

EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS PARA A ADESÃO DE BRÁQUETES CERÂMICOS A DIFERENTES SUBSTRATOS ODONTOLÓGICOS

Scientific evidences for bonding of ceramic brackets to different dental substrates

Alvaro Della Bona¹
Luís Antônio Di Guida²

¹Especialista em Prótese Dentária e DTM, Mestre em Odontologia Restauradora, Research fellow em biomateriais, Doutor em Ciências dos Materiais e Engenharia: Biomateriais, Professor titular do PPGOdonto-UPF.

²Especialista em Ortodontia e Ortopedia facial, Mestrando em Odontologia pelo PPGOdonto-UPF, Passo Fundo, RS.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

RESUMO

Introdução: Existe uma grande demanda por tratamento ortodôntico em pacientes adultos, que requerem frequentemente uma adequada adesão de bráquetes a vários substratos, além do esmalte dental, tais como: porcelanas, ligas metálicas, amálgama, ouro, dentina, resinas compostas e acrílicas. **Objetivo:** Apresentar revisão da literatura sobre os mecanismos adesivos empregados para a adesão de bráquetes cerâmicos aos diversos substratos encontrados na clínica odontológica e as propriedades dos bráquetes cerâmicos, sugerindo protocolos adesivos com base em evidências. **Métodos:** A pesquisa foi realizada na base de dados PubMed, em artigos publicados a partir de 1986, incluindo aos temas: bráquetes cerâmicos e resistência de união em ortodontia. **Resultados:** A estética e a biocompatibilidade foram reportadas como as maiores vantagens dos bráquetes cerâmicos. As principais limitações foram a necessidade de utilização de

Recebido em: 20/06/2014
Aceito em: 30/10/2014

um agente de união (ex. silano) para a adesão química aos adesivos resinosos, a elevada resistência friccional oferecida aos arcos metálicos (prejudicando a mecânica de deslizamento) e o desgaste dentário em caso de contato entre bráquete e dente (antagonista). **Conclusão:** A adesão (resistência de união, em MPa) dos bráquetes deve ser suficientemente elevada para resistir à descolagem espontânea, suportar os esforços mastigatórios e cargas parafuncionais eventuais, além de absorver os estresses exercidos pelo arco ortodôntico no controle tridimensional do dente. Ao mesmo tempo, deve ser suficientemente baixa para evitar a transmissão de estresse elevado ao substrato, na remoção do bráquete ao final do tratamento.

Palavras-chave: cerâmica; resistência de materiais; bráquetes ortodônticos

ABSTRACT

Introduction: *There is a high demand for orthodontic treatment in adult patients, who often require a proper adhesion of brackets to various substrates in addition to enamel, such as: porcelain, metal alloys, amalgam, gold, dentin, composite resins and acrylic.*

Objective: *To present a comprehensive literature review on the bonding mechanisms used to bond ceramic brackets to various substrates found in the dental clinic and the properties of ceramic brackets, suggesting bonding protocols grounded on Evidence-based dentistry.* **Methods:** *The search was done in the PubMed database considering published papers from 1986 on ceramic brackets and bond strength in orthodontics.* **Results:** *Biocompatibility and esthetics were reported as the major advantages of ceramic brackets. The main limitations were the need to use a bonding agent (e.g. silane) for chemical bond to the resin-based adhesives, the high frictional resistance offered by the metal arches (impairing the sliding mechanics) and the opposing tooth wear in case of contact between bracket and tooth.* **Conclusion:** *Brackets adhesion (bond strength, in MPa) should be high enough to resist spontaneous debonding, to withstand the masticatory forces and any parafunctional loads, in addition to absorbing the stresses generated by the orthodontic arch in the three-dimensional control of the tooth. At the same time, it should be low enough to avoid the transmission of high stresses to the substrate on debonding the bracket at the end of treatment.*

Key words: *ceramics; material strength; orthodontic brackets*

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

INTRODUÇÃO

Biomecanicamente, a presença de uma interface estável bráquete-adesivo é importante para transferir a força adequada aos dentes e necessária para promover a sua movimentação (BURSTONE, 1994). Portanto, a união de bráquetes ortodônticos têm sido muito investigada desde a introdução da colagem direta com sistemas adesivos (FINNEMA, *et al*, 2010; ÖZTURK, *et al*, 2008; PROFFIT, 2008; ZACHRISSON, 1994) uma vez que essa técnica provoca alterações na superfície do substrato dental (AJLOUNIA, *et al*, 2005; ALHAIJA e AL-WAHADNI, 2007; ELIADES e BRANTLEY, 2000; FINNEMA, *et al*, 2010; FLORES *et al*, 1990; KLOCKE e KAHL-NIECKE, 2005; OGAARD, *et al*. 2004; URABE *et al*, 1999). Além disso, a ortodontia em adultos apresenta, frequentemente, a necessidade de colar bráquetes ortodônticos a outros substratos, tais como: porcelanas, ligas metálicas, amálgama, ouro, dentina, resinas compostas e acrílicas (AJLOUNIA, *et al*, 2005; ALHAIJA e AL-WAHADNI, 2007; FINNEMA, *et al*, 2010; GANGE, 2001; KOKADERELI *et al*, 2001; McCABE e WALLS, 2006; URABE, 1999). Não obstante, estes pacientes demandam aparelhos ortodônticos esteticamente mais agradáveis, colocando os bráquetes cerâmicos em evidência (AJLOUNIA, *et al*, 2005; ALHAIJA e AL-WAHADNI, 2007; FLORES e CARUSO, 1990; KOKADERELI *et al*, 2001; OGAARD, *et al*. 2004; URABE *et al*, 1999).

MÉTODOS

Esse estudo tem o objetivo de apresentar uma revisão de literatura, ilustrada por casos clínicos, sobre os mecanismos adesivos utilizados para a colagem de bráquetes ortodônticos cerâmicos aos substratos relevantes para o tratamento ortodôntico. Portanto, foi realizada busca na base de dados PubMed, a partir de 1986, referente aos temas: adesão de bráquetes metálicos e cerâmicos e resistência de união em ortodontia.

Mecanismos de adesão dos bráquetes aos substratos

Adesivos são utilizados para unir superfícies (substratos, aderentes). Contudo, há substratos que desafiam a adesão química, incentivando o uso de agentes de união (*coupling agentes*), como por exem-

plo os silanos (DELLA BONA, 2009; McCABE e WALLS, 2006). Assim, a adesão pode ser química, quando há afinidade química entre adesivo e aderente, e mecânica, quando há imbricamento mecânico entre o adesivo e a superfície rugosa e retentiva do aderente. Nos mecanismos de retenção mecânica é necessário boa molhabilidade superficial do aderente pelo adesivo, que deve tomar presa para estabelecer a união. O grau de molhabilidade do substrato é controlado pelas energias de superfície do adesivo e do aderente (DELLA BONA, 2009). Não obstante, a energia de superfície do aderente pode ser melhorada com o uso de condicionadores (*primers*) que atuam modificando a superfície do aderente, facilitando a adesão, como o ácido fosfórico para esmalte e dentina e, o ácido fluorídrico para as porcelanas. Além disso, a alteração da topografia por condicionamento ácido ou jateamento com partículas, também resulta em aumento na área total de superfície e no potencial adesivo (DELLA BONA, 2009). Portanto, em ortodontia, os mecanismos adesivos estão envolvidos nas duas interfaces: (1) da união do bráquete com a resina e, (2) do substrato com a resina. Assim, essa revisão apresenta, a seguir, as propriedades dos bráquetes cerâmicos e seus mecanismos de união aos diversos substratos de relevância clínica.

