XE); adesivo *all-*

in-one: iBond (IB); adesivo *etch-and-rinse* de 3 passos: OptiBond FL (OF); e adesivos de 2 passos: Gluma Comfort Bond (G), Excite (E) e Prime & Bond NT (PB). A resina composta utilizada para o teste foi o compósito microhíbrido Opticor New. Os corpos-de-prova foram mantidos em água destilada durante 24 horas a 37°C. Os resultados obtidos foram analisados no teste ANOVA (adesivo, tipo de adesivo). A análise estatística revelou uma diminuição significativa ($p < 0,001$) na média cisalhamento da seguinte forma: AH = CL = OS = G = E = DE > AD = IB = XE > = PB ADP, mas não houve diferença significativa ($p > 0,48$) entre o *etch-and-rinse* e o *self-etching*. Os valores correspondentes de resistência adesiva na distribuição Weibull variou entre 24,1 e 12,1 MPa; o módulo de Weibull variou entre 8,3; e, 2,1; e a resistência crítica ao cisalhamento variou de 16,0 a 3,0 MPa. Os autores concluíram que as diferenças acentuadas na resistência ao cisalhamento sugerem confiabilidade nas variações dos sistemas adesivos testados, que provêm de composição química e não de tipo de adesivo.

Giachetti et al. (2008) avaliaram a influência do operador na microinfiltração em restaurações de classe V usando sistemas adesivos simplificados. Foram realizadas cavidades nas superfícies vestibulares e linguais de cinquenta dentes pré-molares humanos. Estes dentes foram aleatoriamente divididos em dois grupos de acordo com a habilidade dos operadores: estudantes e experientes. As duas cavidades de cada dente foram tratadas, também de forma aleatória, com Adper Scotchbond 1 XT (adesivo de condicionamento total) e Adper Prompt L-Pop (adesivo autocondicionante). Todas as cavidades foram então restauradas com camada de 0,2 mm de compósito *flow* Filtek seguidos da construção em incrementos de resina composta Filtek Supreme XT. Os espécimes foram termociclados e imersos em azul de metiletileno a 2% e seccionados em um plano vestíbulo-lingual para serem examinados em

estereomicroscópio e marcados de acordo com a microinfiltração. Os resultados foram submetidos a um modelo estatístico multinível. Na dentina, a infiltração marginal resultante para os dois adesivos, autocondicionante e de condicionamento total, foi similar nos grupos estudante e profissional experiente. A interação habilidade X adesivo não foi estatisticamente significativa ($p=0,4156$). Na margem do esmalte, o adesivo autocondicionante apresentou menor infiltração marginal no grupo estudante. Por outro lado, a infiltração marginal apresentada pelo adesivo de condicionamento total foi menor no grupo experiente do que no grupo estudante. A interação habilidade X adesivo para esta análise foi estatisticamente significativa ($p=0,037$). Os autores concluíram os adesivos utilizados são sensíveis à habilidade do operador para se obter um selamento seguro na interface com o esmalte. Na dentina, ambos adesivos mostraram pequena sensibilidade ao operador.

Com esta pequena amostra da revisão de literatura torna-se irrefutável a preocupação dos pesquisadores sobre a importância em obter excelência em resistência adesiva de materiais adesivos aplicados ao complexo substrato dentinário, em diferentes profundidades, corroborado pela grande demanda por restaurações clínicas satisfatórias, de maior longevidade clínica.

PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre densidade tubular da dentina em diversas profundidades e a resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos.

Para tanto, terceiros molares humanos superiores e inferiores foram observados em microscopia eletrônica de varredura e avaliados em testes de resistência ao cisalhamento, em função dos seguintes fatores de variação:

- profundidade da dentina (dentina superficial, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mm);
- face dental (vestibular e palatina/lingual); e,
- quatro sistemas adesivos(Adper Single Bond, Adper Prompt L-Pop, Xeno III e Clearfil SE Bond).

MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, tendo sido aprovada sua realização em 21 de Novembro de 2006, sob n.o de Processo 2006.1.1072.58.4.

4.1 Obtenção dos dentes

Noventa terceiros molares humanos superiores e inferiores hígidos, extraídos e mantidos em água destilada sob refrigeração, foram obtidos junto aos Bancos de Dentes da Faculdade de Odontologia de São Paulo, da Universidade de São Paulo. Os dentes, distribuídos em dois grupos de quarenta e cinco molares superiores e quarenta e cinco molares inferiores, após serem examinados quanto a trincas, fraturas ou lesões de cárie e então selecionados, foram limpos com pedra-pomes e água e suas raízes seccionadas 2 mm abaixo da junção esmalte-cimento, permitindo a remoção da polpa residual. Os dentes foram lavados em água corrente durante 30 minutos e armazenados em água destilada novamente sob refrigeração, até sua utilização.

4.2 Análise da Densidade Tubular da Dentina em Microscopia Eletrônica de Varredura

De acordo com um dos objetivos deste estudo, foi verificada a densidade tubular da dentina (no. de túbulos/mm²) em superfícies vestibulares e palatinas ou linguais e em diferentes profundidades, de terceiros molares superiores e inferiores humanos hígidos por meio da microscopia eletrônica de varredura. Para tanto, cinco terceiros molares humanos superiores e cinco inferiores hígidos foram utilizados e sofreram cortes sequenciais para a obtenção da dentina das faces vestibulares e palatinas ou linguais. Inicialmente, em cada elemento dental, após a secção das raízes, como citado anteriormente, foram realizados corte transversal na junção amelodentinária da face oclusal da coroa de todos os dentes, assim como cortes paralelos às superfícies externas do esmalte das faces proximais (mesial e distal) e das faces vestibulares e palatinas ou linguais. Finalmente foi realizado o corte no sentido mesiodistal do elemento dental, obtendo-se então cinco blocos de dentina das faces vestibular e palatina ou lingual, com cerca de 5 mm² de área. Os cortes citados, situados na região dos terços médio e cervical de cada face dental, foram realizados com o auxílio de disco de diamante (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) em baixa rotação ou ponta diamantada cilíndrica (n#3072, KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) em alta rotação, ambos sob refrigeração. A Figura 1 ilustra os cortes executados em cada elemento dental.

Figura 1. Esquema ilustrativo dos cortes nos dentes molares superiores e inferiores. Remoção das raízes (a); corte na superfície oclusal e área dental a ser obtida (b); cortes paralelos às faces proximais (mesial e distal) e às faces vestibular e palatina/lingual (c); e, corte no sentido méso-distal para obtenção das hemi-coroas vestibular e palatina ou língua (d).

Após a obtenção da dentina vestibular e palatina ou lingual, definido então como “bloco de dentina”, este foi incluído com resina acrílica autopolimerizável incolor (JET, Clássico, São Paulo, SP 05458-001) em uma matriz retangular de silicona, sendo que a dentina mais superficial permaneceu em contato com a superfície da matriz. Após a completa polimerização o bloco de dentina/resina acrílica foi levado à máquina de corte de tecido duro, do Laboratório de Pesquisa de Endodontia, desenvolvida pelo Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora e então realizados dois cortes longitudinais de 1 mm de espessura e um corte ao meio. A Figura 2 ilustra a obtenção dos cortes de dentina.

Figura 2. Sequência de cortes e desgastes realizados nos blocos de dentina vestibulares e palatinas ou linguais dos molares superiores e inferiores. Cortes longitudinais de 1 mm de espessura e mediano (a); superfícies de dentina superficial e de 1,0 e 2,0 mm de profundidade (b); e, secções desgastadas em 0,5 mm espessura para obtenção das superfícies de 0,5 e 1,5 mm de profundidade de dentina (c).

De acordo com a ilustração apresentada pelas Figuras 2b e 2c, os cortes de dentina foram realizados para a obtenção das profundidades propostas para a análise em microscopia eletrônica de varredura e então identificadas: dentina superficial; 0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm; e, 2,0 mm. Os cortes da Figura 2c foram abrasionados com lixas d'água nos. 600, 800 e 1000 (Norton Ind. Com. Ltda., São Paulo, SP, Brasil) em lixadeira modelo PFL FORTEL (FORTEL, São Paulo, SP, Brasil) para a obtenção das profundidades de dentina de 0,5 e 1,5 mm profundidades. A espessura dos cortes de

dentina foi aferida com o uso do paquímetro digital (Mitutoyo Sul Americana, Suzano, São Paulo, Brasil). Após a execução de todos os cortes e/ou lixagem, todas as superfícies de dentina foram submetidas à padronização da superfícies por meio da lixagem com lixas d'água aplicadas na mesma sequência de abrasão citada anteriormente, seguida da lavagem em água corrente por 20 minutos.

Uma vez obtidos os cinco cortes de dentina, de cerca de 5X2 mm de área para cada profundidade, cada superfície recebeu o preparo específico para a análise em microscopia eletrônica de varredura. Para tanto, os cortes foram imersos em EDTA pH 9 por 2 minutos para a remoção do *smear layer*. Em seguida sofreram a lavagem em água destilada durante 1 minuto e a fixação em solução de glutaraldeído a 2,5% (Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA) tamponado com solução de cacodilato de sódio (Merck KGaA, Frankfurter Str. 250, D-64293 Darmstadt, Germany) a 0,1 M e pH 7.4, à temperatura de 4°C durante 12 horas. Novamente as superfícies foram lavadas com água destilada por 1 hora, trocando-a três vezes. Mergulhadas em água destilada, foram mantidas em cuba ultrassônica (Ultrasonic Cleaner 1440D, Odontobrás, Ribeirão Preto, Brasil), durante 10 minutos, para a remoção de possíveis resíduos sobre a superfície preparada.

Os cortes de dentina então foram desidratados em graus ascendentes de etanol 25% (20 minutos), 50% (20 minutos), 75% (20 minutos), 95% (30 minutos) e 100% (60 minutos), suavemente secos em gaze estéril e imersas em HMDS (Hexamethyldisilazan, Merck KGaA, Frankfurter Str. 250, D-64293, Darmstadt, Germany) durante 10 minutos no interior de capela de exaustão de gases. Esta metodologia de preparo das superfícies segue as orientações de Perdigão (1995).

Em seguida, procedeu-se à montagem dos espécimes em suportes metálicos especiais (*stubs*) para a execução da metalização. Este processo, a metalização, é

indispensável para a análise de toda superfície preparada em microscopia eletrônica de varredura. Trata-se da formação de uma película uniforme de ouro de cerca de 30 nm, em atmosfera a vácuo durante 60 segundos, sobre a superfície da dentina. Este processo delicado denominado *sputtering*, foi realizado no aparelho DENTON VACUUM (DV Modelo DESCK II, Tokyo, Japão).

Uma vez metalizadas, as superfícies de dentina foram então observadas em microscópio eletrônico de varredura JEOL (JEOL, Modelo JSM – 5410 Scanning Microscope, Tokyo, Japão) do Laboratório de Microscopia Eletrônica da UNESP, Jaboticabal.

Para a realização da análise proposta, em cada corte ou profundidade de dentina foram registradas cinco fotomicrografias em aumento de 500X, posicionadas similarmente. Em cada uma dessas fotomicrografias foram determinadas cinco áreas de $50\ \mu\text{m}^2$, sempre na mesma posição como revela a Figura 3, a partir das quais obteve-se o no. de túbulos dentinários presentes em cada uma das cinco áreas registradas. Realizando-se média aritmética, das cinco áreas da fotomicrografia, obteve-se a média referente a $50\ \mu\text{m}^2$ ou $0,0025\ \text{mm}^2$ de cada fotomicrografia. Em seguida realizou-se a soma e nova média aritmética das cinco fotomicrografias. Obtendo-se assim uma média geral da profundidade em $50\ \mu\text{m}^2$ ou $0,0025\ \text{mm}^2$. A seguir foi realizada a média, também aritmética dos cinco dentes para cada profundidade e a partir desse resultado foi realizada regra de três simples para obter o número de túbulos dentinários da área total da fotomicrografia $0,04\ \text{mm}^2$ (X1). Com esse valor obtido em uma nova regra de três simples pode-se calcular o número de túbulos dentinários por mm^2 (X2). Esses cálculos foram realizados nas diferentes profundidades para todos os dentes (superiores e inferiores) tanto na face vestibular quanto lingual/palatina. As fórmulas abaixo resumem as contagens efetuadas:

$$\text{Média 1 de cada Foto} = \frac{\text{Área A} + \text{Área B} + \text{Área C} + \text{Área D} + \text{Área E}}{5} / 50 \mu\text{m}^2 \text{ ou } 0,0025 \text{ mm}^2$$

Média Geral das 5 fotos de cada dente nas diferentes profundidades

$$= \frac{\text{Mfoto1} + \text{Mfoto2} + \text{Mfoto3} + \text{Mfoto 4} + \text{Mfoto 5}}{5} / 50 \mu\text{m}^2 \text{ ou } 0,0025 \text{ mm}^2$$

Média Geral dos 5 dentes nas diferentes profundidades

$$= \frac{\text{dente1} + \text{dente2} + \text{dente3} + \text{dente 4} + \text{dente 5}}{5} / 50 \mu\text{m}^2 \text{ ou } 0,0025 \text{ mm}^2$$

Média Geral ————— 0,0025 mm²

X1 ————— 0,04 mm²

X1 ————— 0,04 mm²

X2 ————— 1 mm²

Essa metodologia de contagem do n.o de túbulos baseou-se no método de contagem em Câmara de Neubauer (<http://bervieira.sites.uol.com.br/neubauer.htm>).

A Figura 3 ilustra as áreas definidas para contagem dos números de túbulos, considerada a área registrada de 50 μm².

Figura 3. Ilustração de uma fotomicrografia de dentina superficial de molar superior, face vestibular, e delimitação das cinco áreas de $50\ \mu\text{m}^2$ de contagem do número de túbulos de dentina.

Resumidamente, durante a análise em microscopia eletrônica de varredura, para cada um dos cinco dentes pertencentes aos grupos de molares superiores ou inferiores, cinco profundidades de dentina foram obtidas; para cada profundidade, cinco fotomicrografias foram registradas e de cada uma dessas cinco fotomicrografias, cinco áreas de $50\ \mu\text{m}^2$ foram examinadas para a contagem dos túbulos.

4.3 Análise da Resistência ao Cisalhamento da Dentina em Diferentes Profundidades

O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado de acordo com a Norma ISO TR 11405 de 1994.

Foram utilizados oitenta (80) terceiros molares humanos hígidos, extraídos, irrompidos e com coroas clínicas grandes, mantidos em água destilada sob refrigeração, sendo quarenta (40) inferiores e quarenta (40) superiores.

Após a limpeza dos dentes com pedra pomes e água em baixa velocidade, os dentes foram seccionados 2 mm abaixo da junção amelocementária, com disco de aço de diamante (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), em baixa rotação, descartando as raízes. Em seguida, foram seccionados no sentido mesiodistal obtendo-se dois (2) cortes, vestibular e lingual/palatino. Cada face foi incluída em resina acrílica quimicamente polimerizável incolor (Jet Clássico, São Paulo, SP, Brasil) em uma matriz circunferencial de PVC, sendo que a superfície de esmalte ficou em contato com a superfície externa sem resina recobrindo-a.

Após a completa polimerização os corpos-de-prova foram desgastados com lixa d'água (nos. 150, 320, 400 e 600), em lixadeira modelo PFL (FORTEL, São Paulo, SP, Brasil) com refrigeração a água, realizando desgaste e planificação da porção coronária destacada pelo desnível anteriormente citado até que a superfície dental estivesse no mesmo nível do anel de PVC e da resina acrílica usada na inclusão, expondo a dentina. O desgaste do conjunto anel de PVC/dentina foi considerado concluído assim que foi verificada a presença da área de dentina requerida para adesão, sendo esta considerada "dentina superficial", de 3 mm de diâmetro. A Figura 4 exemplifica uma superfície de dentina incluída no anel de PVC, considerando-se não se tratar de dentina superficial, e sim de 1,5 mm de profundidade, a qual será utilizada na quarta etapa do ensaio de resistência ao cisalhamento.

As hemisseções coronárias incluídas no anel de PVC com a dentina superficial já exposta receberam a padronização da *smear layer* com a execução da etapa final de lixagem com lixa d'água de granulação 600 e lavagem final em água corrente por 20 minutos, no mínimo. Os corpos-de-prova foram sempre mantidos em água destilada sob refrigeração a 4°C, em todas as etapas do experimento.

Figura 4. Exemplo de conjunto anel PVC/superfície de dentina. Superfície de dentina abrasionada à profundidade de 1,5 mm (a) e delimitação da área de dentina prévia à hibridização (b).

A Tabela 1 revela a organização dos grupos experimentais de dentina superficial (n=10) para os molares superiores e inferiores, faces vestibular e palatina ou lingual e os quatro sistemas adesivos selecionados para os testes de resistência adesiva.