Bráquetes cerâmicos

As propriedades das cerâmicas importantes para a ortodontia, incluem a estética, baixa densidade, resistência ao desgaste, alta dureza, inércia química, resistência à tração, tenacidade à fratura, excelente resistência à corrosão sob estresse e resistência à carga, todas elas necessárias para a confiabilidade estrutural (DELLA BONA, 2009; DELLA BONA *et al*, 2004; FLORES *et al*, 1990; JOHNSON *et al*, 2005; KARAMOUZOS *et al*, 1997). Além disso, todos os bráquetes cerâmicos atualmente disponíveis são compostos de alumina (óxido de alumínio) que pode ser monocristalina ou policristalina, contudo, são de difícil união química direta aos adesivos utilizados para a colagem ortodôntica (GAUTAN e VALIATAN, 2007; KARAMOUZOS *et al*, 1997). Por isso, um componente vítreo é adicionado às bases dos bráquetes, que passam a ter a possibilidade de serem tratadas com um agente de união silano. A união química do silano com o vidro deixa uma extremidade livre com moléculas que reagem com qualquer um dos materiais adesivos a base de resina. Sabe-se que a resistência de união é mais elevada nos bráquetes que utilizam a união química (bases retentivas silanizadas), do que aqueles que contam somente com bases mecanicamente retentivas, que por sua

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

vez demonstram resistência de união comparáveis com a dos bráquetes de metal (BISHARA, *et al*, 1999, GAUTAN e VALIATAN, 2007). Não obstante, os primeiros bráquetes cerâmicos utilizavam somente retenção química, através de um agente de união silano, e resultavam em uma união muito forte, que ocasionava estresse na interface esmalte-adesivo (favorável à fratura e trincas de esmalte) durante a descolagem (KARAMOUZOS *et al*, 1997; OGAARD *et al*, 2004).

Adesão ao esmalte dentário

A superfície do esmalte é lisa e possui pouco potencial para a união mecânica, porém com o condicionamento usando ácido fosfórico, ela é modificada, estando adequada para a união micromecânica com a resina de colagem ortodôntica (McCABE e WALLS, 2006; PROFFIT, 2008; ZACHRISSON, 1994). Nesse sentido, há três fatores que afetam a resistência de união entre o bráquete e o esmalte, quais sejam: o mecanismo de retenção da base do bráquete, o sistema adesivo e a preparação da superfície dentária (FINNEMA *et al*, 2010; URABE, *et al*, 1999). Portanto, o desenvolvimento da técnica do ataque ácido por Buonocore (1955) e a união de bráquetes ortodônticos por Newman (1965), revolucionaram a prática da ortodontia, pois a colagem ortodôntica ao esmalte resultou em maior conforto para o paciente, eliminação da necessidade de separação dentária, diminuição da irritação gengival, estética e higienização melhoradas e, redução no tempo de cadeira, tendo substituído eficazmente a bandagem ortodôntica, em situações indicadas (PROFFIT, 2008; ZACHRISSON, 1994; FINNEMA *et al*, 2010). Por conseguinte, a colagem direta de bráquetes ortodônticos ao esmalte dental (Figura 1) tem sido amplamente aceita em razão de sua facilidade e eficácia.



Figura 1-Vistas frontal (A) e lateral (B) de bráquetes cerâmicos policristalinos (Transcend 3M slot 0.018) aderidos ao esmalte dental.

Adesão à dentina

No tratamento ortodôntico de pacientes adultos, a dentina faz parte dos substratos clinicamente associados à união ortodôntica, em situações de abfração, erosões e abrasões. Essa união depende de sistemas adesivos dentinários, que apresentam as mais variadas formas de apresentação.

Os sistemas adesivos multicomponentes (de três passos: ácido, *primer*, adesivo) ainda são considerados o “padrão ouro” da adesão a dentina (RODRIGUES JR, *et al*, 2009; CONCEIÇÃO, 2007; BARATIERI, 2010). Nos sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos (*primer* ácido e agente adesivo), o *primer* modifica os substratos dentais, não removendo a lama dentinária, mas modificando-a para tornar-se uma camada híbrida com a aplicação do adesivo. Nos sistemas adesivos autocondicionantes de passo único, todos os componentes (ácido, *primer*, adesivo) são aplicados em conjunto, podendo ser comercializados em frasco único ou em dois frascos (para serem ativados), sendo a lama dentinária também incorporada à camada híbrida (CONCEIÇÃO, 2007; BARATIERI, 2010; SAGAGUCHI e POWERS, 2012). Em qualquer situação, quando o ácido fosfórico (30-40%) for utilizado para condicionar a dentina, na maioria dos casos, ele tem a função de remover a lama dentinária, acompanhada da dissolução mineral superficial e exposição das fibras colágenas, aumentando assim a embocadura dos túbulos, permitindo o afloramento do fluido dentinário. Portanto, se a dentina for seca com jatos de ar, a rede colágena colapsa, impedindo a penetração do adesivo (VAN NOORT, 2002; JACQUES e HEBLING, 2005, BARATIERI, 2010). A molhabilidade dos *primers* e resinas na superfície da dentina desmineralizada é essencial para a formação da camada híbrida. Portanto, essa é uma função do grupo hidrofílico na molécula do *primer* e, também, da presença de um solvente volátil, como a acetona, que antes da polimerização da resina, afasta a água da superfície porosa da dentina, também podendo ser utilizado um *primer* aquoso cuja difusão permite o preenchimento pelo *primer* e pela resina. Além disso, alguns sistemas adesivos dentinários que formam a camada híbrida, tais como, a associação entre ácido fosfórico e a PENTA (resina acrílica fosfata modificada) aplicada em dentina úmida e, o éster penta acrilato fosfonado, podem produzir valores de resistência de união acima de 20 MPa (SAKAGUCHI e POWERS, 2012; McCABE e WALLS, 2006). Não obstante, sistemas adesivos de esmalte e dentina da 4ª geração, como por exemplo o All-Bond 2, usam *primer* dual hidrofílico que se une mecanicamente à dentina com forças de união

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

superiores a 30 MPa (McCABE e WALLS, 2006; SAKAGUCHI e POWERS, 2012).