A seguir foi realizada a hibridização da dentina, adotando as orientações fornecidas pelos respectivos fabricantes dos sistemas adesivos eleitos para o experimento. Os sistemas adesivos estão apresentados na Tabela 2, quanto ao lote de fabricação, composição e protocolo de aplicação.

Tabela 1 - Distribuição dos grupos experimentais da “dentina superficial” (n=10).

Sistema Adesivo	Referência (dente)	Grupo	Subgrupo (face)
<i>Adper Single Bond</i>	Molar superior	Dentina superficial	Vestibular Palatina
	Molar inferior	Dentina superficial	Vestibular Lingual
<i>Adper Prompt L-Pop</i>	Molar superior	Dentina superficial	Vestibular Palatina
	Molar inferior	Dentina superficial	Vestibular Lingual
<i>Xeno III</i>	Molar superior	Dentina superficial	Vestibular Palatina
	Molar inferior	Dentina superficial	Vestibular Lingual
<i>Clearfil SE Bond</i>	Molar superior	Dentina superficial	Vestibular Palatina
	Molar inferior	Dentina superficial	Vestibular Lingual

O grupo de sistemas adesivos apresentado foi selecionado levando-se em consideração o método de aplicação, a composição e a aceitação no mercado odontológico brasileiro, sendo: Adper Single Bond (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), sistema adesivo de um frasco e de condicionamento total; Adper Prompt L-Pop (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), sistema adesivo autocondicionante de passo único; Xeno III (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), sistema adesivo autocondicionante de dois frascos e passo único; e, Clearfil SE Bond (Kuraray, Tóquio, Japão), sistema autocondicionante de dois frascos e dois passos. A resina composta fotopolimerizável eleita foi o compósito microhíbrido Z 250 (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil), cor A1 e lote n.o 6YP.

Tabela 2 – Sistemas adesivos utilizados.

<i>Sistema adesivo</i>	<i>Composição</i>	<i>Protocolo de aplicação</i>
Adper Single Bond 3M ESPE (Brasil) Lote 6FT pH 4.3	Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato, HEMA, dietacrilato, etanol, água, 10% em peso de carga (nanopartículas de sílica com tamanho de 5 nanômetros).	Ataque ácido em esmalte e dentina, espere 15 segundos e lave com abundância. Remova o excesso de água utilizando uma bolinha de algodão ou um papel absorvente. A superfície deve aparecer brilhante após a retirada do excesso de água. Adesivo: Imediatamente após a secagem, aplique duas camadas consecutivas de adesivo no esmalte e dentina condicionados. Aplique o pincel saturado de material agitando-o gentilmente na superfície por 15 segundos. Seque gentilmente para evaporar o solvente. Fotopolimerize por 10s.
Adper-Prompt L-Pop 3M ESPE (Brasil) Lote 70201115410 pH 0.8 (Misturado)	Blister A: Mono e di-hema fosfatos, dimetacrilato, CQ, amina aromática substituída, fenol substituído Blister B: água, fluoretos complexos, hidrometilmacrilato, ácido poliacrônico de metacrilato, fenol substituído	Remover com spray de água os resíduos do preparado, secar a cavidade com 2 ou 3 jatos de ar, misturar os dois líquidos do blister, com o aplicador friccionar o adesivo sobre a superfície dental por 15 segundos, soprar o adesivo com uma ligeira corrente de ar. Aplicar uma segunda camada e fotopolimerizar por 10 segundos
Xeno III Dentsply (Brasil) Lote 0506000482 pH 1.0 (Misturado)	A: HEMA, água purificada, etanol, 2,6-di-tetra-butyl-p hidroxa tolueno, nanopartícula B; Piro-EMA-SK, PEM-F, UDMA, BHT, CQ, EPD, p-dimetil amina etil benzoato	Agitar o frasco do líquido A duas a três vezes antes de usar. Dispensar quantidades iguais do líquido A e B no casulo. Deve-se ter quantidades iguais de gotas de cada um. Misture bem cuidadosamente para cerca de cinco (5) segundos, com o aplicador ponta fornecidos. Aplicar superfícies molhadas, deixar repousar durante pelo menos 20 segundos. Distribuir uniformemente o adesivo com uma ligeira jato de ar por 2 segundos para garantir a remoção do solvente. NÃO enxáguar. Fotolimerizar por 10 segundos no mínimo.
Clearfil SE Bond Kuraray (Japão) Lote 51412 pH 1.9 (Primer) pH 2.8 (Adesivo)	Primer: 10-MDP, HEMA, dimetacrilato hidrofilico, di-canforoquinona, N.N–dietanol-p-toluidina, água Bond: 10-MDP, Bis-GMA, HEMA, di-canforoquinona, ... sílica coloidal silanizada, dimetacrilato hidrofóbico, N.N–dietanol-p-toluidine,	Secar a cavidade e aplicar o <i>primer</i> por 20 segundos. Após, aplicar um leve jato de ar: a superfície não deve ter excesso de líquido, e ter aspecto brilhante. Não lavar a cavidade. Em seguida, aplicar o <i>bond</i> com pincel na cavidade; aplicar um leve jato de ar e fotoativar por 10 segundos.

BHT: 2,6-di-tert-butyl-p-cresol; **BisGMA:** (1-metiletilideno)bis[4,1-fenilleneoxi(2-hidroxi-3,1-propanedil)]bismetacrilato; **BPMD:** bifenil dimetacrilato; **CQ:** canforoquinona; **MDP:** 10-metacrilóiloxi metacrilato; **MDPB:** 12-metacrilóiloxidodecylpiridinium brometo; **HEMA:** 2-hidroxietil metacrilato; **PEM-F:** Pentametacril-oxi-etil-ciclo-fosfazen-monofluoreto; **Pyro-EMA-SK:** tetra-metacril-etil-pirofosfato; **UDMA:** uretano dimetacrilato

Uma vez executada a hibridização das superfícies de dentina e os adesivos fotopolimerizados, o conjunto anel de PVC/superfície de dentina foi fixado num dispositivo composto de uma matriz bipartida de Teflon (Figura 5) e de um suporte cilíndrico metálico bipartido (Figuras 6a e 6c) para a confecção do cilindro de resina composta fotopolimerizável Z 250 de 3 mm de diâmetro e 4 mm de altura, finalizando a confecção do corpo-de-prova para o ensaio de cisalhamento. A inserção da resina composta no interior da matriz de Teflon foi realizada em incrementos de 1 mm cada, sendo polimerizados, um a um, pelo tempo recomendado pelo fabricante (20 segundos) com o auxílio do aparelho fotopolimerizador ULTRALED XP (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil). A Figura 6 demonstra a confecção de um corpo-de-prova.

Após a abertura do suporte metálico e matriz, o corpo-de-prova (conjunto anel de PVC/superfície de dentina/cilindro de resina) foi armazenado em água destilada (imersão total) por 24 horas em estufa a 37°C, e só então foi posicionado no dispositivo para os ensaios de cisalhamento.

Figura 5. Fotografias dos dispositivos separados: a. Cilindro metálico bipartido; b. Matriz bi-partida de Teflon (diâmetro externo de 12 mm, altura de 11 mm e diâmetro interno de 3mm); c. Conjunto corpo-de-prova + matriz de teflon + anel metálico.

Figura 6. Montagem parcial dos dispositivos para a confecção do cilindro de resina composta (a); inserção de resina composta na perfuração cilíndrica da matriz de Teflon (b); fotopolimerização da resina composta (c); e, aspecto final do corpo-de-prova (d).

O dispositivo para o ensaio de cisalhamento é constituído de duas partes e pode ser observado na Figuras 7 e 8, de forma isolada e montada na máquina de ensaio, a saber:

Parte A: Suporte de deslizamento do cinzel: retângulo em aço medindo 48 mm de largura por 24 mm de profundidade e 103 mm de comprimento. Possui um entalhe tipo gaveta na região frontal, com largura de 39 mm na base e 37 mm na superfície e 3 mm de profundidade em toda sua extensão, com um orifício de 26 mm de diâmetro situado a 15 mm de sua extremidade. Ao lado desse orifício está um parafuso tipo Allen (Figura 7a); e,

Parte B ou Cinzel ISO: Retângulo em aço medindo 48 mm de largura por 6 mm de espessura e 75 mm de comprimento, com um orifício de 5,5 mm de diâmetro, situado a 25 mm de uma de sua extremidade. Este orifício foi usinado de modo a propiciar em toda sua periferia uma espessura de 1mm. Entalhe de 39 mm de largura na base maior e 37 mm na base menor e espessura 3 mm. Esta parte 2 encaixa-se no entalhe da parte 1 (entalhe em gaveta), o que permite o seu deslizamento (Figura 7b).

Os ensaios de cisalhamento foram realizados na Máquina Universal de Ensaio EMIC (MEM-2000 Model) do Laboratório Integrado de Pesquisa em Biocompatibilidade de Materiais (LIPEN) do Departamento de Materiais e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, regulado à velocidade de 0,5 mm/minuto e célula de carga de 200 Kgf até a fratura. Este primeiro ensaio obteve os resultados da resistência ao cisalhamento da dentina superficial.

Figura 7. Dispositivo ISO montado: suporte de deslizamento (a) e cinzel (b).

Figura 8. Dispositivo de cisalhamento ISO TR 11405 montado para os ensaios na Máquina EMIC 2000. Vista simulada da aplicação da força de cisalhamento.

Após esta fase, as superfícies de dentina foram observadas quanto às fraturas ocorridas em microscópio ótico de transmissão com lente de aumento 20X e registradas quanto ao seu tipo (adesiva, coesiva ou mista).

Para se avaliar a influência da profundidade da dentina na resistência ao cisalhamento, superfícies com 0,5 , 1,0 , 1,5, e 2,0 mm de profundidade da mesma área dental previamente eleita, foram obtidas utilizando-se os mesmos corpos-de-prova, numerados de 1 a 10 durante o teste de resistência inicial da dentina superficial, após estas terem sido submetidas aos testes.

Com o auxílio de um paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Sul Americana Ltda., Brasil) e um dispositivo metálico onde foi fixado o anel de PVC, as superfícies de dentina superficial foram regularizadas com lixas d'água sob refrigeração, na lixadeira

Fortel, até atingirem as profundidades de dentina requeridas para os testes, e receberam os mesmos tratamentos descritos nesta metodologia para a dentina superficial, dentro dos grupos experimentais já estabelecidos. Assim sendo, novos corpos-de-prova foram então confeccionados sobre as mesmas áreas de dentina com 0,5 mm de profundidade e o teste de cisalhamento foi realizado. A observação dos tipos de fraturas ocorridas também foi executada, iniciando-se, portanto a obtenção dos dados vinculados entre os grupos experimentais, uma vez que a numeração já havia sido efetuada. Novamente os espécimes foram armazenados em refrigeração, sob umidade total, imersos em água destilada. As Figuras 9 e 10 mostram o paquímetro digital e a lixadeira utilizados.

Figura 9. Paquímetro digital Mitutoyo.

Figura 10. Lixadeira Fortel.

Sequencialmente, outra fase foi realizada desgastando-se mais 0,5 mm de dentina, atingindo 1,0 mm de profundidade em relação ao primeiro ensaio realizado (dentina superficial). A resistência ao cisalhamento foi novamente analisada, assim como os tipos de fraturas registrados também. Sucessivamente, ensaios foram realizados para as profundidades de 1,5 e 2,0 mm.

Ao final do experimento, foram realizados cinco ensaios de resistência ao cisalhamento para a dentina, correspondentes às cinco diferentes profundidades, sendo os resultados obtidos de forma vinculada, pois foram realizados na mesma área de dentina de um mesmo corpo-de-prova.

Os valores dos ensaios de cisalhamento foram registrados em Kgf/cm^2 e transformados em MPa, e então submetidos à análise estatística, utilizando o programa estatístico GMC Basic Software versão 9, desenvolvido pelo Prof. Dr. Geraldo Maia Campos, Ribeirão Preto. Os tipos de fraturas (adesiva, coesiva e mista) foram registrados em porcentagem de ocorrência.

A Figura 11 revela uma ilustração do experimento realizado, tomando como exemplos os grupos experimentais relativos ao sistema adesivo de condicionamento total selecionado.

Figura 11. Fluxograma ilustrativo do experimento de resistência ao cisalhamento realizado (grupo do adesivo de condicionamento total). Secção dos dentes (A); Inclusão da secção dental (B); Planificação e polimento da dentina (C); Espécimes planificados e polidos em diferentes profundidades (D); Profundidades de dentina avaliadas (E); Condicionamento ácido (F); Remoção do ácido (G); Secagem suave com papel absorvente (H); Aplicação do sistema adesivo (I); Dispositivo metálico para a confecção dos espécimes (J); Polimerização da resina composta inserida no dispositivo (K); Corpo-de-prova finalizado (L); e, Teste de cisalhamento (M).

RESULTADOS

5.1 Análise da Densidade Tubular da Dentina em Microscopia Eletrônica de Varredura

Os resultados obtidos (valores médios) da densidade tubular (n.o de túbulos/mm²) das diferentes superfícies de dentina observadas em microscopia eletrônica de varredura estão revelados na Tabela 3.

Os valores médios aferidos demonstraram o aumento do número de túbulos presentes na dentina profunda quando comparada à dentina superficial para três grupos (molares superiores/face vestibular, molares inferiores/face vestibular e molares inferiores/face lingual) e apenas um grupo (molares superiores/face palatina) revelou resultado inverso.

Tabela 3 - Densidade tubular da dentina. Molares superiores e inferiores. Valores médios de n.o de túbulos/mm² de dentina.

Densidade tubular da dentina (n.o de túbulos/mm ²)				
Profundidade da Dentina (mm)	Molares Superiores		Molares Inferiores	
	Vestibular	Palatina	Vestibular	Lingual
<i>Superficial</i>	15440	15120	12960	5600
<i>0,5</i>	17440	22240	19280	12400
<i>1,0</i>	21280	17120	18800	27280
<i>1,5</i>	25120	17600	18800	22880
<i>2,0</i>	26160	12320	19680	22880

Os resultados dos grupos molares superiores e inferiores revelaram comportamentos distintos em suas faces vestibular e palatina/lingual.

O grupo molares superiores na face vestibular apresentou aumento progressivo da densidade tubular da dentina a partir da dentina superficial até a profundidade 2,0 mm. O grupo de superfícies de dentina de molares superiores da face palatina revelou a mais alta densidade tubular na profundidade de 0,5 mm (22240) dentre seus valores médios, e, na profundidade de 2,0 mm, o mais baixo valor médio (12320), sendo este também inferior ao valor médio da dentina superficial (15120).

O grupo molares inferiores/face vestibular apresentou aumento da densidade tubular intensa partindo da dentina superficial para a profundidade de 0,5 mm (19280); a partir desta profundidade os valores médios apresentados pelas profundidades de 1,0 e 1,5 foram similares (18800) e inferiores à profundidade anterior e à próxima de 2,0 mm (19680). Finalmente, o grupo molares inferiores/face lingual também demonstrou aumento da densidade tubular da dentina superficial para a profunda, entretanto os valores médios das profundidades de 1,5 e 2,0 mm (22880) foram semelhantes e o maior resultado médio foi revelado pela profundidade de 0,5 mm (27280).

A Figura 12 demonstra o comportamento dos quatro grupos experimentais em gráfico linear. A ilustração demonstra que, dos quatro grupos de superfícies de dentina observados em microscopia eletrônica de varredura, três revelaram aumento da densidade tubular à medida do aumento da profundidade de dentina, porém apresenta oscilações de diminuição ou aumento da densidade à medida que a profundidade aumenta.

Figura 12. Gráfico do comportamento dos grupos de molares superiores e inferiores em relação à densidade tubular de dentina (n.o de túbulos/mm²), nas faces vestibular e palatina / lingual, às profundidades de dentina superficial, 0,5, 1,0, 1,5, e 2,0 mm.

Com o objetivo de ilustração dos resultados obtidos, cinco fotomicrografias de um único elemento dental de cada grupo experimental (molares superiores/vestibular, molares superiores/palatina, molares inferiores/vestibular e molares inferiores/lingual), correspondentes às diferentes profundidades de dentina analisadas em MEV foram selecionadas e estão reveladas nas Figuras 13, 14, 15 e 16, a seguir.

Figura 13. Aspecto fotomicrográfico da dentina em diferentes profundidades da face vestibular de molar superior. A. Dentina superficial; B. Dentina 0,5 mm profunda; C. Dentina 1,0 mm profunda; D. Dentina 1,5 mm profunda; e, E. Dentina 2,0 mm profunda.

Figura 14. Aspecto fotomicrográfico da dentina em diferentes profundidades da face palatina de molar superior. A. Dentina superficial; B. Dentina 0,5 mm profunda; C. Dentina 1,0 mm profunda; D. Dentina 1,5 mm profunda; e, E. Dentina 2,0 mm profunda.

Figura 15. Aspecto fotomicrográfico da dentina em diferentes profundidades da face vestibular de molar inferior. A. Dentina superficial; B. Dentina 0,5 mm profunda; C. Dentina 1,0 mm profunda; D. Dentina 1,5 mm profunda; e, E. Dentina 2,0 mm profunda.

Figura 16. Aspecto fotomicrográfico da dentina em diferentes profundidades da face lingual de molar inferior. A. Dentina superficial; B. Dentina 0,5 mm profunda; C. Dentina 1,0 mm profunda; D. Dentina 1,5 mm profunda; e, E. Dentina 2,0 mm profunda.

5.2 Análise de Resistência ao Cisalhamento da Dentina em Diferentes Profundidades

De acordo com a distribuição dos grupos experimentais, dois grupos de resultados obtidos, ou seja, molares superiores e molares inferiores foram analisados estatisticamente de maneira independente quanto à resistência ao cisalhamento, aferida em MPa. Inicialmente foi verificada a distribuição das amostragens e ambas foram classificadas como normais e homogêneas (99,42% e 75,33%, respectivamente). Desta forma, os dados originais foram submetidos à Análise de Variância para três fatores de variação: *profundidade de dentina*, *sistema adesivo* e *face dental*. Cada grupo experimental foi composto de quatrocentos valores de resistência ao cisalhamento (5 profundidades X 4 sistemas adesivos X 2 faces X 10 repetições). As Tabelas 4 e 5 revelam as Análises de Variância executadas.

Em relação aos fatores de variação analisados, os dois grupos de molares superiores e inferiores comportaram-se de maneiras distintas. O grupo de molares superiores revelou significância estatística ($p < 0,01$) para os fatores *profundidade de dentina* e *sistema adesivo*, assim como nas interações *profundidade de dentina* X *sistema adesivo*, *face dental* X *profundidade de dentina* e *face dental* X *sistema adesivo*. Diferentemente, o grupo experimental dos molares inferiores demonstrou significância estatística ($p < 0,01$) para os três fatores de variação *profundidade de dentina*, *sistema adesivo* e *face dental*, além das interações *profundidade de dentina* X *sistema adesivo* e *face dental* X *sistema adesivo*.

Tabela 4 - Resultado da Análise de Variância dos valores originais dos molares superiores.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	(F)	Prob. (H ₀) %
Profundidade	3984.8657	4	996.2164	57.68	0.00001 *
Adesivo	2359.8831	3	786.6277	45.54	0.00001 *
Interação Prof. X Ades.	2191.4419	12	182.6202	10.57	0.00001 *
Resíduo I	3108.8875	180	17.2716		
Face dental	2.3431	1	2.3431	0.20	34.2855 ^{ns}
Interação Face X Prof.	179.7068	4	44.9267	3.90	0.4918 *
Interação Face X Ades.	145.6269	3	48.5423	4.22	0.6812 *
Interação F X P X A	154.6106	12	12.8842	1.12	34.6772 ^{ns}
Resíduo II	2072.4158	180	11.5134		
Variação total	14199.7813	399			

* significante ao nível de 1%; ns = não significante

Tabela 5 - Resultado da Análise de Variância dos valores originais dos molares inferiores.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	(F)	Prob. (H ₀)%
Profundidade	1654.8718	4	413.7180	44.15	0,00001 *
Adesivo	3111.1943	3	1037.0648	110.66	0.00001 *
Interação Prof. X Ades.	1306.0182	12	108.8348	11.61	0.00001 *
Resíduo I	1686.9078	180	9.3717		
Face dental	83.2144	1	83.2144	9.14	0.3228 *
Interação Face X Prof.	39.6982	4	9.9245	1.09	36.3131 ^{ns}
Interação Face X Ades.	126.5257	3	42.1752	4.63	0.4167 *
Interação F X P X A	174.3993	12	14.5333	1.60	9.5790 ^{ns}
Resíduo II	1639.0531	180	9.1059		
Variação total	9821.8828	399			

* significante ao nível de 1%; ns = não significante

De acordo com as Tabelas 4 e 5, os grupos comportaram-se de forma semelhante para os fatores *profundidade de dentina* e *sistema adesivo*, e para as interações *profundidade de dentina X sistema adesivo*, *face dental X sistema adesivo* e *profundidade de dentina X face dental X sistema adesivo*. Os valores médios de resistência ao cisalhamento dos molares superiores e molares inferiores estão demonstrados nas Tabelas 6 e 7, relativas aos fatores de variação *profundidade de dentina* e *sistema adesivo*, assim como o resultado do Teste de Tukey ($p=0,05$), aplicado a cada grupo separadamente.

Tabela 6 - Valores médios de resistência adesiva (MPa) e desvios-padrões da dentina para as diferentes profundidades do substrato. Resultados dos testes de Tukey para molares superiores e dos testes Tukey e Scheffé para molares inferiores.

Profundidade da Dentina	Molares Superiores	Molares Inferiores
Dentina superficial	21,62 ($\pm 1,95$) ^a	20,38 ($\pm 2,08$) ^a
0,5 mm	17,58 ($\pm 2,81$) ^b	18,41 ($\pm 2,40$) ^b
1,0 mm	14,57 ($\pm 4,25$) ^c	16,23 ($\pm 3,90$) ^c
1,5 mm	14,24 ($\pm 4,74$) ^c	15,71 ($\pm 4,53$) ^c
2,0 mm	12,79 ($\pm 4,36$) ^c	14,63 ($\pm 4,65$) ^d
	Tukey = 1,81	Tukey = 1,32/ Scheffé

Letras iguais indicam similaridade estatística.

Os valores médios observados na Tabela 6 demonstraram que os dois grupos experimentais desenvolveram comportamento semelhante, ou seja, à medida do aumento da profundidade da dentina, houve diminuição progressiva da resistência ao cisalhamento da interface avaliada. Em ambos grupos, as superfícies “dentina superficial” e “dentina 0,5 mm profunda” foram estatisticamente diferentes entre si e das outras profundidades de dentina. No grupo dos molares superiores, as profundidades

de 1,0, 1,5 e 2,0 mm agruparam-se similarmente, porém, no grupo dos molares inferiores, as profundidades de 1,5 e 2,0 mm foram semelhantes entre si e diferentes estatisticamente da profundidade de 2,0 mm.

Tabela 7 - Valores médios de resistência adesiva (MPa) e desvios-padrões da dentina para os diferentes adesivos. Resultados do teste de Tukey para molares superiores e inferiores.

Adesivos	Molares Superiores	Molares Inferiores
Adper Single Bond	14,67 ($\pm 5,31$) ^b	17,04 ($\pm 4,40$) ^c
Adper Prompt L-Pop	14,79 ($\pm 4,74$) ^b	12,65 ($\pm 3,85$) ^d
Xeno III	20,35 ($\pm 2,23$) ^a	20,09 ($\pm 0,70$) ^a
Clearfil SE Bond	14,76 ($\pm 4,30$) ^b	18,50 ($\pm 2,23$) ^b
	Tukey= 1,53	Tukey = 1,12

Letras iguais indicam similaridade estatística.

Em relação ao fator de variação *sistema adesivo*, a Tabela 7 mostra que para o grupo de molares superiores, o produto Xeno III destacou-se com o maior valor médio de resistência ao cisalhamento, com significância, tendo os três outros sistemas adesivos apresentados similaridade estatística. Quanto ao grupo dos molares inferiores, todos os sistemas adesivos foram diferentes estatisticamente entre si, sendo que o sistema adesivo Xeno III, o Clearfil SE Bond, o Single Bond Adper e o Adper Prompt L-Pop apresentaram valores médios de resistência adesiva em ordem decrescente.

No que se refere ao fator *face dental*, a Tabela 8 revela as médias de resistência adesiva para os molares superiores e inferiores, porém destaca-se o fato de que apenas para o grupo dos molares inferiores houve diferença estatisticamente significativa.

Tabela 8 - Valores médios de resistência adesiva (MPa) e desvios-padrões da dentina das diferentes faces (vestibular e palatina/lingual) em molares superiores e inferiores.

Face Dental	Molares Superiores	Molares Inferiores
Vestibular	16,09 ($\pm 6,04$) ^a	17,52 ($\pm 5,06$) ^a
Palatina/Lingual	16,24 ($\pm 5,90$) ^a	16,64 ($\pm 4,77$) ^b

Letras iguais indicam similaridade estatística.

De acordo com o exposto anteriormente, em relação às interações entre os fatores *profundidade de dentina* e *sistema adesivo*, as Tabelas 9 e 10 revelam os valores médios de resistência ao cisalhamento apresentados pelos molares superiores e inferiores, respectivamente. Da mesma forma, as Figuras 17 e 18 ilustram o comportamento dos grupos em gráficos lineares.

Tabela 9 - Molares Superiores. Valores médios da resistência adesiva (MPa) da dentina e desvios-padrões da interação profundidade de dentina X sistema adesivo.

Profundidade de Dentina (mm)					
Adesivo	Dent. superf.	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Adper Single Bond	22,30 ($\pm 3,85$)	17,15 ($\pm 3,77$)	13,35 ($\pm 3,10$)	9,05 ($\pm 2,92$)	9,15 ($\pm 3,17$)
Adper Prompt L-Pop	22,30 ($\pm 3,92$)	16,20 ($\pm 2,06$)	12,0 ($\pm 1,81$)	11,40 ($\pm 2,58$)	9,70 ($\pm 2,20$)
Xeno III	18,70 ($\pm 4,18$)	21,0 ($\pm 3,95$)	20,65 ($\pm 6,28$)	20,75 ($\pm 5,21$)	18,50 ($\pm 5,72$)
Clearfil SE Bond	21,60 ($\pm 3,98$)	13,80 ($\pm 2,67$)	10,40 ($\pm 3,23$)	13,80 ($\pm 5,11$)	11,60 ($\pm 3,44$)

Tabela 10 - Molares Inferiores. Valores médios da resistência adesiva (MPa) da dentina e desvios-padrões da interação profundidade de dentina X sistema adesivo.

Adesivo	Profundidade de Dentina (mm)				
	Dent. superf.	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Adper Single Bond	21,60 ($\pm 4,16$)	19,20 ($\pm 4,32$)	16,50 ($\pm 3,78$)	12,75 ($\pm 2,84$)	12,60 ($\pm 4,68$)
Adper Prompt L-Pop	18,00 ($\pm 2,86$)	14,55 ($\pm 2,35$)	10,35 ($\pm 1,50$)	9,60 ($\pm 1,35$)	8,05 ($\pm 1,47$)
Xeno III	19,20 ($\pm 1,99$)	18,75 ($\pm 2,73$)	20,20 ($\pm 4,10$)	20,00 ($\pm 4,46$)	19,95 ($\pm 3,85$)
Clearfil SE Bond	20,70 ($\pm 2,87$)	19,20 ($\pm 2,40$)	16,00 ($\pm 2,90$)	18,15 ($\pm 1,81$)	15,75 ($\pm 1,77$)

Os gráficos apresentados nas Figuras 17 e 18 demonstram o comportamento destacado do sistema adesivo Xeno III, o qual revelou na dentina superficial o menor valor médio de resistência ao cisalhamento no grupo de molares superiores e a partir da profundidade de 0,5 mm, para ambos molares superiores e inferiores, alcançou valores médios superiores ou muito próximos aos demais adesivos, demonstrando regularidade na interação com a dentina à medida do aumento da profundidade. Em relação aos demais sistemas adesivos, observou-se a diminuição gradativa da resistência adesiva à medida do aumento da profundidade, sendo que os aspectos lineares mostram comportamentos similares de cada produto em relação aos molares superiores e inferiores, no que se refere à diminuição e à recuperação dos valores médios de resistência adesiva nas diferentes profundidades de dentina. Além disso, o sistema adesivo Adper Single Bond no grupo de molares superiores revelou a diminuição mais acentuada de resistência ao cisalhamento, apresentando o mais alto valor médio na dentina superficial, similar ao Xeno III, e o mais baixo valor na dentina de 2,0 mm de profundidade. Para o grupo de molares inferiores, O sistema adesivo Adper Prompt L-Pop revelou o mais baixo valor em todas as profundidades de dentina avaliadas.

Figura 17. Gráfico da interação *profundidade de dentina* X *sistema adesivo* para molares superiores. Resistência ao cisalhamento em MPa.

Figura 18. Gráfico da interação *profundidade de dentina* X *sistema adesivo* para molares inferiores. Resistência ao cisalhamento em MPa.

Em relação à interação dos fatores de variação *face dental* X *sistema adesivos*, as Tabelas 11 e 12 mostram os valores médios de resistência ao cisalhamento e as Figuras 19 e 20 ilustram os resultados dos mesmos em gráficos de colunas, para os molares superiores e inferiores, respectivamente.

Tabela 11 - Molares superiores. Valores médios para resistência adesiva (MPa) e desvios-padrões para a interação *face dental* X *sistema adesivo*.

<i>Adesivo</i>	<i>Face Vestibular</i>	<i>Face Palatina</i>
<i>Adper Single Bond</i>	14,60 ($\pm 6,54$)	13,80 ($\pm 5,56$)
<i>Xeno III</i>	18,88 ($\pm 5,15$)	20,96 ($\pm 5,00$)
<i>Clearfil SE Bond</i>	14,62 ($\pm 6,00$)	13,86 ($\pm 4,74$)
<i>Adper Prompt L-Pop</i>	14,32 ($\pm 5,43$)	14,32 ($\pm 5,06$)

Figura 19. Gráfico da interação *face dental* X *sistema adesivo* para molares superiores. Resistência ao cisalhamento em MPa.

Perante o gráfico apresentado pela Figura 19, nota-se que no grupo dos molares inferiores, o sistema adesivo Xeno III obteve os mais altos valores médios de resistência ao cisalhamento nas faces vestibular e palatina, comparativamente aos outros três adesivos. Os sistemas adesivos Adper Single Bond e Clearfil SE Bond

demonstraram estreita similaridade em seus comportamentos, ou seja, valores médios de resistência adesiva próximos, tanto nas faces vestibulares como palatinas, revelando ligeira diminuição de valores médios das faces palatinas em relação às faces vestibulares. O produto Adper Prompt L-Pop, por sua vez, revelou valores médios aproximados aos valores médios dos produtos Adper Single Bond e Clearfil SE Bond, porém sem apresentar diminuição da resistência ao cisalhamento entre as faces vestibular e palatina. Neste sentido, a Tabela 11 revela valores médios e desvios-padrões de resistência ao cisalhamento para o sistema adesivo Adper Prompt L-Pop numericamente semelhantes em ambas superfícies dentais, vestibular e palatina.

Tabela 12 - Molares inferiores. Valores médios para resistência adesiva (MPa) e desvios-padrões para a interação *face dental X sistema adesivo*.

<i>Adesivo</i>	<i>Face Vestibular</i>	<i>Face Lingual</i>
<i>Adper Single Bond</i>	17,96 ($\pm 5,74$)	15,08 ($\pm 4,41$)
<i>Xeno III</i>	19,42 ($\pm 4,17$)	19,82 ($\pm 2,75$)
<i>Clearfil SE Bond</i>	18,42 ($\pm 2,47$)	17,50 ($\pm 3,45$)
<i>Adper Prompt L-Pop</i>	12,26 ($\pm 3,92$)	11,96 ($\pm 4,41$)

Figura 20. Gráfico da interação *face dental X sistema adesivo* para molares inferiores. Resistência ao cisalhamento em MPa.

Para o grupo dos molares inferiores, a interação dos fatores de variação *face dental X sistema adesivo* revelou que, o produto Xeno III apresentou os mais altos valores médios de resistência ao cisalhamento para as faces vestibular e lingual, e de acordo com a Tabela 12, valores numericamente bastante próximos. Os menores valores médios de resistência adesiva para a face vestibular, em ordem decrescente, foram apresentados pelos produtos Clearfil SE Bond, Adper Single Bond e Adper Prompt L-Pop. Estes três sistemas adesivos demonstraram diminuição da resistência adesiva da face lingual comparativamente aos valores médios da face vestibular, sendo que o Adper Single Bond revelou a maior diminuição e os sistemas Clearfil SE Bond e Adper Prompt L-Pop mostraram valores médios próximos de resistência adesiva nas duas faces avaliadas.

A interação dos fatores de variação *face dental X profundidade de dentina* somente apresentou significância estatística ($p < 0,01$) no grupo de molares superiores,

conforme a Análise de Variância anteriormente relatada, e está revelada pelas Tabela 13 e Figura 21.

Tabela 13 - Valores médios de resistência adesiva (MPa) e desvios-padrões para molares superiores para a interação *face dental X profundidade de dentina*.

<i>Profundidade de Dentina (mm)</i>					
<i>Face</i>	<i>Dent. superf.</i>	<i>0,5 mm</i>	<i>1,0 mm</i>	<i>1,5 mm</i>	<i>2,0 mm</i>
<i>Vestibular</i>	22,30 ($\pm 4,11$)	17,23 ($\pm 4,37$)	13,88 ($\pm 5,33$)	13,18 ($\pm 5,34$)	11,45 ($\pm 4,41$)
<i>Palatina</i>	20,15 ($\pm 4,03$)	16,85 ($\pm 3,82$)	14,33 ($\pm 5,80$)	14,33 ($\pm 6,59$)	13,03 ($\pm 6,07$)

Figura 21. Gráfico da interação *face dental X profundidade de dentina* para molares superiores. Resistência ao cisalhamento em MPa.