Não obstante, a maioria dos cimentos resinosos requer um sistema adesivo de dentina para promover a adesão, no entanto, possuem um monômero incorporado no adesivo e no cimento resinoso, tais como o hidroxietilmetacrilato (HEMA), o 4 metacriloxietiltrimelitato anidrido (4-META) e/ou um organofosfato, como o 10-metacriloiloxidecametileno (MDP) (ANUSAVICE, 2005). Os sistemas com 4-META adquirem a consistência de um cimento por meio da incorporação de polímeros, não sendo necessária a utilização de um adesivo separadamente (ANUSAVICE, 2005).



Figura 2-A- Lesões de abfração na cervical dos dentes 21 e 13, com dentina exposta ao meio bucal; dentes 12, 11 e 22 apresentam restaurações totais unitárias (coroas) desfavoráveis. **B-** Restaurações dos dentes 21 e 13 usando sistema adesivo e resina composta de micropartículas. Coroas provisórias a base de resina acrílica adaptadas aos dentes 12, 11 e 22. Colagem de bráquetes ortodônticos metálicos sobre tais substratos.

Adesão a materiais restauradores

Pela necessidade que a ortodontia têm em recolocar bráquetes no decorrer do tratamento e de promover o condicionamento de superfície aos substratos (especialmente cerâmicos e metálicos), previamente à colagem inicial dos bráquetes, o microjateamento com: (1) partículas de óxido de alumínio ou (2) partículas de alumina modificadas por sílica (silicatização), desempenham um importante papel, ao remover os resíduos de resina na base dos bráquetes e produzindo microretenções na superfície do substrato, portanto, aumentando a resistência de união em ambos. Na silicatização (sistema Cojet ou Rocatec, 3M ESPE, Seefeld, Germany) as partículas de alumina revestidas por sílica são jateadas sobre as superfícies e formam uma camada reativa de sílica sobre o substrato, favorecendo assim a união química com agentes silano, que formam grupos silanol (-Si-OH) e interagem com grupos methoxi (-Si-O-CH₃) para formar uma rede de siloxano (-Si-O-Si-O-) com a superfície da sílica. Paralelamente, as terminações monoméricas do silano reagem com os grupos metacrilato das resinas adesivas ortodônticas em um processo de polime-

rização de radicais livres, promovendo a união dos bráquetes a estes substratos, finalizando o “ciclo de tratamento adesivo” indicado para estes casos (DELLA BONA *et al*, 2002; DELLA BONA, 2009; DELLA BONA, 2009 b; DELLA BONA, 2004; ÖZCAN *et al*, 2008; QUEIROZ, *et al*, 2012; RODRIGUES Jr *et al*, 2009).



Figura 3 A,B,C,D- Paciente com colagem de bráquetes ortodônticos a diversos substratos, tais como: esmalte, porcelana (dentes 12 e 11) e acrílico (dentes 14, 21, 22 e 23) (AB). Note a preparação para implante nos elementos 46 e 36 (C) e asperização da restauração do amálgama, dente 47 (D), previamente à colagem de tubo nesse dente.

Adesão ao amálgama

Pacientes adultos jovens possuem, frequentemente, restaurações de amálgama nas faces vestibulares de seus dentes posteriores, sendo de relevância clínica a união bem sucedida de bráquetes ortodônticos e tubos bucais nestas superfícies. A união de acessórios ortodônticos ao amálgama dental apresenta boa confiabilidade, a despeito da resistência de união entre resina e amálgama ser menor do que a união entre resina e esmalte dental. A resistência de união de bráquetes ao amálgama, utilizando diferentes adesivos de união para metal, varia de 5.3 a 6.4 MPa (GROSS, *et al*, 1997; OSKOE-EE, *et al*, 2012; ZACHRISSON, 2000 ZACHRISSON, 1994). Não obstante, mecanismos de adesão que utilizam jateamento com micropartículas, laser ER-YAG, adesivos/primers metálicos (ex.: *Alloy Primer*, Kuraray Medical Inc., Okayama, Japan) e cimentos resino-

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

so (ex.: Panavia F, Kuraray Medical Inc. Okayama, Japan) são os mais utilizados para aumentar a resistência de união ao amálgama (ZACHRISON e BUYUKYILMAZ, 1993; ZACHRISSON, 2000; GROSS *et al*, 1997; DELLA BONA e SUMMIT, 1998). Reportam-se bons resultados quando o jateamento intra-oral com partículas de alumina é realizado na superfície do amálgama, seguido da aplicação de um *metal primer* (ex.: Reliance *Metal Primer*, Reliance Orthodontics) que, geralmente, possui molécula polar 4-META que atrai o oxigênio ou grupos hidroxil na camada metálica para formar uniões de hidrogênio (GROSS *et al*, 1997; ZACHRISON e BUYUKYILMAZ, 1993; ZACHRISON, *et al*, 1995). Portanto, as estratégias para o condicionamento de superfície do amálgama mais populares utilizam dois mecanismos adesivos: (1) retenção mecânica (jateamento com partículas ou asperização com brocas diamantadas) e (2) união química, pela interação entre o polimetilmetacrilato (PMMA), o metilmetacrilato (MMA), o 4-META ou o tri-butylborano (TBB), que liberam radicais livres e, em contato com a umidade da superfície, polimerizam o MMA, finalizando o “ciclo de tratamento adesivo” (DELLA BONA, 1998; ZACHRISON, 2000; ZACHRISON e BUYUKYILMAZ, 1993; ZACHRISON, *et al*, 1995).

Adesão ao ouro

A adequada resistência de união ao ouro “*in vitro*” ocorre com várias combinações de tratamentos de superfície e, através da utilização de sistemas adesivos resinosos, atingindo valores de resistência de união comparáveis aos da resina ao esmalte dental. Contudo, os maiores valores de resistência de união foram reportados com o uso do 4-META (*Superbond C&B*) aplicado à superfície áurea microjateada. Além disso, o *primer* All-Bond 2 favorece a união a muitas superfícies restauradas, incluindo ligas metálicas preciosas e não preciosas (ANDREASEN e STIEG, 1988; TAKEYA *et al*, 1988, ZACHRISSON, 2000). Entretanto, a união “*in vivo*” de acessórios ortodônticos a coroas de ouro e de ouro-porcelana, pode ser mais difícil, sendo preconizada a alteração da superfície dos metais preciosos, com produção de óxidos, com aplicação de gallium (Ga) e/ou estanho (Sn) líquido associado com resina contendo 4-META (ZACHRISSON e BUYUKYILMAZ, 1993; TAKEYA *et al*, 1988, SAKAGUCHI e POWERS, 2012; ANDREASEN e STIEG, 1988).