A Figura 21, por meio do gráfico de colunas apresentado, revela a diminuição da resistência ao cisalhamento à medida do aumento da profundidade da dentina, em ambas as faces vestibular e palatina, nos molares superiores. A face vestibular mostrou diminuição acentuada da resistência adesiva entre as dentina superficial e dentina 1,0 mm profunda. Por sua vez, a face palatina mostrou diminuição

intensa entre as mesmas profundidades, porém as profundidades de 1,0 e 1,5 mm obtiveram valores médios semelhantes, e novamente diminuição da resistência ao cisalhamento entre as profundidades de 1,5 e 2,0 mm de dentina. Adicionalmente, nota-se que nas profundidades de dentina de 1,0, 1,5 e 2,0, os valores médios de resistência ao cisalhamento apresentados pela face palatina foram superiores aos valores médios da face vestibular.

De acordo com as Análises de Variância apresentadas para os grupos de molares superiores e inferiores apresentadas anteriormente, as interações triplas de fatores de variação (*profundidade de dentina X sistema adesivo X face dental*) não apresentaram significância estatística. Com o objetivo único de informação complementar, as tabelas dos valores médios e desvios-padrões da referida interação estão em Anexos, para ambos grupos molares superiores e inferiores.

Em relação à observação dos tipos de fraturas, os diferentes grupos experimentais revelaram três tipos, com predominância das fraturas adesivas seguidas de fraturas mistas (adesivas e coesivas na resina ou adesivas e coesivas na dentina). Todos os grupos experimentais, tanto dos molares superiores como dos molares inferiores apresentaram ocorrência superior a 50% de fraturas adesivas.

DISCUSSÃO

Durante este estudo foram realizadas duas análises sobre o substrato de dentina, ou seja, a avaliação da densidade tubular em diferentes profundidades e a avaliação da resistência ao cisalhamento de diferentes sistemas adesivos em diferentes profundidades, visando o melhor conhecimento da interação entre estes fatores.

Os túbulos dentinários, um distinto e importante componente da dentina, apresentam em seu interior prolongamentos de células odontoblásticas que vão desde a junção amelodentinária ou cemento até a câmara pulpar. Os túbulos ou canalículos dentinários convergem para a câmara pulpar e sua densidade e orientação variam de local a local. O número de túbulos dentinários é menor próximo à junção amelodentinária e maior em direção à polpa, assim como o diâmetro dos túbulos também variam, próximo à junção amelodentinária, 0,63 μm , e na dentina mais profunda, próxima à polpa, com 2,37 μm de diâmetro (BÖDECKER & APPLEBAUM, 1933; BEUST, 1912, 1931 e 1934; WAINWRIGHT, 1950; MARTIN, 1951; WAINWRIGHT & BELGOROD, 1955; ANDERSON & RONNING, 1962; ARWILL et al., 1965; SMITH & VINCENSO, 1968; MJÖR, 1972; TRÖNSTAD, 1973; PASHLEY & CARVALHO, 1997; GIANNINI et al., 2001; INOUE et al., 2003, AROLA & REPROGEL, 2006).

Os resultados obtidos durante a análise em microscopia eletrônica de varredura da estrutura de dentina em diferentes profundidades (dentina superficial, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mm) de terceiros molares superiores e inferiores revelaram que à medida do aumento da profundidade de dentina, ocorre a maior probabilidade de aumento da densidade tubular, o que é confirmado por Marshall et al. (1997a, 1997b), Schüpabach

et al. (1997), Pashley & Carvalho (1997), Özer et al. (2003) e Arola & Reprogel (2006). Ao observar o grande número de fotomicrografias necessárias para a realização do estudo, além de ser investigada a densidade tubular (n.o de túbulos/mm²) da dentina, também puderam ser observadas as dentinas peritubular e intertubular, e a orientação tubular nas diferentes profundidades. À medida do aumento da profundidade da dentina, observou-se a alteração da área de dentina peritubular e intertubular, associada ao aumento do lúmen dos túbulos de dentina. Cabe ressaltar que notou-se frequente ocorrência da mudança da orientação tubular nas diferentes profundidades de dentina de um mesmo corpo-de-prova, fato também considerado importante pelos autores citados, sendo que a orientação oblíqua de corte dos túbulos fez-se notoriamente presente.

De acordo com o gráfico da Figura 12 deste estudo, percebe-se que o aumento da densidade tubular, considerando as profundidades “dentina superficial” e “2,0 mm profunda” apenas, não ocorreu em um único subgrupo, ou seja, na face palatina de molares superiores. Somado a este fato, percebeu-se também que, em todos os outros subgrupos avaliados, houve oscilação de aumento/diminuição da densidade tubular, caracterizando a ausência de aumento gradativo constante da densidade tubular da dentina correspondente ao aumento gradativo da profundidade. Marshall et al. (1997), revelou resultados diferentes para a densidade tubular da dentina em diferentes profundidades de diferentes faces dentais, demonstrando em quatro posições distintas de dentina o mesmo aumento gradativo. A ausência desta mesma regularidade nos achados deste estudo pode estar relacionada com as alterações de orientação tubular frequentemente registradas nas fotomicrografias efetuadas.

Em relação à análise de resistência ao cisalhamento, a adesão, por sua vez, é definida como o fenômeno no qual duas superfícies são mantidas unidas por forças químicas e/ou físicas, com a ajuda de um adesivo (ISO TR 11405). Os testes de

resistência de união têm sido utilizados efetivamente há muito tempo no intuito de avaliar os sistemas adesivos (VAN NOORT et al., 1989; BURROW et al., 2002) e a norma ISO TR 11405 oferece um teste de referência, confiável e reprodutível, para a avaliação da resistência ao cisalhamento.

Neste estudo foi efetuada a avaliação de resistência ao cisalhamento da dentina, observando-se o comportamento de quatro diferentes sistemas adesivos em diferentes profundidades das faces vestibulares ou palatinas/linguais de molares superiores e inferiores. Considerando a análise estatística ter sido realizada para dois grupos isoladamente (molares superiores e molares inferiores) levando em conta os fatores de variação *profundidade de dentina, sistema adesivo e face dental*, verificou-se comportamento semelhante para os grupos. Os fatores de variação *profundidade de dentina e sistema adesivo* demonstraram a influência significativa tanto para molares superiores e como inferiores na resistência ao cisalhamento.

A busca da união efetiva e duradoura entre materiais restauradores e substratos dentais é constante, uma vez considerados os fatores que influenciam o processo adesivo (POWERS et al., 2003). A adesão à dentina tem sido relatada, sofre a influência das variações morfológicas e estruturais deste substrato (SATTABANASUK et al., 2004). Os resultados do presente trabalho mostraram à medida do aumento da profundidade da dentina em direção à polpa, ocorreu uma diminuição gradativa da resistência ao cisalhamento, tanto para molares superiores e inferiores. Os achados estão de acordo com a literatura referida, em que pesem os estudos outros terem sido realizados em superfícies de dentina de diferentes profundidades a partir de superfícies oclusais (PASHLEY et al., 1981; PASHLEY et al., 1982; YOSHIYAMA, et al., 1998; AROLA et al., 2003; SATTABANASUK et al., 2004).

Os valores médios superiores de resistência adesiva na dentina superficial para ambos molares superiores e inferiores podem estar relacionados com o arranjo estrutural e grau de mineralização desta dentina. Segundo Marshall (1993), substrato com maior área de dentina sólida potencialmente geraria maiores valores de força de adesão, sendo esta independente do sistema adesivo empregado (GIANNINI et al., 2001). Para Inoue et al. (2003) e Arola & Reprogel (2006), a densidade tubular e quantidade de dentina intertubular, influenciam mais na resistência à adesão do que a orientação tubular. A diminuição da resistência adesiva em direção à polpa de forma regular verificada, sugere-se, estar relacionada ao aumento da densidade tubular em direção à polpa, uma vez que esta influencia diretamente na área de dentina intertubular presente nas diferentes profundidades. Além do aumento da densidade tubular, o aumento do lúmen dos túbulos da dentina também pode exercer influência na diminuição dos resultados de resistência adesiva para a dentina profunda. De acordo com Pashley et al. (1995) na dentina profunda, a força de união parece estar relacionada intimamente à penetração de *tags* de resina na luz dos túbulos dentinários, fenômeno responsável por apenas uma fração da força da união total em dentina superficial normalmente hibridizada, do que decorre a diminuição da resistência adesiva na dentina profunda.

Em relação ao fator de variação *sistema adesivo*, o ensaio de resistência ao cisalhamento realizado também demonstrou ter este fator influenciado nos valores médios obtidos para os dois grupos (molares superiores e inferiores) experimentais. O sistema adesivo Xeno III destacou-se por apresentar os maiores valores médios em ambos os grupos, assim como o Adper Prompt L-Pop por apresentar valores inferiores aos demais produtos testados, de acordo com a Tabela 6, em Resultados. Para Vaidyanthan et al. (2009), o fator adesivo pode influenciar o comportamento de

resistência ao cisalhamento na dentina, uma vez que os produtos avaliados possuem composições, formas de tratamento do substrato dentinário e método de aplicação diferentes.

Os sistemas adesivos selecionados para o estudo possuem composição, apresentação e classificações diferentes, entre outras características. A composição química dos sistemas adesivos avaliados em relação aos monômeros presentes em suas formulações chama a atenção por sua diversidade. Em função dos resultados apresentados pelo sistema adesivo Xeno III, sua composição ser deve considerada importante para a obtenção dos resultados apresentados. Em sua formulação o fabricante relata a presença de HEMA, 2,6-di-tetra-butil-p hidroxil tolueno no frasco A e metacrilato modificado por ácido fosfórico (Pyro-EMA-SK), metacrilato polifuncional resinoso fluoretado (PEM-F), diuretano dimetacrilato (UDMA), benzoato etilamina p-dimetil, BHT, CQ e EPD no frasco B. Esta associação de compostos do Xeno III demonstrou ter mais alta força de união comparada à composição do Clearfil SE Bond, cujo monômero adesivo funcional 10-metacrilóiloxidecilmetileno ácido fosfórico (10-MDP), o qual comprovadamente promove o molhamento da superfície dentinária, além de conter grupos hidroxil que promovem a quelação dos íons cálcio da dentina (REIS et al., 2003; CARVALHO et al., 2005; VAIDYANATHAN & VAIDYANATHAN, 2009). Os compostos 2-hidroxil etil metacrilato (HEMA) associados a acrilatos presentes no sistema adesivo Adper Single Bond e o fosfato metacrilato do produto Adper Prompt-L-Pop comportaram-se de maneiras diferentes nos grupos de molares superiores e inferiores, portanto, sugere-se, não ser aspecto importante para o resultado.

Em relação ao tratamento do substrato, o adesivo Adper Single Bond, diferente dos outros três utilizados nesta pesquisa requer o condicionamento ácido total prévio à sua aplicação para a remoção do *smear layer* da dentina, o que não foi um

aspecto de influência, comparando-se com os outros adesivos no teste de resistência ao cisalhamento. Apesar do fabricante recomendar a aplicação de duas camadas do sistema Single Bond Adper, Toba et al. (2003) relataram que duas camadas não são suficientes para penetrar na dentina desmineralizada e formar a camada híbrida, fato que pode ter sido significativo para os resultados obtidos pelo sistema adesivo neste trabalho, pois foi seguido o método de utilização indicado pelo fabricante.

Outra característica a ser destacada sobre os sistemas adesivos testados refere-se à sua capacidade de desmineralização do substrato de dentina, o que está diretamente ligado ao pH de cada produto autocondicionante e ao ácido fosfórico. Os sistemas autocondicionantes de dois passos (Clearfil SE Bond) contêm monômeros acidificados que geralmente apresentam baixo pH (1,5-3,0) e os sistemas *all-in-one* apresentam $\text{pH} \leq 1$ (Xeno III e Adper Prompt L-Pop), maior que o ácido fosfórico a 37%, que lhes confere potencial menor profundidade de penetração. Devido ao efeito tamponante da hidroxiapatita, a área de desmineralização obtida na dentina pelos sistemas autocondicionantes de passo único é restrita, preenchida imediatamente pelos monômeros resinosos, havendo a incorporação da *smear layer* e da dentina subjacente à camada híbrida. Para Pashley & Carvalho (1997) e Carvalho et al. (2005), a qualidade da camada híbrida influencia os testes de resistência. Por ser o adesivo Xeno III sistema autocondicionante de passo único, seus resultados surpreendem ao serem comparados aos do Adper Single Bond por este requerer condicionamento ácido total em passo separado.

Os sistemas autocondicionantes promovem formação de camada híbrida mais delgada quando comparada àquelas formadas pelos sistemas adesivos *etch and rinse* (VAN MEERBEECK et al., 2003). Os prolongamentos formados no interior dos túbulos dentinários (*tags*) também são mais curtos e irregulares quando comparados aos

obtidos com condicionamento ácido prévio (KENSHIMA et al., 2006). Apesar destas diferenças os dois tipos de sistemas adesivos têm resultados elevados e similares valores de resistência de união (ARMSTRONG et al., 2003; SENAWONGSE, et al.; 2004), assim, a espessura da camada híbrida parece ter pouca influência na efetividade de união, de acordo com Inoue et al. (2001) e De Munck et al. (2003).

Contudo, conciliando que a técnica de utilização seja simplificada, a presença de monômeros hidrofílicos e acídicos nos sistemas de passo único, implicam na presença de uma grande quantidade de água para permitir sua ionização e, como resultado final, é obtida uma camada híbrida mais hidrofílica e permeável (TAY & PASHLEY, 2003a), permitindo assim o trânsito de água na camada de adesivo, fator que pode indicar a degradação precoce da interface (TAY & PASHLEY, 2003b).

Por outro lado, os sistemas *etch and rinse* trazem outras dúvidas acerca da durabilidade da adesão promovida, uma vez que a porção de fibrilas colágenas desprotegidas, discrepância entre a profundidade de dentina desmineralizada e a infiltrada por adesivo (TITLEY et al., 1995), constitui uma porta do enfraquecimento da união, pois é passível de sofrer degradação hidrolítica (HASHIMOTO et al., 2000), com consequente comprometimento da adesão. A presença de fibrilas colágenas sem proteção parece não ocorrer quando do uso de sistemas autocondicionantes, em função da simultânea dissolução da fase inorgânica da dentina e a infiltração de monômeros resinosos (HASHIMOTO et al., 2003), ademais estes sistemas dispensam o uso do condicionamento ácido e lavagem e secagem posterior, o que dificulta a manutenção do nível de água residual na dentina (TANUMIHARA; BURROW & TYAS, 2000).

Ainda em relação aos adesivos autocondicionantes, o comportamento revelado no grupo de molares superiores e inferiores, em que pese nos molares inferiores o sistema adesivo Adper Prompt L-Pop ter apresentado os mais baixos

valores médios de resistência adesiva, pode-se considerar os resultados encorajadores para o sucesso clínico desses sistemas adesivos simplificados (KIREMITCH et al., 2004), uma vez que o sistema adesivo Xeno III demonstrou resultados surpreendentes.

No que se refere à interação entre os fatores de variação investigados, os grupos de molares superiores e inferiores comportaram-se de forma semelhante para as interações dos fatores *profundidade de dentina X sistema adesivo*, com significância estatística.

O comportamento dos quatro sistemas adesivos nesta interação está ilustrado nos gráficos das Figuras 17 e 18, de Resultados. Para três sistemas adesivos dos quatro avaliados, de forma geral, houve diminuição da resistência ao cisalhamento entre as profundidades “dentina superficial” e “dentina 2,0 mm profunda”, porém apresentando recuperações de resistência adesiva entre as profundidades intermediárias. De forma diferente, destaca-se, mais uma vez, os resultados obtidos pelo adesivo Xeno III em ambos grupos molares superiores e inferiores, para todas as profundidades de dentina, a partir de 0,5 mm. Outro aspecto claramente observado refere-se à que, na dentina superficial, os sistemas adesivos se comportaram de maneira semelhante, diferenciando o seu comportamento em direção à polpa o que também foi observado por Giannini et al. (2001, 2004), Sattabanasuk et al. (2004) e Yang et al. (2006).

As observações de redução da área de dentina intertubular reveladas na análise de microscopia eletrônica de varredura para as regiões mais profundas da dentina podem não sido o único aspecto de influência na redução oscilante dos valores de resistência adesiva, em que pesem os fatores composição dos adesivos e formas de tratamento do substrato para a adesão, segundo Pashley et al. (1987), Fogel et al. (1988) e Perdigão et al. (1997). Ainda deve ser ressaltada a ocorrência freqüente de alteração

na orientação tubular, quando foram observados os cortes da mesma área dentinária em diferentes profundidades, sendo este fator também considerado como interferente na resistência adesiva para alguns pesquisadores (MARSHALL et al., 1997; PERDIGÃO et al., 1997) e independente para outros (ASANDE et al., 2008).