Adesão à resinas composta e acrílica

Há evidências, que o jateamento utilizando partículas de alumina ou partículas modificadas por sílica é efetivo para o tratamento de superfície em restaurações de resina composta, podendo-se extrapolar o mesmo para a colagem direta de bráquetes ortodônticos neste substrato (RODRIGUES, *et al*, 2009). Além disso, podem também, os compósitos (Figura 4A-C) serem asperizados com broca diamantada de granulado fino e, em conjunto com o esmalte, serem tratados com ácido fosfórico para eliminar resíduos e/ou contaminação, melhorando a energia de superfície através da exposição de uma superfície mais limpa, em preparação aos procedimentos adesivos para colagem ortodôntica (MARYANCHIK *et al*, 2010; GEIGER e GORELICK, 1989; GANGE, 2001; RODRIGUES, *et al*, 2009). No entanto, para aumentar a adesão na união de bráquetes ortodônticos ao esmalte fluorótico, hipo-calcificado ou decíduo, bem como a superfícies de metal, compósito e, em casos de contaminação, preconiza-se a utilização de um condicionador a base de metil metacrilato e/ou isobutil metacrilato (ex.: Reliance Plastic Conditioner) ou ainda, um primer específico (ex.: Reliance Enhance booster), associado ao jateamento intraoral com partículas de alumina (ISCI *et al*, 2011; SUMA *et al*, 2012; GANGE, 2001). Não obstante, como já mencionado, o sistema Cojet (CoJet Sand, 3M/ESPE) promove um aumento da área de superfície através da deposição de sílica sobre a superfície do substrato, onde essas microrretenções podem ser associadas a outro mecanismo de união química com a aplicação do agente silano (RODRIGUES *et al*, 2009; DELLA BONA, 2009b; DELLA BONA, 2009; DELLA BONA *et al*, 2000).



Figura 4 A,B e C- Paciente submetida à expansão rápida de maxila com assistência cirúrgica. Disjuntor tipo McNamara com um pântico provisório de resina acrílica unido ao arco ortodôntico que permanecerá no local durante o período de contenção pós-ativação, para promover estética entre os incisivos centrais superiores, enquanto se aguarda a movimentação ortodôntica e tracionamento das fibras periodontais transeptais. É necessário um pequeno espaço entre, pelo menos, uma das superfícies interproximais para permitir a mesialização dos incisivos. A resistência de união do bráquete policristalino (Invu TP Orthodontics) ao provisório de acrílico depende fundamentalmente da técnica adesiva selecionada. **B-** Vista oclusal evidenciando o dente provisório à base de resina de rede

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

interpenetrante de polímero acrílico e os dentes 11, 21 e 22 com coroas cerâmicas unidas a bráquetes cerâmicos policristalinos. **C-** Diastema anterior fechado, com retração anterior esquerda sendo realizada, para correção da linha média, e remoção do provisório após o fechamento do espaço.

Adesão às cerâmicas

O sucesso clínico das restaurações totalmente cerâmicas e a persistente demanda dos pacientes para tratamentos estéticos resultaram no desenvolvimento e introdução de vários sistemas cerâmicos (DELLA BONA, 2009). Em razão disto, uma ampla gama de cerâmicas está disponível no mercado com indicação para restaurações *inlays*, *onlays*, coroas, pontes parciais fixas e implantes (DELLA BONA e ANUSAVICE, 2002, DELLA BONA, 2009; ZACHRISSON *et al*, 1996). Além disso, a caracterização das cerâmicas dentais pode ser útil para propósitos ortodônticos práticos, quando da união de bráquetes a essa superfície (ANUSAVICE, 2005; ZACHRISSON *et al*, 1996). Essencialmente, as cerâmicas podem ser classificadas em: (1) porcelanas a base de sílica (ex.: feldspática); (2) vitro-cerâmicas (ex.: a base de dissilicato de lítio); (3) cerâmicas infiltradas por vidro e (4) cerâmicas policristalinas densamente sinterizadas (a base de alumina ou zircônia). Estas últimas são utilizadas como material de infraestrutura e não são aplicáveis para a união ortodôntica (DELLA BONA, 2009; DONASSOLO, *et al*, 2009; SARAÇ, *et al*, 2011). Idealmente, a colagem e a posterior remoção do bráquete não devem ocasionar danos à superfície cerâmica que comprometam a estética, a resistência e a longevidade das restaurações, tampouco ocasionem fraturas no bráquete (KUKIATTRAKOON e SAMRU-AJBENKAKU, 2010; ATSÛ, *et al*, 2006).

Além disso, a colagem bem sucedida de um bráquete a uma superfície cerâmica requer algum mecanismo de união, usualmente facilitado pela alteração mecânica do substrato por meio de condicionamento ácido ou jateamento da superfície com partículas de alumina, que resultam em aumento na área e energia de superfície e na molhabilidade do substrato, ou seja, diminuição do ângulo de contato entre aderente e adesivo (DELLA BONA *et al*, 2002; DELLA BONA e ANUSAVICE, 2002, DELLA BONA, 2009; DELLA BONA, 2009). Para a completa molhabilidade da superfície, o adesivo deve ser de baixa viscosidade e possuir tensão superficial menor do que a energia de superfície crítica do substrato. No caso de colagem de bráquete à porcelana, consiste em remover o glaze, criando rugosidades para a retenção mecânica do bráquete, sendo o grande inconveniente, a descolagem compulsória ao final do tratamento, que pode levar

à lascas, fraturas e trincas do bráquete e da restauração (AJLOUNIA *et al*, 2005; HERION *et al*, 2010; WHITLOCK III, *et al*, 1994).

Não obstante, o ortodontista é desafiado a unir adesivamente bráquetes ortodônticos a diferentes restaurações cerâmicas. Portanto, quando do tratamento da superfície cerâmica para a união ortodôntica, o profissional tem o desafio de diferenciar entre os vários tipos de cerâmicas, o que dificulta a escolha do protocolo mais adequado de condicionamento superficial e técnica adesiva. Nesse sentido, seria importante que o profissional conseguisse diferenciar as cerâmicas entre as ácidorresistentes e as ácidossensíveis que podem ser condicionadas pelos ácidos a base de flúor (ex.: ácido hidrófluorídrico (HF); flúor fosfato acidulado e bifluoreto de amônia). As cerâmicas ácido sensíveis são, seletivamente, atacadas pelo ácido produzindo uma superfície porosa, irregular, que aumenta a área de superfície e facilita a penetração da resina dentro da superfície cerâmica com microretenções, produzindo valores de resistência de união adequados, sendo, assim, um dos métodos de escolha para promover a união entre a resina e porcelanas (ZACHRISSON, *et al*, 1996; DELLA BONA *et al*, 2002; DELLA BONA e ANUSAVICE, 2002; DELLA BONA, 2009; DELLA BONA, 2009b). No entanto, a elevada toxicidade química, a possibilidade de produzir sais de fluoreto insolúveis em sílica que podem interferir com a união da resina, e o fato de que cerâmicas com elevado conteúdo cristalino não se beneficiam do condicionamento com HF, são algumas das razões para as tentativas de eliminar o HF dos procedimentos clínicos de união às cerâmicas (QUEIROZ, *et al*, 2012).

Fica claro que a microestrutura e a composição das cerâmicas são fatores controladores do desenvolvimento de retenção micro-mecânica produzida por condicionadores de superfície. A associação entre condicionamento com ácido fluorídrico e aplicação de silano tem sido reportada como a mais eficaz e resultando nos maiores valores de resistência adesiva entre porcelanas e resinas (DELLA BONA, *et al*, 2002; DELLA BONA e ANUSAVICE, 2002; DELLA BONA, 2009b; DELLA BONA, *et al*, 2004).

Por sua vez, os silanos são utilizados para promover a adesão entre a fase inorgânica da cerâmica e a fase orgânica da resina de colagem, através de uniões tipo siloxano. A adesão entre as cerâmicas dentais e compósitos à base de resina é o resultado de uma interação físico-química através da interface entre o adesivo e o substrato, e parece ser o fator de controle dominante na união química da resina sobre as cerâmicas que possuem fase vítrea (DELLA BONA, *et al*, 2002; DELLA BONA e ANUSAVICE, 2002; DELLA BONA, 2009b; DELLA BONA, *et al*, 2004; QUEIROZ, *et al*, 2012). Além

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

disto, a superfície tratada com silano é conhecida por ser hidrofóbica, sendo a união silano-superfície organofílica ao adesivo, portanto, a molhabilidade da superfície cerâmica pelo adesivo é incrementada pela ação do silano. Por outro lado, a hidrólise do silano diminui o seu desempenho e limita o tempo de vida de uniões adesivas, pois a união de radicais Si-OH na superfície cerâmica ocorre por reação de condensação e, polimerizam juntamente com o adesivo através de uniões duplas de metil metacrilato. Contudo, o procedimento de aquecimento do silano melhora a adesão à resina, pela eliminação da água e outros contaminantes, levando a reação de condensação de superfície silano-sílica em direção ao aumento do número de locais de união disponíveis para a reação, propiciando a formação de ligações covalentes. Portanto, o aquecimento da superfície cerâmica silanizada resulta na evaporação do excesso de silano, do solvente e dos sub-produtos voláteis da reação do silano (QUEIROZ, *et al*, 2012; DELLA BONA, *et al*, 2004).

É reconhecido que a qualidade da adesão usando silanos não depende apenas das suas especificações como o pH e a concentração da solução, a natureza do solvente e o tempo de hidrólise, mas também do protocolo de aplicação que envolve condições de secagem, o tempo entre a aplicação do silano e a resina adesiva, a temperatura e a umidade do ambiente. Não obstante, a evaporação do solvente afeta o potencial de união dos silanos, pois mesmo que uma pequena quantidade de solvente possa ajudar na molhabilidade do silano, a evaporação incompleta pode prejudicar a adesão, podendo isto diminuir o número de reações disponíveis para o silano, comprometendo assim o grau final de formação de uniões siloxano (QUEIROZ, *et al*, 2012; DELLA BONA, *et al*, 2004).

Finalmente, a espessura da película de silano é relevante para a resistência de união entre resina e cerâmica, onde uma quantidade excessiva de silano pode não ser eficiente para fornecer uma união adequada e duradoura, já que em filmes espessos, as propriedades entre as camadas moleculares de silano podem ser prejudicadas (QUEIROZ, *et al*, 2012; DELLA BONA, *et al*, 2004; DELLA BONA, 2009b).

Diante do exposto, pode-se dizer que os procedimentos mais populares de condicionamento de superfície cerâmica para a colagem de bráquete são o jateamento com partículas de óxido de alumínio, a utilização de ácido fluorídrico e a ação dos agentes de união à base de organosilano. A associação desses procedimentos pode resultar em uma superfície áspera, que pode não ser reversível com polimento da superfície após a remoção do bráquete. Contudo, os relatos são controversos em relação aos métodos de repolimento da porcela-

na após a descolagem do bráquete ortodôntico, e também quanto às vantagens da remoção do glaze. Não obstante, relatos mostram que o uso de ácido fosfórico associado ao adesivo e a resina composta, resultam em pouco ou nenhum dano à superfície da porcelana, muito provavelmente devido a baixa união produzida por esse método (DELLA BONA e ANUSAVICE, 2002; DELLA BONA *et al*, 2000; KOKADERELLI *et al*, 2001). No entanto, a utilização do sistema de reparo Clearfil, que contém um primer auto-condicionante, agente silano e um sistema adesivo, resultou em menor dano à superfície da porcelana, mantendo uma adequada média de resistência adesiva (HERION, *et al*, 2010; AJLOUNIA, *et al*, 2005).

No caso de colagem de bráquetes à facetas de porcelana em dentes anteriores, o uso de um agente silano tem sido preconizado, porém não se admite a asperização superficial, pois a combinação do agente silano com a asperização da superfície da porcelana produz uma resistência adesiva que excede a resistência coesiva da porcelana, resultando em grande incidência de fratura da porcelana durante a descolagem do bráquete ortodôntico. Esse tipo de fratura depende, tanto da resistência de união entre porcelana e resina, como da resistência da porcelana à fratura durante a descolagem do bráquete (KAO e JOHNSTON, 1991; KOKICH, 1992; YADAV, *et al*, 2010).

Para finalizar é importante lembrar que a resistência de união de resinas compostas ortodônticas à superfície de porcelana é considerada inadequada quando superior a 13 MPa, pois poderá ocasionar falha coesiva na porcelana, quando da descolagem do bráquete. Diante dessa informação e sabendo que o uso do ácido fluorídrico e agente de união silano produzem uma resistência de união média de 20 MPa entre resina e porcelana, seria incoerente o ortodontista fazer uso dessa técnica na colagem de bráquetes ortodônticos, pois existirá uma grande probabilidade de fratura coesiva da porcelana no momento da descolagem do bráquete (YADAV, *et al*, 2010).

DISCUSSÃO

A grande demanda por odontologia estética e ortodontia em pacientes adultos exige do clínico diversas abordagens para o condicionamento dos substratos e colagem de bráquetes, particularmente em superfícies restauradas com metais, cerâmicas, resinas e compósitos (Figura 3A-D) (ATSÜ *et al*, 2006; KOKADERELLI, *et al*, 2001; ÖZCAN, *et al*, 2008; SAKAGUCHI e POWERS, 2012; ZACHRISSON, 2000). Contudo, a maioria dos ensaios “*in vitro*” de resistência de união confrontam-se com os achados clínicos, revelando diferenças

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

quantitativas que podem ser relevantes e até mesmo contraditórias. Os valores de resistência de união encontrados clinicamente são geralmente menores do que os valores “*in vitro*”, por isso, estes experimentos devem simular os desafios encontrados no ambiente oral (variações de umidade, temperatura e ph, acompanhados da aplicação de forças mastigatórias e parafuncionais), ou seja, mais próximos à realidade clínica, utilizando amostras clinicamente realistas, o que é um desafio para os pesquisadores (FINNEMA, *et al*, 2010; KLOCKE e KAHL-NIEKE, 2005; KLOCKE *et al*, 2003; ZACHRISSON, 2000).