O comportamento diferenciado do sistema adesivo Xeno III sugere-se ser decorrente de suas características de composição favoráveis à interação *profundidade de dentina X sistema adesivo*. A presença de associações de monômeros funcionais, a presença de carga, o tipo de solvente e pH podem ser responsáveis pelo comportamento apresentado.

Miyazaki et al. (1995) consideraram que a presença de carga na formulação dos sistemas adesivos pode ser um importante fator que influencia a resistência adesiva das interfaces resinosas. Os sistemas adesivos avaliados que apresentam partículas de carga na composição são o Adper Single Bond (nanopartícula de sílica), o Xeno III (nanopartícula) e Clearfil SE Bond (sílica coloidal silanada). Apenas o sistema adesivo Adper Prompt L-Pop não possui carga em sua composição. Perante o fato deste sistema adesivo ter apresentado comportamento semelhante aos produtos Adper Single Bond e Clearfil SE Bond para o grupo dos molares superiores, este fator não deve ser o único ou preponderante interferente no resultado inferior revelado no grupo dos molares inferiores. Em relação à ausência de etanol, componente comum aos outros sistemas adesivos, esta característica associada à ausência de carga, supõe-se, ter influenciado os valores inferiores apresentados pelo produto.

Segundo Pashley & Carvalho (1997), a reduzida área de dentina intertubular disponível para a adesão contribui para os baixos valores de resistência em regiões profundas da dentina, como encontrado neste estudo. Esta região, por possuir uma maior quantidade de túbulos, também apresenta uma maior umidade intrínseca,

podendo afetar a adesão por diluir ou precipitar o agente adesivo, modificando a qualidade da camada híbrida formada, além da formação de ilhas de gotículas de água no interior da camada híbrida após a polimerização (PASHLEY & CARVALHO, 1997; TAY & PASHLEY, 2003) as quais podem potencializar a perda na resistência adesiva por ocorrer falhas na formação da camada híbrida.

Além destes aspectos citados da composição dos produtos, ainda apresenta-se o pH como fator interferente para o sistema Adper Prompt L-Pop. Os resultados indicam que este sistema não foi efetivo no tratamento superficial do substrato dentina, ou ainda, associada à água presente no próprio adesivo, a água residual do processo de hibridização exerce efeito mais intenso na redução da resistência ao cisalhamento. O comportamento diferenciado do sistema adesivo Xeno III mais uma vez surpreende em relação ao pH, pois este produto também é classificado como o Adper Prompt L-Pop, ou seja, de um único passo, portanto devem apresentar pH bastante semelhantes, ou, $\text{pH} \leq 1$. As diferentes características remetem à composição dos produtos para os outros aspectos já citados anteriormente, como tipo de monômeros funcionais, a presença de carga e tipo de solvente.

O sistema adesivo Xeno III possui nanopartículas em sua composição. Durante o processo de hibridização da dentina, as nanopartículas de carga (sílica) formam no topo da camada híbrida, uma fina camada intermediária entre esta (camada híbrida) e a resina composta, potencialmente. Ainda que as nanopartículas de carga do adesivo não consigam infiltrar na rede de fibras colágenas, elas estabelecem um filme de resina que por sua vez estabiliza a própria camada híbrida, reforçando-a (CARDOSO et al., 2001). A zona elástica, ou camada intermediária de adesivo com carga, promove a formação de uma camada híbrida com melhor capacidade para “amortecer” tensões geradas durante a contração de polimerização da resina (MIYAZAKI et al., 1995;

GALLO et al., 2001). Este efeito da camada de adesivo com carga é mais evidente na dentina profunda, onde os adesivos se difundem mais rápido e numa maior profundidade, potencialmente, através dos túbulos da dentina do que na rede de fibras colágenas da dentina intertubular e peritubular (MARSHALL et al., 1997). Todo este mecanismo desenvolvido pela presença de carga no sistema adesivo Xeno III, portanto, associado à presença de etanol como solvente, auxilia no estabelecimento de uma camada híbrida com potencial manutenção da força de adesão em todas as diferentes profundidades de dentina.

Entre as restantes interações possíveis entre os fatores avaliados no estudo, a interação *face dental X sistema adesivo* demonstrou significância estatística para os dois grupos de molares superiores e molares inferiores. Como revelou a Tabela 11, no grupo de molares superiores, os valores médios de resistência adesiva foram numericamente similares, enquanto para os molares inferiores (Tabela 12), as médias diferiram entre as faces com significância estatística. Neste aspecto, os resultados ligeiramente divergentes em relação aos números, porém estatisticamente significativos, remetem ao arranjo estrutural da dentina, especialmente à densidade tubular e orientação tubular. Schüpbach et al. (1997) e Marshall et al. (1997) relataram que, a orientação tubular da dentina é variável em profundidade e independente da face dental, seguindo orientação sinuosa e um padrão não determinado. Este fato foi observado na análise de microscopia eletrônica efetuada e representado pelas fotomicrografias expostas em Resultados (Figuras 13, 14, 15 e 16), podendo estar diretamente relacionado ao comportamento da face lingual de molares inferiores diferente das demais, ou seja, a eventual presença de túbulos de dentina em diferentes orientações causando a diminuição da resistência adesiva (MARSHALL et al., 1997; SCHÜPBACH et al.; 1997; AROLA et al., 2005).

Finalmente, perante as análises de microscopia eletrônica de varredura e de resistência adesiva sobre o substrato de dentina efetuado em molares humanos, conclui-se que a relação entre densidade tubular em diferentes profundidades e a resistência ao cisalhamento é inversamente proporcional, contudo sistemas adesivos de diferentes tipos podem interferir nesta relação.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a densidade tubular da dentina aumentou à medida do aumento da profundidade, revelando ausência do aumento gradativo constante, com oscilações em diferentes profundidades;
- a resistência adesiva foi influenciada pela *profundidade da dentina e sistema adesivo*;
- o sistema adesivo Xeno III demonstrou valores médios maiores na dentina profunda (a partir de 0,5 mm de profundidade);
- a *face dental* influenciou a resistência ao cisalhamento apenas para o grupo de molares inferiores;
- a resistência adesiva sofreu influência das interações *profundidade de dentina X sistema adesivo* e *face dental X sistema adesivo*; o sistema adesivo Xeno III destacou-se entre os sistemas adesivos testados;
- a interação *face dental X profundidade* influenciou a resistência ao cisalhamento dos molares superiores; a dentina superficial revelou valores médios mais altos; a resistência adesiva sofreu diminuição gradativa à medida do aumento da profundidade; e,
- a relação entre densidade tubular em diferentes profundidades e a resistência ao cisalhamento é inversamente proporcional, contudo sistemas adesivos de diferentes tipos podem interferir nesta relação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEBAYO, O. A.; BURROW, M. F.; TYAS, M. J. Bonding of one-step and two-step self-etching adhesives to dentin with different tubule orientations. **Acta Odontologica Scandinavica**, v.66, n.1, p.159-168, June 2008.

AKAGAWA, H.; NIKAIDO, T.; TAKADA, T.; BURROW, M. F.; TAGAMI, J. Shear bond strengths to coronal and pulp chamber floor dentin. **American Journal of Dentistry**, v.15, n.6, p.383-388, Dec.2002.

AL-EHAIDEB, A. & MOHAMMED, H. Shear bond strength of “one bottle”dentin adhesives. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.84, n.4, p.408-412, Oct. 2000.

ANDERSON, D. J. & RONNING, G. A. Dye diffusion in human dentine. **Archives of Oral Biology**, v.7, n.4, p.505-512, July-Aug. 1962.

ANDIA-MERLIN, R. Y.; GARONE-NETTO, N.; ARANA-CHAVEZ, V. E. SEM evaluation of the interaction between a three-step adhesive and dentin. **Operative Dentistry**, v.26, n.5, p.440-4, Sep.-Oct. 2001.

ANSARI, Z.J.; SADR, A.; MOEZIZADEH, M.; AMINIAN, R.;GHASEMI, A.; SHIMADA, Y.; TAGAMI, J.; ANSARI, S.J.; MOAVEDI, S. Effects of one year storage in water on bond strength of self-etching adhesives to enamel and dentin. **Journal of Dental Materials**, v.27, n.2, p.266-272, Mar, 2008.

ARAO, T.; & NAKABAYASHI, N. Effect of miniaturized dumbbell-shaped specimen to identify bonding of resin to bovine dentin. **Journal of Japon Dental Materials**, v.16, p.175-181, 1997.

AROLA, D. D. & REPROGEL, R. K. Tubule orientation and the fatigue strength of human dentin. **Biomaterials**, v.27, p.2131-2140, Mar. 2006.

AROLA, D. D. & ROULAND, J. A. The effects of tubule orientation a fatigue crack growth in dentin. **Journal of Biomedical Materials Research**, v.67, n.1, p.78-86, Oct. 2003.

ARMSTRONG, S. R.; VARGAS, M. A.; FANG, Q.; LAFFOON, J. E.; Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. **Journal of Adhesive Dentistry**, v.5, n.1, 47-56, Spring 2003.

ARWILL, T.; MYRBERG, N.; SOREMARK, R. Penetration of radioactive isotopo through enamel and dentin. 1-Diffusion of Na in fresh and coagulated dental tissues. **Journal of Dental Research**, v.44, n.6, p.1299-303, 1965.

¹De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ASANDE, A. O.; FRANCIS, M. B.; TYAS, M. J. Bonding of one step and two-step self-etching primer adhesives to dentin with different tubule orientations. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 66, n.3, p.159-168, Jun., 2008.

ASMUSSEN, E.; MUNKSGAARD, E. C. Bonding of restorative resins to dentine: Status of dentine adhesives and impact on cavity design and filling techniques. **International Dental Journal**, v.38, p.97-104, 1988.

BAUME, I. J. Nutrition and dental caries: summary of the conclusions of the symposium. **Bibliotheca Nutritio et Dieta**, v.16, p.173-184, 1964.

BAUME, I. J. The biology of pulp and dentine. A historic, terminologic-taxonomic, histologic-biochemical, embryonic and clinical survey. **Monographs in Oral Science**. 1980, p.1-220.

BEKES, K.; BOECLER, L.; GERNHARDT, C. R.; SCHALLER, H. G. Clinical performance of a self-etching and a total-etch adhesive system – 2-year results. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.34, n.11, p.855-861, Nov. 2007.

BEUST, T. B. A contribution of the study a immunity to dental caries. **Dental Cosmos**, v.54, n.5, p.659-63, May 1912.

BEUST, T. B. Reactions of the dentinal fibril to external irritation. **Journal of American Dental Association**, v.18, n.6, p.1060-73, Jun. 1931.

BEUST, T. B. Permeability test on teeth with pulpar involvevement **Journal of Dental Research**, v.14, n.2, p.93-96, Apr. 1934.

BÓDECKER, C. F. & APPLEBAUM, E. The variable permeability of the dentin and its relation to operative dentistry. **Dental Cosmos**, v.75, n.1, p.21-31, Aug. 1933.

BOLL, F. Formation of the dentine. **The Dental Cosmos**, v.12, n.8, p.187-93, Mar. 1870.

BOWEN, R. L. Adhesive bonding f various materials to hard tooth tissues. III. Bonding to dentine improved by pre-treatment and the use surface-active comonomer. **Journal of Dental Research**, v.44, n.5, p.903-905, Sept.-Oct. 1965.

BOWEN, R. L. Compatibility of various materials with oral tissues. I: The components in composite restorations. **Journal of Dental Research**, v.58, p.1493-1503, 1979.

BOWEN, R. L. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. XXIII. Isotonic monomer formulations. **Journal of Dental Research**, v.60, p.901-907, May 1981.

BRADNA, P.; VRBOVA, R.; DUDEK, M.; ROUBICKOVA, A.; HOUSOVA, D. Comparison of bonding performance of self-etching and etch-and-rinse adhesives on human dentin using reliability analysis. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.10, n.6, p.423-429, Dec. 2008.

BRANDT, P. D.; de WET, F. A.; du PREEZ, I. C. Self-etching bonding systems: in-vitro shear bond strength evaluation. **Journal of South African Dental Association**, v.61, n.1, p.16-17, July 2006.

BRÄNNSTRÖM, M. & GARBEROGLIO, R. The dentinal tubules and the odontoblast process. A scanning electron microscopic study. **Acta Odontologica Scandinavica** v.30, n.3, p.291-311, 1972.

BRESCHI, L.; MAZZONI, A.; RUGGERI, A.; CADENARO, M.; DI LENARDA, R.; DE STEFANO DORIGO, E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. **Dental Materials**, v.24, n.1, p.90-101, Jan. 2008.

BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. **Journal of Dental Research**, v.34, n.6, p.849-853, Dec., 1955.

BURROW, M. F.; NOPNAKEEPPONG, U.; PHRUKKANON, S. A comparison of microtensile bond strengths of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. **Dental Materials**, v.18, n.3, p.239-245, May 2002.

CÂMARA DE NEUBAUER: <http://bervieira.sites.uol.com.br/neubauer.htm>

CAN SAY, E.; NAKAJIMA, M.; SENAWONGSE, P.; SOYMAN, M.; ÖZER, F.; TAGAMI, J. Microtensile bond strength of a filled vs unfilled adhesive to dentin using self-etch and total-etch. **Journal of Dentistry**, v.34, n.4, p.283-291, April 2006. Epub 2005 Oct. 7

CARDOSO, R. M.; CARRILHO, M. R.; FRANCCI, C. E.; PERDIGÃO, J. Microtensile Bond strengths of one-bottle dentin adhesives. **American Journal Of Dentistry**, v.14, n.1, p.22-24, Feb. 2001.

CARVALHO, R. M.; MENDONÇA, J. S.; SANTIAGO, S. L.; SILVEIRA, R. R.; GARCIA, F. C.; TAY, F. R.; PASHLEY, D. H. Effects of HEMA/solvent combinations on bond strength to dentin. **Journal of Dental Research**, v.82, n.8, p.597-601, Aug. 2003.

CARVALHO, R. M.; TAY, F. R.; GIANNINI, M.; PASHLEY, D. H. Effects of pre- and post-bonding hydration on bond strength to dentin. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.6, n.1, p.13-7, Spring 2004.

CARVALHO, R. M.; CHERSONI, S.; FRANKENBERGER, R.; PASHLEY, D. H.; PRATI, C.; TAY, F. R. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occur in self-etch adhesives. **Biomaterials**, v.26, n.9, p.1035-1042, Mar. 2005.

CEHRELI, Z. C.; AKCA, T. Effect of dentinal tubule orientation on the microtensile bond strength to primary dentin. **Journal of Dentistry for Children**, v.70, n.2, p.139-144, May-Aug. 2003.

De CASTRO, A. K.; HARA, A. T.; PIMENTA, L. A. Influence of collagen removal on shear bond of one-bottle adhesive systems in dentin. **The Journal of Adhesive of Dentistry**, v.2, n.4, p.271-277, Winter 2000.

DE MUNCK, J.; VAN MEERBEEK, B.; SATOSHI, I.; VARGAS, M.; YOSHIDA, Y.; ARMSTRONG, S.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. Microtensile bond strengths of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. **American Journal of Dentistry**, v.16, n.6, p.414-420, Dec. 2003.

FERRARI, M.; MANNOCCI, F.; VICHI, A.; DAVIDSON, C. L. Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. **American Journal of Dentistry**, v.10, n.2, p.66-70, Apr. 1997.

FINGER, W. J.; FRITZ, U. Laboratory evaluation of one-component enamel/dentin bonding agents. **American Journal of Dentistry**, v.9, n.5, p.206-210, Oct. 1996.

FOGEL, H. M.; MARSHALL, F. J.; PASHLEY, D. H. Effects of distance from the pulp and thickness and hydraulic conductance of human radicular dentin. **Journal of Dental Research**, v.67, n.11, p.1381-1385, Nov. 1988.

FUSAYAMA, T.; NAKAMURA, M.; KUROSAKI, N.; IWAKU, N. Nonpressure adhesion of a new adhesive restorative system. **Journal of Dental Research**, v.58, n.4, p.1364-1370, Apr. 1979.

GALLO, J. R.; COMEAUX, R.; HAINES, B.; XU, X.; BURGESS, J. O. Shear and bond strength of four filled dentin bonding systems. **Operative Dentistry**, v.26, n.1, p.44-47, Jan.-Feb. 2001.

GARBEROGLIO, R. & BRÄNNSTRÖM, M. Scanning electron microscopic investigation of human dental tubules. **Archives of Oral Biology**, v.21, n.6, p.355-362, June 1976.