Além disso, nestes pacientes adultos, a dentina faz parte dos substratos clinicamente associados à união ortodôntica, em situações; de abfração, erosões e abrasões. Contudo, a composição heterogênea da dentina torna-a um substrato particularmente difícil de aderir a um adesivo, especialmente quando comparada à união ao esmalte. No entanto, a pressão diferencial entre a polpa e o assoalho dentinário causa o afloramento do fluido dos túbulos dentinários, de forma que não é possível criar uma superfície dentinária seca, de modo a favorecer a adesão (JACQUES e HELBLING, 2005; VAN NOORT, 2002). Por conseguinte, sistemas adesivos resinosos com e sem carga tem sido utilizados para a colagem ortodôntica, sendo aplicados tanto à superfície condicionada do esmalte e demais substratos anteriormente citados, quanto à base do bráquete (McCABE e WALLS, 2006). Mas, em situações de elevada resistência de união, podem ocorrer fraturas, trincas ou delaminação do esmalte e dos referidos substratos durante a descolagem compulsória do bráquete, no desfecho do tratamento compreensivo (OGAARD, *et al*, 2004; ÖZCAN *et al*, 2008, PICKET *et al*, 2001).

Portanto, a adesão dos bráquetes ortodônticos deve ser alta o suficiente para resistir à descolagem espontânea, bem como suportar os esforços mastigatórios e cargas parafuncionais, além das forças transmitidas pelo arco ortodôntico (que exerce estresses no controle tridimensional do dente), porém deve ser suficientemente baixa, para, especialmente, evitar força excessiva quando da descolagem do bráquete e consequente dano ao esmalte e demais substratos odontológicos (ÖZCAN *et al*, 2008; FINNEMA *et al*, 2010). Além disso, a resistência de união entre o esmalte e a resina é da ordem de 16 a 20 MPa, sendo que o esmalte pode resistir a estresses elevados antes de fraturar, dependendo do sentido da carga. Pois, estresses aplicados no sentido do longo eixo dos prismas de esmalte devem exceder 25-30 MPa para induzir fraturas, enquanto que isso pode ocorrer com estresses de, aproximadamente, 13 MPa se a carga aplicada for no sentido perpendicular ou oblíquo dos

prismas de esmalte (OGAARD, *et al*, 2004). Portanto, já está bem definido na literatura de que valores de resistência de união entre 2,8 MPa e 10 MPa são considerados adequados para a ortodontia. Todavia, valores maiores (20-25 MPa) são desejáveis na dentística restauradora para compensar estresses de contração dos compósitos resinosos (OGAARD, *et al*, 2004; McCABE e WALLS, 2006). O ortodontista deve considerar que existe uma polimerização prolongada dos sistemas adesivos, sendo crítico os primeiros 10 minutos após a colagem dos bráquetes, deste modo, é necessária precaução no caso de colocação imediata dos arcos ortodônticos (SANT'ANA *et al*, 2002; HOSSMAND, *et al*, 2002). No entanto, seletivamente, poderia se optar em amarrar o arco posteriormente, permitindo que as ligações adesivas madurem, fornecendo valores de resistência de união mais elevados para resistir às forças transmitidas pelos arcos ao sistema de bráquetes. Portanto, em caso de falha adesiva, a superfície do substrato pode ser asperizada para aumentar a resistência de união, porém a incidência de dano, especialmente no caso de porcelanas, é maior (KOKADERELLI *et al*, 2001; KAO e JOHNSTON, 1991; SANT'ANA *et al*, 2002; KUKIATTRAKOON e SAMRUAJBENJAKU, 2010). Contudo, quando agentes silanos são utilizados na colagem de bráquetes ortodônticos, os valores de resistência de união diminuem com o tempo, podendo significar um número aumentado de falhas de colagem com o progresso do tratamento ortodôntico (SANT'ANA *et al*, 2002; HOSSMAND, *et al*, 2002).

CONCLUSÕES

Para o tratamento ortodôntico ser bem conduzido, um dos princípios básicos é a adesão ótima dos bráquetes para a aplicação das forças aos dentes, mantendo os acessórios aderidos aos substratos ao longo da terapia e, portanto, a sua integridade durante a descolagem, sem danos às superfícies dentárias e restauradas, que devem permanecer com estética e funcionalidade na boca do paciente. Nesse sentido, a colagem de bráquetes à restaurações de porcelana oferecem um desafio adicional, contudo, os demais materiais restauradores, também devem merecer atenção quando do tratamento adesivo para a colagem de bráquetes ortodônticos.

Os bráquetes cerâmicos não apresentam corrosão, portanto, não são alergênicos e, são uma real alternativa para a crescente demanda de pacientes adultos pelos tratamentos de odontologia estética e ortodontia. No entanto, a união ortodôntica para eles é especial-

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. *SALUSVITA*, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

mente sensível à técnica e exige conhecimento da dinâmica entre os diversos substratos odontológicos (aderentes) e dos sistemas adesivos de união, optando-se pelo tratamento adesivo mais adequado, objetivando uma união duradoura durante o tratamento e uma adequada descolagem destes bráquetes. Além disso, a estética e a biocompatibilidade são as maiores vantagens dos bráquetes cerâmicos sobre os metálicos, apesar de estes ainda serem considerados o “padrão ouro”. Porém, os cerâmicos apresentam limitações, tais como: problemas de descolagem, necessidade de um agente de união (ex. silano) para realizar a união química com os adesivos resinosos; elevada resistência friccional com os arcos metálicos e, quando ocorre contato entre o bráquete e o dente, desgaste do elemento antagonista (FLORES *et al*, 1990; GAUTAN e VALLIATN, 2007; BISHARA *et al*, 1999).

Finalmente, existem poucos estudos inter-relacionando a resistência de união dos diversos bráquetes ortodônticos aos mais variados substratos restauradores odontológicos. Além disso, a sua interação, que é a ação recíproca entre estes dois objetos físicos (o substrato e o aderente), deve induzir e incentivar a atuação dos pesquisadores a estabelecer protocolos clínicos adequados e seguros, como demanda a odontologia baseada em evidências científicas.

REFERÊNCIAS

AJLOUNA, R.; BISHARA, S. E.; OONSOMBACT, C.; SOLIMAND, M.; LAFOONE, J. The effect of porcelain surface conditioning on bonding orthodontic brackets. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 75, n. 5, p. 858-864, sep. 2005.

ALHAIJA, E. S.; AL-WAHADNI A. M. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to different ceramic surfaces. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 29, n. 4, p. 386–389, ago. 2007.

ANDREASEN G. F; STIEG M. A Bonding and debonding brackets to porcelain and gold. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 93, n. 4, p. 341-345, apr. 1988.

ANUSAVICE K. J. **Phillips materiais dentários**. 11^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005, 824 p.

ATSÜ, S. S; GELCOR, I. E; SAHIN, V. Effects of silica coating and silane conditioning on the bond strength of metal and ceramic brackets to enamel. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 76, n. 5, p. 857-862, sep. 2006.

BARATIERI, L. N. Adesão aos tecidos dentais. In: Baratieri L. N., *et al.* **Odontologia restauradora: fundamentos e técnicas- volume1**. São Paulo: Santos; 2010. p. 97-111.

BURSTONE, C. J. Aplicação da bioengenharia na ortodontia clínica. In: Graber, T. M; Vanarsdall Jr.R. L. **Ortodontia: princípios e técnicas atuais**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994. p. 213-242.

BISHARA, S. E; OLSEN, M. E; VON WALD, L; JACOBSEN, JR. Comparison of the debonding characteristics of two innovative ceramic bracket designs. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 116, n. 1, p. 86-92, jul. 1999.

CONCEIÇÃO, E. M. Sistemas adesivos. In: Conceição, E. M. **Dentística: saúde e estética**. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 130-145.

CHACONAS, S. J; CAPUTO, A. A; NIU, G.S. Bond strength of ceramic brackets with various bonding systems. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 61, n. 1, p. 35-42, spring 1991.

CHAY, S. H; WONG, S. L; MOHAMED, N; CHIA, A; YAP, A. U. Effects of surface treatment and aging on the bond strength of orthodontic brackets to provisional materials. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 132, n. 5, p. 577 e 7-11, nov. 2007.

DELLA BONA A; ANUSAVICE K. J; DEHOFF P. H. Weibull analysis and flexural strength of hot-pressed core and veneered ceramic structures. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 19, n. 7, p. 662-669, nov. 2003.

DELLA BONA, A; ANUSAVICE, K. J; HODD, J. A. A. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. **Int J Prosthodont.**, Lombard, v. 15, n. 3, p. 248–253, may-jun. 2002.

DELLA BONA, A; ANUSAVICE, K. J. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. **Int J Prosthodont.**, Lombard, v. 15, n. 2, p. 159–167, mar-abr. 2002.

DELLA BONA, A; ANUSAVICE, K. J; SHEN, C. Microtensile strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. **J Adhesive Dent.**, New Malden, v. 2, n. 4, p. 305-313, 2000.

DELLA BONA, A. **Adesão às cerâmicas: evidências científicas para o uso clínico**. São Paulo: 1ª. Ed. Artes Médicas, 2009. 254 p.

DELLA BONA, A. Important aspects of bonding resin to dental ceramics. **J. Adhes. Sci. Technol.**, Utrecht, v. 23, p. 1163–1176, 2009b.

DELLA BONA, A; SHEN, C; ANUSAVICE, K. J. Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 20, n. 4, p. 338-344, may. 2004.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. **SALUSVITA**, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

DELLA BONA, A; SUMMIT, J. B. The effect of amalgam bonding on resistance form of Class II amalgam restorations. **Quintessence Int.**, Berlin, v. 29, n. 2, p. 95-101, 1998.

DONASSOLO T; DEMARCO FF; DELLA BONA A. Resin bond strength to a zirconia-reinforced ceramic after different surface treatments. **Gen Dent.**, Chicago, v. 57, n. 4, p. 374-379, 2009.

ELIADES, T; BRANTLEY, WA. The inappropriateness of conventional orthodontic bond strength assessment protocols. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 22, n. 1, 13-23, feb. 2000.

FINNEMA, K. J; ÖZCAN, M; POST, W. J; REN, Y; DIJKSTRA, P. In- vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 137, n. 5, p. 615-622, may. 2010.

FLORES, D; CARUSO, J; SCOT, G; JEIROUDI, M. T. The fracture strength of ceramic brackets: a comparative study. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 60, n. 4, p. 269-276, 1990.

GANGE, P. A. **Orthodontic Bonding**: In: McNamara Jr, J. A; Brudon, W. L. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Ann Arbor: Needham Press, 2001. p 169-186.

GAUTAN, P; VALIATAN, A. Ceramic Brackets: in search of an ideal! **Trends Biomater Artif Organs.**, Thiruvananthapuram, v. 20, n. 2, 2007.<http://www.sbaoi.org>

GEIGER, A. M; GORELICK, L. Bonded pontics in orthodontics. **J Clin Orthod.**, Boulder, v. 23, n. 8, p. 551-555. aug 1989.

GROSS, M. W; FOLEY, T. F; MAMANDRAS, A. H. Direct bonding to adlloy-treated amalgam. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 112, n. 3, p. 252-258, sep. 1997.

HERION, D. T; FERRACANE, J. L; COVELL Jr, D. A. Porcelain surface alterations and refinishing after use of two orthodontic bonding methods. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 80, n. 1, p. 167-174, Jan. 2010.

HOSMAND, T; VAN NOORT, R; KESHVAD, A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 18, n. 2, p. 179-188, mar. 2002.

ISCI, D; SAGLAN, A. M .S; ALKIS, H; TURK, S. E; TURK, T. Effects of fluorosis on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a self-etching primer. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 33, n. 2, p. 161-166, apr. 2011.

JACQUES, P; HEBLING, J. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer

adhesive system. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 21, n. 2, p. 103-109, fev. 2005.

JOHNSON, G; WALKER, M; KULA, K. Fracture strength of ceramic tie wings subjected to tension. **Angle Orthod**, Appleton, v. 75, n. 1, p. 95-100, Jan. 2005.

KAO, E. C; JOHNSON, W. Fracture incidence on debonding of orthodontic brackets from porcelain veneers. **J Prost Dent.**, St. Louis, v. 66, n. 5, p. 631-637, Nov. 1991.

KARAMOUZOS, A; ATHANASIOU, A; PAPADOULOS, M. A. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 112, n 1, p. 34-40, jul. 1997.

KOKADERELI, I; CANAY, S; AKÇA, K. Tensile bond strength of ceramic orthodontic brackets bonded to porcelain surfaces. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 119, n. 6, p. 617-620, Jun. 2001.

KUKIATTRAKOON, B; SAMRUAJBENJAKU, B. Shear bond strength of ceramic brackets with various base designs bonded to aluminous and fluorapatite ceramics. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 32, n 1, p. 87-93, feb. 2010.

KOKICH, V. What's new in dentistry– Increased potential for fracture when debonding brackets from porcelain veneers. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 62, n. 1, p. 7-8, Mar. 1992.

KLOCKE, A; KAHL-NIEKE, B. Influence of cross-head speed in orthodontic bond strength testing. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 21, n. 2 p. 139-44, feb. 2005.

KLOCKE, A; TADIK, D; KAHL-NIEKE, B; EPPLE, M. An optimized synthetic substrate for orthodontic bond strength testing. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 19, n. 8, p. 773-778, dez. 2003.

MARYANCHIK, I; BRENDLINDER, E. J; FALLIS, D. W; VANDEWALLE, K. S. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to various esthetic pontic materials. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 137, n. 5 p. 684- 689, may. 2010.