GARCIA, R. N.; de GOES, M. F.; GIANNINI, M. Effect of water storage on Bond strength of self-etching adhesives to dentin. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v.8, n.7, p.46-53, Nov. 2007.

GIACHETTI, L.; SCAMINACI, D. R.; BAMBI, C.; BERTINI, F. Influence of operator skill on microleakage of total-etch and self-etch bonding systems. **Journal of Dentistry**, v.36, n.1, p.49-53, Jan. 2008.

GIANNINI, M.; CARVALHO, R. M.; MARTINS, L. R. ; DIAS, C. T.; PASHLEY, D. H. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.3, n.4, p.315-324, Winter 2001.

GIANNINI, M.; SOARES, C. J.; DE CARVALHO, R. M. Ultimate tensile strength of the tooth structures. **Dental Materials**, v.20, n.4, p.322-329, May 2004.

GORACCI, G.; MORI, G., Micromorphological aspects of dentin. **Minerva Stomatology**, v.44, n.9, p.377-87, Sept. 1995.

GWINNETT, A. J. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. **American Journal of Dentistry**, v.6, n.1, p.7-9, Feb. 1993.

HASEGAWA, T.; MANABE, A.; ITOH, K.; WAKUMOTO, S. Investigation of self-etching dentin primers. **Dental Materials**, v.5, n.6, p.408-410, Nov. 1989.

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. **Journal of Dental Research**, v.79, n.6, p.1385-1391, June 2000.

HASHIMOTO, M.; OHNO, H.; KAGA, M.; SANO, H.; OGUCHI, H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. **Biomaterials**, v.24, n.21, p.3795-3803, Sept. 2003.

INOUE, S.; VARGAS, M. A.; ABE, Y.; YOSHIDA, Y.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G.; SANO, H.; VAN MEERBEEK, B. Microtensile Bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. **The Journal of the Adhesive Dentistry**, v.3, n.3, p.237-245, Fall 2001.

INOUE, S.; PEREIRA, P. N.; KAWAMOTO, C.; NAKAJIMA, M.; KOSHIRO, K.; TAGAMI, J.; CARVALHO, R. M.; PASHLEY, D. H.; SANO, H. Effect of tubule direction on ultimate tensile strength of human coronal dentin. **Dental Materials Journal**, v.22, n.1, p.39-47, Mar. 2003.

INOUE, S.; KOSHIRO, K.; YOSHIDA, Y.; DE MUNCK, J.; NAGAKANE, K.; SUZUKI, K.; SANO, H.; VAN MEERBEEK, B. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. **Journal of Dental Research**, v.84, n.12, p.1160-1164, Dec. 2005.

ITO, S.; HASHIMOTO, M.; WADGAONKAR, B.. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. **Biomaterials**, v.26, n.3, p.6449-6459, Nov. 2005.

KENSHIMA, S.; FRANCCI, C.; REIS, A.; LOGUERCIO, A.D.; FILHO, L.E. Conditioning effect on dentin, resin tags and hybrid layer of different acidity self-etch adhesives applied to thick and thin smear layer. **Journal of Dentistry**, v.34, n. 10, p.775-783, Nov. 2006.

KIREMITCH, A.; YALCIN, F.; GOKALP, S. Bonding to enamel and dentin using self-etching adhesive systems. **Quintessence International**, v.35, n.5, p.367-70, May 2004.

KOSHIRO, K.; SIDDHU, S. K.; INOUE, S.; IKEDA, T.; SANO, H. New concept of resin-dentin interfacial adhesion: the nanointeraction zone. **Journal Biomedical Materials Research Part B Apply Biomaterials**, v.77, n.2, p.401-408, May 2006.

KUGEL, G. & FERRARI, M. The science of bonding: from first to sixth generation. **Journal of the American Dental Association**, v.131 (Suppl. 20S-25S), June 2000.

LEEUWENHOEK, A. <http://www.euronet.nl/users/warnar/leeuwenhoek.html>

LI, X.; ZHAO, X. Y.; SHI, C. X.; ZHU, G. D.; LI, H. T. Bonding strength and interface effects of different dentin surface on acetone-based adhesives bonding. **Shanghai Kou Qiang Yi Xue**, v.13, n.1, p.44-47, Feb. 2004.

LOPES, G. C.; BARATIERI, L. N.; ANDRADA, M. A. de; VIEIRA, L. C. Dental adhesion: present state of the art and future perspectives. **Quintessence International**, v.33, n.3, p.213-224, Mar. 2002.

LOPES, G. C.; PERDIGÃO, J.; LOPES, F.; VIEIRA, L. C.; BARATIERI, L. N.; MONTEIRO, S. Jr. Dentin bond strengths of simplified adhesive: effect of dentin depth. **Compedium Continuing Education in Dentistry**, v.27, n.6, p.330-345, June 2006. Quiz 346

MALPIGHI, T. In: WILWERDING, T. History of dentistry – 2001. Disponível em <http://www.scholar.google.com>.

MARSHALL, G. W. Jr. Dentin: microstructure and characterization. **Quintessence International**, v.24, n.9, p.606-617, Sept. 1993.

MARSHALL JR, G. W.; MARSHALL, S. J.; KINNEY, J. H.; BALOOCH, M. The dentin substrate: structure and properties to bonding. **Journal of Dentistry**, v.25, n.6, p.441-458, Nov. 1997a.

MARSHALL, S. J.; WU-MAGIDI, I-C.; BALOOCH, M.; KINNEY, J. H.; MARSHALL, G. W. Mechanical properties of the resin-dentin interdiffusion zone [abstract 2414]. **Journal of Dental Research**, v.76 (Special Issue), p.315, 1997b.

MARTIN, N. D. The permeability of the dentine to P32 using the direct tissue radioautography technique. **Oral Surgery**, v.4, n.11, p.1461-1464, Nov. 1951.

MAURIN, J. C.; LAGNEAU, C.; DURAND, M.; LISSAC, M.; SEUX, D. Tensile and shear bond strength evaluation of a total-etch three-step and two self-etching one-step dentin systems. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.8, n.1, p.27-30, Feb. 2006.

MITCHEM, J. C. & GRONAS, D. G. Effects of time after extraction and depth of dentin on resin dentin adhesives. **Journal of American Dental Association**, v.113, n.2, p.285-287, Aug. 1986.

MIYAZAKI, M.; ANDO, S.; HINOURA, K.; ONOSE, H.; MOORE, B. K. Influence of filler addition to bonding agents on shear Bond strength to bovine dentin. **Dental Materials**, v.11, n.4, p.234-238, July 1995.

MJÖR, I. A. Human coronal dentine: structure and reaction. **Oral Surgery**, v.37, n.5, p. 810-23, May 1972.

NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **Journal of Biomedical Material Research**, v.16, n.4, p.265-273, July 1982.

NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; GENDUSA, N. J. Dentin adhesion of “modified” 4-META/MMA-TBB resin: Function of HEMA. **Dental Materials**, v.8, p.259-264, 1992.

NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; IKETA, W. Intra-oral bonding of 4-META/MMA-TBB resin to vital human dentin. **American Journal of Dentistry**, v. 8, p. 37-42, 1995.

NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; ARAO, T. A tensile test to facilitate identification of defects in resin-bonded dentin specimens. **Journal of Dentistry**, v.26, p.379-385, 1998.

NAKABAYASHI, N. & PASHLEY, D. H. **Hibridização dos tecidos dentais duros**. Quintessence Editora Ltda. 2000, 129p.

NAKAMICHI, I.; IWAKU, M.; FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible in the adhesion test. **Journal of Dental Research**, v.62, p.1076-1081, 1983.

NUNES, M. F.; SWIFT, E. J.; PERDIGÃO, J. Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. **American Journal of Dentistry**, v.14, n.6, p.340-343, 2001.

OLIVEIRA, S. S.; MARSHALL, S. J.; HABELITZ, S.; GANSKY, S. A.; WILSON, R. S.; MARSHALL, G. W JR. The effect of a self-etching primer on the continuous de mineralization of dentin. **European Journal of Oral Science**, v.112, n.4, p.376-83, Aug., 2004.

OSORIO, R.; PISANI-PROENÇA, J.; ERHARDT, M. C.; OSORIO, E.; AGUILERA, F. S.; TAY, F. R.; TOLEDANO, M. Resistance of ten contemporary adhesives to resin-dentine bond degradation. **Journal of Dentistry**, v.36, n.2, p.163-9, Feb. 2008

OUTHWAITE, W. C.; LIVINGSTON, M. J.; PASHLEY, D. H. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. **Archives of Oral Biology**, v.21, n.10, p.599-603, 1976.

ÖZER, F.; UNLÜ, N.; SENGUN, A. Influence of dentinal regions on bond strengths of different adhesive systems. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.30, n.6, p.659-663, June 2003.

PASHLEY, D. H.; LIVINGSTON, M. J. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. **Archives of Oral Biology**, v.23, n.5, p.391-395, 1978.

PASHLEY, D. H.; LIVINGSTON, M. J.; REEDER, O. W.; HORNER, J. Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine *in vitro*. **Archives of Oral Biology**, v.23, n.12, p.1127-1133, 1978.

PASHLEY, D. H.; MICHELICH, V.; KEHL, T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. **Journal of Prosthetic of Dentistry**, v.46, n.5, p.531-537, 1981.

PASHLEY, D. H.; NELSON, R.; KEPLER, E. E. The affects of plasma and salivary constituents on dentin permeability. **Journal of Dental Research**, v.61, n.8, p.979-981, 1982.

PASHLEY, D. H. Dentin predentin complex and its permeability: Physiology overview. **Journal of Dental Research**, v.64 (spec.iss), p.613-20, Apr. 1985.

PASHLEY, D. H.; ANDRINGA, H. J.; DERKSON, G. D.; DERKSON, M. E.; KALATHOOR, S.R. Regional variability in the permeability of human dentine. **Archives Oral Biology**, v.32, n.7, p.519-23, July 1987.

PASHLEY, D. H.; CUICCHI, B.; SANO, H.; HORNER, J. A. Permeability of dentin to adhesive agents. **Quintessence International**, v.24, n.9, p.618-630, Sept.1993.

PASHLEY, D. H.; MATTHEWS, W. G.; ZHAN, G. Y.; JOHNSON, M. Fluids shifts across human dentine in vitro in response to hydrodynamic stimuli. **Archives of Oral Biology**, v.41, n.11, p.1065-1072, Nov. 1996.

PASHLEY, D. H. & CARVALHO, R. M. Dentin permeability and dentin adhesion. **Journal of Dentistry**, v.25, n.5, p.355-372, Sept. 1997.

PERDIGÃO, J.; LAMBRECHTS, P.; VAN MEERBEECK, B.; VANHERLE, G.; LOPES, A. L. Field emission SEM comparison of four postfixation drying techniques for human dentin. **Journal of Biomedicals Materials Research**, v.29, n.9, p.1111-1120, Sept. 1995.

PERDIGÃO, J.; RAMOS, J. C.; LAMBRECHTS, P. In vitro interfacial relationship between human dentin and one bottle adhesives. **Dental Materials**, v.13, n.4, p.218-227, July 1997.

PERDIGÃO, J.; MAY, K. N.; WILDER, A. D. Jr, LOPES, M. The effect of depth of dentin demineralization on bond strength and morphology of the hybrid layer. **Operative Dentistry**, v.25, n.3, p.186-194, May-June 2000.

PERDIGÃO, J. & DUARTE Jr, S. Advances in dentin adhesion. **The Compedium of Continuing Education of Dentistry**, v.24, n.8, p.10-16, Aug. 2003. Quiz 61.

PEUTZFEUDT A. & ASMUSSEN, E. Adhesive systems: effect bond strength of incorrect use. **Journal of Adhesive Dentistry**, v.4, n.3, p.233-242, Fall 2002.

PHRUKKANON, S.; BURROW, M. F.; TYAS, M. J. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. **Dental Materials**, v.14, n.2, p.120-128, Mar. 1998a.

PHRUKKANON, S.; BURROW, M. F.; TYAS, M. J. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. **Dental Materials**, v.14, n.3, p.212-221, June 1998b.

POWERS, C.; ERICKSON, R. L.; TAO, L.; SIMPSON, M. D.; PASHLEY, D. H. Factors affecting in vitro bond strength of bonding agents to human dentin. **Odontology**, v.91, n.1, p.1-6, 2003.

PRATI, C.; CHERSONI, S.; MONGIORGI, R.; PASHLEY, D. H. Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. **Operative Dentistry**, v.23, n.4, p.185-194, July-Aug. 1998.

REIS, A. F.; OLIVEIRA, M. T.; GIANNINI, M.; DE GOES, M. F.; RUEGGERBERG, F. A. The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel and dentin. **Operative Dentistry**, v.28, n.6, p.700-706, Nov.-Dec. 2003.

RETIEF, D. H.; MANDRAS, R. S.; RUSSELL, C. M.; DENYS, F.R. Extracted human vs. bovine teeth in laboratory studies. **American Journal of Dentistry**, v.3, n.6, p.253-258, Dec. 1990.

SADEK, F. T.; GORACCI, C.; CARDOSO, P. E.; TAY, F. R.; FERRARI, M. Microtensile bond strength of current dentin adhesives measured immediately and 24 hours after application. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v.7, n.4, p.297-302, Winter 2005.

SADR, A.; GHASEMI, A.; SHIMADA, Y.; TAGAMI, J. Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. **Journal of Dentistry**, v.35, n.3, p.218-225, Mar. 2007.

SATTABANASUK, V.; SHIMADA, Y.; TAGAMI, J. The bond of resin to different dentin surface characteristics. **Operative Dentistry**, v.29, n.3, p.333-341, May-June 2004.

SCHÜPBACH, P.; KREJCI, I.; LUTZ, F. Dentin bonding: effect of tubule orientation on hybrid-layer formation. **European Journal of Oral Sciences**, v.105, n.4, p.344-352, Aug. 1997.

SENAWONGSE, P.; HARNIRATTISAI, R.; SHIMADA, Y.; TAGAMI, J. Effective bond strength of current adhesive systems on deciduous and permanent dentin. **Operative Dentistry**, v.29, n.2, p.196-202, Mar.-Apr 2004.

SMITH, L. V. & VINCENSO, J. P. A new "in vitro" technique for studies on tooth permeability. **Archives of Oral Biology**, v.13, n.9, p.1057-1065, Sept. 1968.

SOARES F. Z.; ROCHA, R. O.; RAGGIO, D. P.; SADECK, F. T.; CARDOSO, P. E. Microtensile Bond strength of different adhesive systems to primary and permanent dentin. **Pediatric Dentistry**, v.27, n.6, p.457-462, Nov.-Dec. 2005.

SODERHOLM, K. I.; GUELMANN, M.; BIMSTEIN, E. Shear bond strength of one 4th and two 7th generation bonding agents when used by operators with different bonding experience. **Journal of Adhesive Dentistry**, v.7, n.1, p.57-64, Spring 2005.

SODERHOLM, K. J.; SOARES, F.; ARGUMOSA, M.; LOVELAND, C.; BIMSTEIN, E.; GUELMANN, M. Shear bond strength of one etch-and-rinse and five self-etching

dental adhesives when used by six operators. **Acta Odontologica Scandinavica**, v.66, n.4, p.243-249, Aug. 2008.

SUZUKI, T. & FINGER, W. J. Dentin adhesives: site of dentin vs bonding of composite resins. **Dental Materials**, v.4, n.6, p.379-383, Dec.1988.

TAGAMI, J.; TAO, L.; PASHLEY, D.H.; HORNER, J.A. *In vitro* permeability of bovine incisors. **Archives of Oral Biology**, v.34, n.10, p.773-778, 1989.

TAGAMI, J.; TAO, L.; PASHLEY, D. H. Correlation among dentin depth, permeability and Bond strength adhesive resins. **Dental Materials**, v.6, n.1, p.45-50, Jan. 1990.

TANUMIHARJA, M.; BURROW, M. F.; TYAS, M. J. Microtensile Bond strengths of seven dentin systems. **Dental Materials**, v.16, n.3, p.180-187, July 2000.

TAY, F. R.; PASHLEY, D. H.; SUH, B. I.; CARVALHO, R. M.; ITHAGARUN, A. Single-step adhesives are permeable membranes. **Journal of Dentistry**, v.30, n.7-8, p.371-382, Sept.-Nov. 2002.

TAY, F. R. & PASHLEY, D. H. Have dentin adhesives become too hydrophilic? **Journal Canadian Dental Association**, v.69, n.11, p.726-731, Dec. 2003a.

TAY, F. R. & PASHLEY, D.H. Water treeing-a potencial mechanism for degradation of dentin adhesives. **American Journal of Dentistry**, v.16, n.1, p.6-12, Feb. 2003b.

THOMES, A. Disponível em <http://www.scholar.google.com>

TITLEY, K. C.; SMITH, D. C.; CHERNECKY, R.; MARIC, B.; CHAN, A. An SEM examination of etched dentin and the structure of the hybrid layer. **Journal of Canadian Dental Association**, v.61, n.10, p.887-894, Oct. 1995.

TOBA, S.; VEERAPRAVATI, W.; SHIMADA, Y.; NIKAIDO, T.; TAGAMI, J. A. Micro-shear Bond strength of adhesive resins to coronal dentin versus the floor of the pulp chamber. **American Journal of Dentistry**, v.17, n.1, p.7-12, 1999.

TOLEDANO, M.; OSORIO, R.; CEBALLOS, L.; FUENTES, M.V.; FERNANDES, C.S. Microtensile Bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. **American Journal of Dentistry**, v.16, n.51, p.292-298, Sept. 2003.

TOLEDANO, M.; OSORIO, R.; ALBALADEJO, A.; AGUILERA, F.S.; OSORIO, E. Differential effect of in vitro degradation on resin-dentin bonds produced by self-etch versus total-etch adhesives. **Journal of Biomedical Materials Research: Part A**, v.77, n.1, p.128-135, Apr. 2006.

TOLEDANO, M.; OSORIO, R.; OSORIO, E.; AGUILERA, F. S.; YAMAUTI, M.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. Durability of resin-dentin bonds: effects of direct/indirect exposure and storage media. **Dental Materials**, v.23, n.7, p.885-92, Jul. 2007.

TRONSTAD, L. Scanning electron microscopy of attrited dentinal surfaces and subjacent dentin in human teeth. **Scandinavian Journal of Dental Research**, v.81, n.2, p.112-122, 1973.

VAIDYANATHAN, T. K. & VAIDYANATHAN, J. Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: A critical review. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials**, v.88, n.2, p.558-578, Feb. 2009.

VAN LANDUYT, K. L.; SNAUWAERT, J.; DE MUNCK, J.; PEUMANS, M.; YOSHIDA, Y.; POITEVIN, A.; COUTINHO, E.; SUZUKI, K.; LAMBRECHTS, P.; VAN MEERBEEK, B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. **Biomaterials**, v.28, n.26, p.3757-3785, Sept. 2007.

VAN MEERBEEK, B.; PEUMANS, M.; VERSCHUEREN, M.; GLADYS, S.; BRAEM, M.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. Clinical status of ten adhesive systems. **Journal of Dental Research**, v.73, n.11, p.1690-1702, Nov. 1994.

VAN MEERBEECK, B.; YOSHIDA, Y.; SNAUAERT, J.; HELLEMANS, L.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G.; WAZAKA, K.; PASHLEY, D. H. Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear layer removing adhesive system examined correlatively by TEM and AFM. **Journal of Adhesive Dentistry**, v.1, n.1, p.7-23, Spring 1999.

VAN MEERBEECK, B.; DE MUNCK, J.; YOSHIDA, Y.; INOUE, S.; VARGAS, M.; VIJAY, P.; VAN LANDUYT, K.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G.. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. **Operative Dentistry**, v.28, n.3, p.215-235, May-June 2003.

VAN NOORT, R.; NOROOZI, S.; HOWARD, I. C.; CARDEW, G. A critique of bond strength measurements. **Journal of Dentistry**, v.17, n.2, p.61-67, April 1989.

WAINWRIGHT, W. W. & LEMOINE, F. A. Rapid diffuse penetration of intact enamel and dentin by Carbon 14- labeled urea. **Journal of American Dental Association**, v.41, n.2, p.135-45, Aug. 1950.

WAINWRIGHT, W. W. & BELGOROD, H. H. Time studies the penetration of extracted human teeth by radioactive nicotina mined, urea, thiourea and acetamide. **Journal of Dental Research**, v.34, n.1, p.28-36, Feb. 1955.

WATANABE, I. & NAKABAYASHI, N. Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. **Quintessence International**, v.24, n.5, p.335-342, May 1993.

WATANABE, I.; SAIMI, Y.; NAKABAYASHI, N. Effect of smear layer on bonding to ground dentin – Relationship between grinding condition and tensile bond strength. **Journal of Japan Dental Materials**, v.13, p.101-108, 1994.

YAMADA, M.; MIYAZAKI, M.; ONOSE, H.; MOORE, B. K. Influence of interchanging self-etching primers and bonding agents on bond strengths to bovine dentin. **American Journal of Dentistry**, v.18, n.3, p.155-164, June 2005.

YANG, B.; LUDWIG, K.; ADELUNG, R.; KERN, M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. **Dental Materials**, v.22, n.1, p.45-56, Jan. 2006.

YOSHIYAMA, M.; SANO, H.; CARVALHO, R. M.; PASHLEY, D. H. Adhesive mechanism of a self-etching/self-priming adhesive resin to enamel and dentin. **Journal of Hard Tissues Biology**, v.5, p.31-35, 1996.

YOSHIYAMA, M.; MATSUO, T.; EBISU, S.; PASHLEY, D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. **Journal of Dentistry**, v.26, n.7, p.609-616, Sept. 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 1, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
1	Superficial	A	36	33	32	39	30	34
		B	27	29	31	28	30	29
		C	33	35	34	27	31	32
		D	31	29	24	26	25	27
		E	33	35	32	34	31	33
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	49	51	47	51	47	49
		B	43	47	45	44	46	45
		C	30	36	39	33	32	34
		D	41	37	42	38	37	39
		E	42	41	45	44	43	43
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	55	53	51	50	51	52
		B	52	56	51	54	52	53
		C	54	51	57	51	62	55
		D	48	45	53	52	47	49
		E	52	48	53	49	53	51
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	59	63	64	61	63	62
		B	61	63	58	60	53	59
		C	63	68	64	68	62	65
		D	62	66	65	62	65	64
		E	60	61	58	59	62	60
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	56	53	58	53	55	55
		B	59	56	55	59	61	58
		C	51	53	51	53	52	52
		D	52	54	51	52	56	53
		E	54	56	59	55	61	57

Tabela 2 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 2, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
2	Superficial	A	42	38	40	38	40	40
		B	45	47	43	46	44	45
		C	41	42	44	43	45	43
		D	37	38	41	37	42	39
		E	42	45	41	43	44	43
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	40	44	45	44	42	43
		B	47	44	42	47	45	45
		C	39	43	41	43	44	42
		D	41	45	43	44	47	44
		E	42	43	38	43	39	41
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	52	49	51	46	47	49
		B	52	50	52	49	52	51
		C	47	49	46	45	48	47
		D	45	46	45	46	43	51
		E	50	43	51	49	52	47
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	60	63	59	61	62	61
		B	64	65	64	61	61	63
		C	63	58	60	53	61	59
		D	69	64	62	63	67	65
		E	69	64	62	63	67	65
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	55	56	61	58	55	57
		B	57	54	51	62	51	55
		C	62	59	56	57	56	58
		D	59	54	56	54	57	56
		E	58	63	60	53	61	59

Tabela 3 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 3, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
3	Superficial	A	44	43	47	46	45	45
		B	50	49	52	43	51	47
		C	44	43	40	43	40	42
		D	45	43	45	44	43	44
		E	50	52	50	43	50	47
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	45	44	46	45	43	45
		B	51	49	51	44	50	47
		C	41	45	42	43	44	43
		D	51	49	50	52	43	47
		E	43	42	45	41	44	43
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	54	51	62	51	57	55
		B	56	55	58	55	61	57
		C	54	52	51	56	54	53
		D	59	52	56	52	51	54
		E	56	54	57	54	59	56
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	59	55	56	61	59	58
		B	52	56	52	57	53	54
		C	59	61	55	54	56	57
		D	56	57	60	62	60	59
		E	63	64	61	63	59	62
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	68	64	68	63	62	65
		B	71	67	73	66	68	69
		C	67	63	69	65	71	67
		D	60	59	63	61	62	61
		E	54	57	54	57	59	63

Tabela 4 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 4, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
4	Superficial	A	36	35	36	33	35	35
		B	39	36	37	33	35	36
		C	36	37	35	38	39	37
		D	36	37	35	38	39	37
		E	43	45	47	41	44	44
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	44	40	42	40	39	41
		B	39	43	40	43	40	43
		C	40	44	40	42	44	42
		D	36	37	39	38	40	38
		E	40	43	40	39	43	41
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	52	54	56	51	52	53
		B	56	54	59	54	57	56
		C	48	53	46	52	46	49
		D	52	53	51	53	51	52
		E	54	51	57	51	62	55
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	66	65	62	65	62	64
		B	69	65	64	66	71	67
		C	61	59	62	63	60	61
		D	65	61	64	61	64	63
		E	68	64	68	62	63	65
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	65	66	61	62	65	64
		B	65	71	66	64	69	67
		C	63	68	62	64	68	65
		D	64	65	61	60	65	63
		E	59	61	60	63	62	61

Tabela 5 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 5, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
5	Superficial	A	35	37	39	36	38	37
		B	43	40	43	40	44	42
		C	33	36	35	36	35	35
		D	42	37	41	37	38	39
		E	34	33	35	31	27	32
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	46	45	48	47	49	47
		B	46	45	44	43	47	45
		C	44	48	47	45	46	46
		D	46	48	47	49	45	47
		E	46	48	47	49	45	47
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	71	67	73	68	66	69
		B	58	53	61	60	63	59
		C	52	56	51	52	54	53
		D	59	61	59	56	55	58
		E	56	55	59	61	59	58
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	71	67	73	68	66	69
		B	69	70	75	68	72	71
		C	65	69	71	63	67	67
		D	70	71	76	69	73	72
		E	64	68	63	65	70	66
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	46	43	45	47	44	45
		B	48	45	47	49	46	47
		C	43	42	45	44	41	43
		D	46	43	45	44	47	45
		E	44	45	47	43	46	45

Tabela 6 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 1, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Palatina

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
1	Superficial	A	31	33	32	34	35	33
		B	31	34	35	33	27	32
		C	33	29	32	32	29	31
		D	36	32	33	30	39	34
		E	35	33	36	35	36	35
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	47	48	46	49	50	48
		B	47	45	53	48	52	49
		C	47	48	49	42	44	46
		D	52	53	49	48	53	51
		E	47	49	48	42	44	46
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	49	51	45	51	47	49
		B	53	52	49	48	53	51
		C	53	52	49	48	53	51
		D	46	46	53	48	52	49
		E	48	47	46	49	50	48
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	38	39	36	37	35	37
		B	44	39	41	43	43	42
		C	35	33	36	34	37	35
		D	35	37	39	36	33	36
		E	35	33	36	37	34	35
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	27	29	21	26	22	25
		B	29	31	25	26	24	27
		C	20	22	21	25	22	22
		D	23	25	23	29	30	26
		E	27	29	21	26	22	25

Tabela 7 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 2, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Palatina

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
2	Superficial	A	34	34	36	36	35	35
		B	30	28	31	27	29	29
		C	38	39	36	37	35	37
		D	43	43	44	39	41	42
		E	31	34	35	33	27	32
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	52	51	56	54	52	53
		B	52	53	49	48	53	51
		C	57	51	62	51	54	55
		D	59	55	56	54	61	57
		E	47	45	53	48	52	49
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	38	41	42	37	37	39
		B	44	41	45	42	43	43
		C	37	41	39	36	37	38
		D	38	39	36	35	37	37
		E	41	37	39	37	36	38
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	44	39	41	43	43	42
		B	47	44	43	45	46	45
		C	40	38	38	37	37	38
		D	41	44	42	45	43	43
		E	40	40	43	44	43	42
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	25	29	31	29	26	28
		B	22	26	29	21	27	25
		C	29	32	32	29	33	31
		D	27	32	31	27	28	29
		E	31	29	25	26	24	27

Tabela 8 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 3, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Palatina

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
3	Superficial	A	39	44	40	42	40	41
		B	41	44	43	42	45	43
		C	39	42	38	39	42	40
		D	40	40	38	36	42	39
		E	44	42	44	40	40	42
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	55	59	56	61	54	57
		B	57	54	59	54	56	56
		C	56	55	59	61	59	58
		D	52	56	51	59	52	54
		E	58	62	59	58	63	60
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	41	47	45	43	44	44
		B	48	46	45	49	47	47
		C	44	40	39	40	42	41
		D	49	43	50	51	52	47
		E	40	43	40	43	39	41
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	39	42	43	38	43	41
		B	38	41	37	37	42	39
		C	45	44	42	43	41	43
		D	38	41	42	38	36	39
		E	42	45	44	43	41	43
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	31	32	32	34	35	33
		B	35	36	36	34	34	35
		C	31	35	34	33	27	32
		D	37	31	33	31	38	34
		E	30	31	31	30	33	31

Tabela 9 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 4, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Palatina

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
4	Superficial	A	39	38	35	37	36	37
		B	39	40	43	36	37	39
		C	34	34	36	37	34	35
		D	36	38	39	35	37	36
		E	41	37	39	37	36	38
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	65	61	64	61	64	63
		B	67	62	69	63	64	65
		C	60	62	63	59	60	61
		D	65	63	69	66	75	67
		E	61	58	63	60	53	59
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	38	37	41	37	42	39
		B	44	42	45	38	40	42
		C	39	38	37	36	35	37
		D	38	42	41	41	38	40
		E	36	39	36	38	38	37
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	47	45	53	48	52	49
		B	51	53	52	53	51	52
		C	48	45	46	47	49	47
		D	50	49	46	48	47	48
		E	46	46	52	49	52	49
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	38	41	42	37	37	39
		B	43	40	42	42	43	42
		C	36	38	37	37	39	37
		D	37	35	39	33	36	36
		E	42	39	42	39	43	41

Tabela 10 - Molar Superior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 5, de cada profundidade de dentina.

Molar Superior - Face Palatina

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
5	Superficial	A	45	41	44	42	43	43
		B	41	38	42	38	36	39
		C	33	31	35	33	27	41
		D	48	47	45	46	49	47
		E	46	45	45	46	43	45
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	56	58	55	55	61	57
		B	62	61	59	60	63	61
		C	61	64	59	63	63	62
		D	57	53	52	52	56	54
		E	52	52	49	50	52	51
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	42	43	43	44	43	43
		B	39	40	41	38	37	39
		C	41	39	44	43	43	42
		D	44	43	47	45	46	45
		E	45	46	44	48	47	46
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	53	52	48	49	53	51
		B	51	47	46	49	52	49
		C	56	52	51	54	52	53
		D	53	51	51	52	53	52
		E	49	51	52	49	49	50
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	30	31	29	28	27	29
		B	35	31	34	32	28	32
		C	30	29	23	23	25	26
		D	29	25	30	30	26	28
		E	29	32	29	32	28	30

Tabela 11 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 1, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
1	Superficial	A	35	31	33	32	34	33
		B	35	35	36	34	35	35
		C	36	32	34	30	38	34
		D	40	44	43	40	43	32
		E	33	39	36	37	35	36
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	46	44	44	49	49	48
		B	39	44	43	41	43	42
		C	42	46	45	46	46	45
		D	38	38	38	39	37	38
		E	39	37	35	36	38	37
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	44	43	47	45	46	45
		B	48	46	46	47	48	47
		C	44	41	45	42	43	43
		D	48	47	47	44	44	46
		E	43	44	47	45	41	44
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	45	43	41	42	44	43
		B	40	43	43	41	43	42
		C	37	35	40	38	42	39
		D	43	44	45	45	43	44
		E	49	47	42	48	44	46
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	46	47	45	43	44	45
		B	38	37	38	40	37	38
		C	43	40	41	43	43	42
		D	47	45	48	43	47	46
		E	47	41	43	44	45	44

Tabela 12 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 2, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
2	Superficial	A	36	34	37	34	34	35
		B	35	39	37	36	38	37
		C	45	44	43	41	42	43
		D	31	37	31	38	33	34
		E	36	39	35	33	37	36
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	45	47	46	49	48	47
		B	47	45	46	48	49	47
		C	59	52	56	52	51	54
		D	38	39	42	39	42	40
		E	41	38	42	37	37	39
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	42	43	42	43	40	42
		B	44	43	45	42	41	43
		C	48	47	52	53	45	49
		D	33	35	27	34	31	32
		E	50	49	48	46	47	48
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	49	50	47	48	46	48
		B	46	45	44	43	47	45
		C	45	43	44	41	42	43
		D	56	52	54	52	51	53
		E	39	40	44	42	40	41
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	45	47	46	49	48	47
		B	53	47	45	52	48	49
		C	59	54	56	57	54	56
		D	46	50	48	47	49	48
		E	45	44	43	46	47	45

Tabela 13 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 3, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
3	Superficial	A	34	33	31	27	35	32
		B	23	25	23	30	29	26
		C	25	29	26	24	31	27
		D	31	24	30	29	26	28
		E	31	24	30	29	26	28
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	43	42	43	45	42	43
		B	44	43	39	43	41	42
		C	47	44	47	49	48	47
		D	44	43	41	42	45	43
		E	38	41	42	38	41	40
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	46	49	47	50	48	48
		B	48	53	52	49	53	51
		C	56	54	52	56	52	54
		D	51	54	62	51	57	55
		E	53	52	51	53	51	52
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	45	48	49	46	47	47
		B	47	41	41	45	46	44
		C	48	47	45	46	49	47
		D	46	49	45	46	44	46
		E	40	44	42	39	40	41
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	49	47	46	52	46	48
		B	53	49	52	48	53	51
		C	54	50	52	53	51	52
		D	57	51	54	62	51	55
		E	57	51	54	62	51	55