MCCABE, J. F; WALLS, A.W. G. **Materiais dentários diretos**. São Paulo: Santos, 2006.

OGAARD, B; BISHARA, S. E; DUSCHNER, H. **Enamel effects during bonding–debonding and treatment with fixed appliances**. In: Graber, T.M.; Eliades, T.; Athanasious A. Risk management in Orthodontics: Expert's guide to malpractice. Carol Stream: Quintessence, 2004. p. 19-46.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. **SALUSVITA**, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

OSKOE, P. A; KACHOEI, M; RIKHTEGARAN, S; FATHALIZADEH, F; NAVIMIPOUR, E. J. Effect of surface treatment with sandblasting and Er, Cr: YSGG laser on bonding of stainless steel orthodontic brackets to silver amalgam. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal.**, Valencia, v. 17, n. 2, p. 292-296, 2012.

ÖZCAN, M; FINNEMA, K; YBEMA, A. Evaluation of failure characteristics and bond strength after ceramic and polycarbonate bracket debonding: effect of bracket base silanization. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 30, n. 2, p. 176-182, apr. 2008.

ÖZTURK, B; MALKOÇ, S; KOYUTURK, A. E; ÇATALBA, B; OZER, F. Influence of different tooth types on the bond strength of two orthodontic adhesive systems. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 30, n. 4, p. 407-412, ago. 2008.

PROFFIT, W. **Aparelhos fixos contemporâneos**. In: Proffit W.; Fields, H.; Sarver DM. Ortodontia contemporânea. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 367-399.

PICKETT, K. L; SADOWSKY, P. L; JACOBSON, A. Orthodontic in Vivo bond strength: comparison with in vitro results. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 71, n. 2, p. 141-148, apr. 2001.

QUEIROZ, J. R. Q; BENETTI, P; ÖZCAN, M; OLIVEIRA, L. F. C; DELLA BONA, A. Surface characterization of feldspathic ceramic using ATR FTIR and ellipsometry after various silanization protocols. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 28, n. 2, p. 189-196, feb. 2012.

RODRIGUES, S. A. Jr; FERRACANE, J. L; DELLA BONA, A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. **Dent Mater.**, Kidlington, v. 25, n. 4 p. 442-451, apr. 2009.

SAKAGUCHI, R. L; POWERS, J. **Craig materiais dentários restauradores**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 416 p.

SAMRUAJBENJAKUL, B; KUKIATTRAKOON, B. Shear bond strength of ceramic brackets with different base designs to feldspathic porcelains. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 79, n.3 p. 571-576, may. 2009.

SANT'ANNA, E. F; MONNERAT, M. E; CHEVITARESE, E, STUANI, M. B. S. Bonding Brackets to Porcelain-*in vitro* study. **Braz Dent J.**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 3, p. 191-196, 2002.

SARAÇ, Y. S; KÜLÜNK, T; ELEDAKQ-TÜR, S; TURK, T. Effects of surface-conditioning methods on shear bond strength of brackets bonded to different all-ceramic materials. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 33, n. 6, p. 667-672, dec. 2011.

SUMA, S; ANITA, G; CHANDRA-SHEKAR, B. R; KALLURY, A. The effect of air abrasion on the retention of metallic brackets bonded to fluorosed enamel surface. **Indian J Dent Res.**, Ahmedabad, v. 23, n. 2, p. 230-235, mar-abr. 2012.

SWARTZ, M. L. Ceramic brackets. **J Clin Orthod.**, Boulder, v. 22, n. 2, p. 82-88, feb. 1988.

TAKEYA, M; MURAKAMI, N; UNEMORI, M; MOTOMURA, M; YAMAMOTO, Y. Surface preparation of the dental Au-Ag-Pd alloy for improving adhesion to 4-META/MMA-TBB resin cement. **Dent Mater J.**, Tokyo, v. 7, n. 1, p. 94-110, jun. 1988.

TÜRKKAHRAMAN, H; KÜÇÜKESMEN, H.C. Porcelain surface-conditioning techniques and the shear bond strength of ceramic brackets. **Eur J Orthod.**, Oxford, v. 28, n. 5, p. 440-443, oct. 2006.

URABE, H; ROSSOUW, P. E; TITLEY, K. C; YAMIN, C. Combinations of etchants, composite resins, and bracket systems: an important choice in orthodontic bonding procedures. **Angle Orthod.**, Appleton, n. 69, n. 3, p. 267- 275, jun. 1999.

VANARSDALL, R; MUSICH, D. R. **Ortodontia em adultos: diagnóstico e tratamento.** In: Graber, T. M; Vanarsdall Jr, R.L. Ortodontia: Princípios e técnicas atuais. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994. p. 697-778.

VAN NOORT, R. **Adesão ao esmalte e à dentina.** In: Van Noort R. Introdução aos materiais dentários. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002, p. 175-195.

WHITLOCK III, BO; EICK, D; ACKERMAN Jr, R. J; GLAROS, A. G; CHAPPELL, R. P. Shear strength of ceramic brackets bonded to porcelain. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 106, n. 4, p. 358-64, oct. 1994.

YADAV, S; UPADHYAY, M; BORGES, G. A; ROBERTS, W. E. Influence of ceramic (feldspathic) surface treatments on the micro-shear bond strength of composite resin. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 80, n. 4, p. 765-770, jul. 2010.

ZACHRISSON, B. V. Orthodontic bonding to artificial tooth surfaces: clinical versus laboratory findings. **Am J Orthod Dentofac Orthop.**, St. Louis, v. 117, n. 5, p. 592-594, may. 2000.

ZACHRISSON, B. V. **Colagem em ortodontia.** In: Graber, T. M; Vanarsdall Jr, R. L. Ortodontia: Princípios e técnicas atuais. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994. p. 498-578.

BONA, Alvaro Della e GUIDA, Luís Antônio Di. Evidências científicas para a adesão de bráquetes cerâmicos a diferentes substratos odontológicos. **SALUSVITA**, Bauru, v. 33, n. 3, p. 365-387, 2014.

BONA, Alvaro Della e
GUIDA, Luís Antônio
Di. Evidências científicas
para a adesão de
bráquetes cerâmicos
a diferentes substratos
odontológicos.
SALUSVITA, Bauru, v. 33,
n. 3, p. 365-387, 2014.

ZACHRISSON, B. V; BUYUKYILMAZ, T. Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. **J Clin Orthod.**, Boulder, v. 27, n. 12, p. 661-75, 1993.

ZACHRISSON, B. V; BUYUKYILMAZ, T; ZACHRISSON, Y. O. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 65, n. 1, p. 35-42, 1995.

ZACHRISSON, Y.O; ZACHRISSON, B; BUYUKYILMAZ, T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. **Am J Orthod Dentof Orthop.**, St. Louis, v. 109, n. 4, p. 420-430, abr. 1996.