Tabela 14 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 4, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
4	Superficial	A	31	25	24	30	25	27
		B	34	35	28	31	32	32
		C	34	31	35	33	32	33
		D	39	37	41	36	37	38
		E	32	29	28	29	32	30
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	46	52	46	47	49	48
		B	42	38	42	40	38	40
		C	37	42	48	41	37	39
		D	40	43	44	43	40	42
		E	31	35	33	27	33	41
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	53	48	52	45	47	49
		B	54	56	52	51	52	53
		C	54	56	52	51	52	53
		D	50	53	59	56	52	54
		E	53	51	49	54	53	52
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	37	38	42	41	37	39
		B	50	43	52	49	51	47
		C	48	50	46	49	47	48
		D	53	51	52	53	51	52
		E	47	49	46	52	51	49
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	47	50	47	45	46	47
		B	51	55	52	55	52	53
		C	48	45	47	53	52	49
		D	51	49	50	51	49	50
		E	48	53	49	53	52	51

Tabela 15 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 5, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Vestibular

Dente	Profundidade	Foto	1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
5	Superficial	A	34	34	36	34	37	35
		B	29	30	35	32	34	32
		C	26	31	29	24	25	27
		D	29	32	28	33	28	30
		E	31	30	33	31	30	31
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	49	50	48	47	46	48
		B	51	53	52	53	51	52
		C	50	46	49	47	48	48
		D	42	38	42	38	40	40
		E	42	38	42	38	40	40
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	50	48	49	46	47	48
		B	49	52	53	48	53	51
		C	35	33	31	27	33	41
		D	47	46	49	52	51	49
		E	54	57	56	54	59	56
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	56	52	53	52	57	54
		B	55	54	61	59	56	57
		C	46	47	49	51	52	49
		D	52	49	50	52	52	51
		E	63	60	53	61	58	59
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	33	33	35	27	31	41
		B	44	45	40	42	44	43
		C	49	45	46	44	46	46
		D	44	40	44	45	42	43
		E	46	47	45	50	47	47

Tabela 16 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 1, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Lingual

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
1	Superficial	A	17	19	17	20	17	18
		B	32	34	26	29	25	28
		C	16	16	18	19	16	17
		D	19	17	17	20	17	18
		E	17	10	17	17	19	16
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	26	29	31	24	25	27
		B	29	31	26	29	35	28
		C	23	23	29	25	30	26
		D	11	18	18	20	18	17
		E	36	35	38	37	39	37
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	74	70	72	77	71	73
		B	74	78	81	75	76	77
		C	64	61	61	65	64	63
		D	73	77	80	76	75	76
		E	68	72	75	69	70	71
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	68	70	63	65	64	66
		B	60	63	61	58	53	59
		C	61	58	55	56	55	57
		D	70	65	68	64	63	66
		E	74	81	78	76	75	77
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	62	57	54	51	51	55
		B	49	52	50	52	52	51
		C	57	56	54	59	54	56
		D	59	55	61	59	56	58
		E	51	57	51	54	62	55

Tabela 17 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 2, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Lingual

Dente	Profundidade	Foto	1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
2	Superficial	A	16	9	16	18	16	15
		B	11	9	9	12	9	10
		C	10	10	8	9	8	9
		D	8	10	9	9	9	9
		E	6	8	6	8	7	7
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	39	37	33	35	36	36
		B	33	36	39	32	30	34
		C	30	33	30	31	31	31
		D	39	35	36	38	39	37
		E	27	33	34	35	31	32
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	85	83	91	88	86	87
		B	77	82	77	78	76	78
		C	87	81	84	80	82	83
		D	77	71	74	70	72	73
		E	82	85	83	81	88	84
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	54	52	56	52	51	53
		B	62	61	59	60	63	61
		C	45	42	43	41	44	43
		D	51	56	52	59	52	54
		E	61	58	63	53	60	59
			1º Área	2º Área	3º Área	4º Área	5º Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	55	54	59	61	56	57
		B	53	56	53	58	55	55
		C	56	54	52	52	51	53
		D	61	61	65	64	64	63
		E	58	56	55	61	55	57

Tabela 18 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 3, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Lingual

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
3	Superficial	A	17	19	20	17	17	18
		B	12	14	15	12	12	13
		C	14	16	17	14	14	15
		D	14	12	12	15	12	13
		E	17	19	10	17	17	16
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	24	30	29	26	31	28
		B	28	32	34	36	35	33
		C	27	33	35	34	31	32
		D	36	33	33	36	35	35
		E	33	35	34	27	31	32
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	73	67	71	68	66	69
		B	62	68	64	68	63	65
		C	65	64	61	64	61	63
		D	72	78	71	75	73	74
		E	62	65	62	65	66	64
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	64	61	65	61	64	63
		B	61	59	56	59	55	58
		C	60	62	60	57	56	59
		D	59	60	63	62	60	61
		E	51	49	47	51	47	49
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	62	64	63	69	67	65
		B	62	61	63	60	59	61
		C	66	71	67	73	68	69
		D	76	60	65	72	67	68
		E	63	59	63	64	61	62

Tabela 19 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 4, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Lingual

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
4	Superficial	A	13	11	11	14	11	12
		B	19	17	17	10	17	16
		C	13	16	13	15	13	14
		D	12	12	15	12	14	13
		E	9	11	9	12	9	10
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	33	35	35	36	36	35
		B	29	26	31	24	25	27
		C	27	33	34	31	35	32
		D	34	28	32	36	35	33
		E	37	41	39	37	36	38
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	64	63	59	63	61	62
		B	60	57	60	62	56	59
		C	66	71	65	69	64	67
		D	62	56	60	60	57	59
		E	61	64	65	61	64	63
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	47	48	47	46	45	47
		B	42	41	43	44	45	43
		C	52	49	52	52	50	51
		D	52	52	50	52	49	51
		E	46	47	49	51	52	49
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	61	64	61	65	64	63
		B	65	69	71	63	67	67
		C	65	62	66	62	65	64
		D	63	60	63	60	64	62
		E	65	62	64	62	63	64

Tabela 20 - Molar Inferior. Números originais de túbulos de dentina das cinco áreas de 50 μm^2 (0,0025mm²) das cinco fotomicrografias do dente n.o 5, de cada profundidade de dentina.

Molar Inferior - Face Lingual

Dente	Profundidade	Foto	1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
5	Superficial	A	19	17	16	11	17	16
		B	12	15	12	14	12	13
		C	15	12	12	14	12	12
		D	16	14	14	15	16	15
		E	13	15	14	13	15	14
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	0,5 mm	A	24	30	29	26	31	28
		B	30	25	28	29	23	27
		C	33	28	31	33	30	31
		D	24	29	25	31	26	27
		E	33	34	27	35	31	32
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,0 mm	A	54	56	61	59	55	57
		B	60	65	64	65	64	63
		C	53	58	53	57	54	55
		D	56	62	60	57	60	59
		E	61	62	59	60	63	61
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	1,5 mm	A	61	64	61	65	64	63
		B	60	58	53	61	63	59
		C	60	62	61	59	63	61
		D	60	62	61	59	63	61
		E	68	64	62	63	68	65
			1° Área	2° Área	3° Área	4° Área	5° Área	Média/0,0025 mm ²
	2,0 mm	A	48	45	47	52	53	49
		B	40	44	39	42	40	41
		C	46	48	44	47	45	46
		D	44	45	42	43	41	43
		E	52	50	43	51	49	47

APÊNDICE B - Face Vestibular. Médias do n.o de túbulos/50 μm^2 das profundidades de dentina.

Tabela 1

Dentina Superficial										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	34	29	32	27	33	33	35	34	32	36
2	40	45	43	39	43	35	37	43	34	36
3	45	47	42	44	47	32	26	27	28	27
4	35	36	37	38	44	27	32	33	38	30
5	37	42	35	39	32	35	32	27	30	31
Média Geral =38,6						Média Geral =32,4				

Tabela 2

Dentina 0,5 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	49	45	34	39	43	48	42	45	38	37
2	43	45	42	44	41	47	45	54	40	39
3	45	47	43	47	43	43	42	47	43	40
4	41	43	42	38	41	48	40	39	42	41
5	47	45	46	47	50	48	52	48	40	47
Média Geral =43,6						Média Geral =43,8				

Tabela 3

Dentina 1,0 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	52	53	55	49	51	45	47	43	46	44
2	43	45	42	44	41	42	43	49	32	48
3	45	47	43	47	43	48	51	54	55	52
4	41	43	42	38	41	49	53	52	54	52
5	45	46	47	50	47	48	51	41	49	56
Média Geral =43,6						Média Geral =48,2				

Tabela 4

Dentina 1,5 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	64	59	65	64	60	43	42	39	44	46
2	61	63	59	65	57	48	45	43	53	41
3	58	54	57	59	62	47	44	47	46	41
4	64	67	61	63	65	39	47	48	52	49
5	69	71	67	72	66	54	57	49	51	59
Média Geral =62,8						Média Geral =47				

Tabela 5

Dentina 2,0 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	55	58	52	53	57	45	38	42	46	44
2	57	55	58	56	59	47	49	56	48	45
3	65	69	67	61	63	48	51	52	55	54
4	64	67	65	63	61	47	53	49	50	51
5	45	47	43	45	45	41	43	46	43	47
Média Geral =65,4						Média Geral =48,2				

APÊNDICE C - Face Palatina/Lingual. Médias de n.o de túbulos/50 μm^2 das profundidades de dentina.

Tabela 1

Dentina Superficial										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	33	32	31	34	35	18	21	17	18	16
2	35	29	37	42	32	15	10	9	9	7
3	41	43	40	39	42	15	13	15	13	16
4	37	39	35	36	38	12	16	14	13	10
5	43	39	41	47	45	16	13	12	15	14
Média Geral = 37,8						Média Geral = 14				

Tabela 2

Dentina 0,5 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	48	49	46	51	46	27	28	26	17	37
2	53	51	55	57	49	36	34	31	37	32
3	57	56	58	54	60	28	33	32	35	32
4	63	65	61	67	59	35	27	32	33	38
5	57	61	62	54	51	28	27	31	27	32
Média Geral = 55,6						Média Geral = 31				

Tabela 3

Dentina 1,0 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	49	51	48	49	48	73	77	63	76	71
2	39	43	38	37	38	87	78	83	73	84
3	44	47	41	47	41	69	65	63	74	64
4	39	42	37	40	37	62	59	67	59	63
5	43	39	42	45	46	57	63	55	59	61
Média Geral = 42,8						Média Geral = 88,2				

Tabela 4

Dentina 1,5 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	32	42	35	36	35	66	59	57	66	77
2	42	45	38	43	42	53	61	43	54	59
3	41	39	43	39	43	63	58	59	61	49
4	49	32	47	48	49	47	43	51	51	49
5	51	49	53	52	50	63	59	61	57	65
Média Geral = 44,8						Média Geral = 57,2				

Tabela 5

Dentina 2,0 mm profunda										
Molar Superior						Molar Inferior				
Fotomicrografias						Fotomicrografias				
Dente	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	25	27	22	26	25	55	51	56	58	55
2	28	25	31	29	27	57	55	53	63	57
3	33	35	32	34	31	65	61	69	68	62
4	39	42	37	36	41	63	67	64	62	64
5	29	32	26	28	30	49	41	46	42	47
Média Geral = 30,8						Média Geral = 57,2				

APÊNDICE D - Médias Gerais do n.o de túbulos/0,0025 mm² das profundidades de dentina.

Tabela 1 - Molares superiores. Faces Vestibular e Palatina.

Molar Superior										
Face Vestibular						Face Palatina				
Dente						Dente				
Profundidade	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Superficial	31	42	45	38	37	35	35	36	34	35
0,5 mm	42	43	45	41	47	39	44	43	41	43
1,0 mm	52	49	55	53	57	48	46	46	47	48
1,5 mm	62	61	58	64	69	40	43	43	41	43
2.0 mm	67	59	67	65	69	38	37	38	40	37

Tabela 2 - Molares inferiores. Faces Vestibular e Palatina.

Molar Inferior										
Face Vestibular						Face Lingual				
Dente						Dente				
Profundidade	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Superficial	34	37	28	32	31	18	10	15	13	14
0,5 mm	42	45	43	42	47	27	34	32	33	29
1,0 mm	45	43	52	49	52	72	81	67	62	59
1,5 mm	43	46	47	45	54	65	54	58	48	61
2,0 mm	43	49	52	50	44	55	57	65	64	45

APÊNDICE F - Resistência ao cisalhamento da dentina. Valores médios em MPa de interações triplas.

Tabela 1 - Molares Superiores. Valores médios da resistência adesiva (MPa) da dentina e desvios-padrões da interação *face vestibular X profundidade de dentina X sistema adesivo*.

Face Dental Vestibular					
Adesivo	Profundidade da dentina				
	Superf.	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Adper Single Bond	23,50 (±4,22)	18,80 (±4,64)	14,22 (±3,15)	9,25 (±2,29)	9,65 (±3,08)
Xeno III	20,14 (±4,66)	21,08 (±3,92)	20,12 (±6,31)	19,54 (±4,17)	15,55 (±5,48)
Clearfil SE	24,08 (±3,36)	14,68 (±3,30)	10,29 (±3,43)	14,07 (±5,39)	12,78 (±3,81)
Adper Prompt L-Pop	23,31 (±3,85)	16,19 (±2,37)	12,68 (±1,70)	11,91 (±2,76)	9,88 (±1,48)

Tabela 2 - Molares Superiores. Valores médios da resistência adesiva (MPa) da dentina e desvios-padrões da interação *face palatina X profundidade de dentina X sistema adesivo*.

Face Dental Lingual					
Adesivo	Profundidade da dentina				
	Superf.	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Adper Single Bond	21,87 (±3,53)	16,41 (±1,75)	13,48 (±3,10)	9,70 (±3,75)	9,85 (±3,19)
Xeno III	18,19 (±3,88)	21,76 (±4,24)	22,13 (±6,65)	22,74 (±5,69)	22,46 (±3,97)
Clearfil SE	20,34 (±4,05)	13,87 (±1,91)	11,36 (±3,02)	14,94 (±5,07)	11,73 (±3,23)
Adper Prompt L-Pop	22,08 (±4,13)	17,18 (±1,60)	12,33 (±1,98)	11,83 (±2,55)	10,58 (±2,55)

Tabela 3 - Molares Inferiores. Valores médios da resistência adesiva (MPa) da dentina e desvios-padrões da interação *face vestibular X profundidade de dentina X sistema adesivo*.

Face Dental Vestibular					
Adesivo	Profundidade da dentina				
	Superf.	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Adper Single Bond	24,82 ($\pm 3,97$)	21,77 ($\pm 4,36$)	18,15 ($\pm 3,56$)	14,65 ($\pm 3,26$)	12,72 ($\pm 3,79$)
Xeno III	19,79 ($\pm 2,40$)	19,07 ($\pm 2,70$)	20,34 ($\pm 5,48$)	19,72 ($\pm 5,25$)	20,52 ($\pm 4,73$)
Clearfil SE	20,87 ($\pm 2,27$)	20,38 ($\pm 1,72$)	18,44 ($\pm 2,20$)	18,78 ($\pm 1,63$)	16,29 ($\pm 1,78$)
Adper Prompt L-Pop	18,08 ($\pm 2,24$)	15,51 ($\pm 2,33$)	11,22 ($\pm 1,38$)	110,55 ($\pm 1,48$)	8,63 ($\pm 1,78$)

Tabela 4 - Molares Inferiores. Valores médios da resistência adesiva (MPa) da dentina e desvios-padrões da interação *face lingual X profundidade de dentina X sistema adesivo*.

Face Dental Lingual					
Adesivo	Profundidade da dentina				
	Superf.	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Adper Single Bond	19,38 ($\pm 2,44$)	17,58 ($\pm 3,23$)	15,77 ($\pm 3,60$)	12,08 ($\pm 1,98$)	13,56 ($\pm 5,61$)
Xeno III	19,53 ($\pm 1,44$)	19,36 ($\pm 2,93$)	20,91 ($\pm 2,15$)	21,27 ($\pm 3,71$)	20,48 ($\pm 3,14$)
Clearfil SE	21,58 ($\pm 3,56$)	19,03 ($\pm 2,94$)	14,41 ($\pm 1,99$)	18,91 ($\pm 2,29$)	16,36 ($\pm 1,75$)
Adper Prompt L-Pop	19,05 ($\pm 3,51$)	14,63 ($\pm 2,60$)	10,65 ($\pm 1,35$)	9,74 ($\pm 1,16$)	8,57 ($\pm 1,13$)