

SISTEMAS ADESIVOS UNIVERSAIS: UM PANORAMA DO ESTADO DA ARTE

UNIVERSAL ADHESIVE SYSTEMS: A STATE-OF-THE-ART OVERVIEW

Edvaldo Fernandes Dos Santos¹, Maria Elisa da Silva Nunes Gomes Miranda²,
Cristiane Soares Mota³

RESUMO

Os sistemas adesivos têm papel fundamental na adesão de materiais restauradores aos substratos dentários. Para que esta adesão seja cada vez mais eficaz e duradoura, estes materiais encontram-se em constante evolução buscando a simplificação de passos clínicos e diminuição da sensibilidade da técnica. A mais recente geração de adesivos desenvolvida é a dos adesivos universais, os quais prometem versatilidade e redução de passos clínicos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre os adesivos universais e suas características. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de uma busca eletrônica na base de dados Pubmed. A literatura mostra que estes adesivos ligam-se quimicamente aos substratos dentários e produzem interfaces dentinárias mais estáveis e menos hidrofílicas. No entanto, algumas limitações existem quando o uso no modo autocondicionante é realizado em esmalte, sendo recomendado o condicionamento seletivo deste substrato. O uso destes adesivos como silano ou *primer* na cimentação de cerâmicas vítreas e ligas metálicas também demonstrou limitações. No entanto, na cimentação de cerâmicas a base de zircônia e nas restaurações indiretas a base de resina composta, o procedimento pode ser simplificado pelo uso dos adesivos universais. A resistência adesiva em substrato dentinário sob diferentes modos de condicionamento variou entre os estudos. Como qualquer novo material, avaliações clínicas de longo prazo são necessárias para demonstrar a eficácia destes agentes adesivos universais, conforme relatado nesta revisão de literatura.

Palavras-chave: Resistência à Tração, Adesivos Dentinários, Materiais Dentários.

ABSTRACT

Adhesive systems play a fundamental role in the adhesion of restorative materials to dental substrates. To make this adhesion more effective and long-lasting, these materials are in constant evolution, seeking to simplify the clinical steps and reduce the technique's sensitivity. The most recent generation of adhesives developed is the universal adhesives, which promise versatility and reduction of clinical steps. The aim of this study was to perform a literature review on universal adhesives and their characteristics. The literature review was performed by means of an electronic search in the Pubmed database. The literature shows that these adhesives chemically bond to tooth substrates and produce more stable and less hydrophilic dentin interfaces. However, some limitations exist when the use in self-etching mode is performed on enamel, and selective conditioning of this substrate is recommended. The use of these adhesives as a silane or primer in the cementation of glass-ceramics and metal alloys has also shown limitations. Nevertheless, in the cementation of zirconia-based ceramics and indirect composite resin-based restorations, the procedure can be simplified by the use of universal adhesives. Adhesive strength on dentin substrates under different conditioning modes varied between studies. As with any new material, long-term clinical evaluations are needed to demonstrate the efficacy of these universal adhesive agents, as reported in this literature review.

Keywords: Tensile Strength, Dentin Adhesives, Dental Materials.

¹Cirurgião-dentista - Policlínica Naval de Campo Grande (PNCG), Marinha do Brasil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

²Cirurgiã -dentista, professora da Universidade Federal Fluminense, Niteroi, RJ, Brasil.

³Cirurgiã-dentista, Odontoclínica Central da Marinha do Brasil (OCM), Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Como citar este artigo: dos Santos EF, Miranda MESNG, Mota CS. Sistemas adesivos universais: um panorama do estado da arte. Rev Nav Odontol. 2022; 49(1): .36-42

Recebido em: 14/03/2021

Aceito em: 27/05/2022

INTRODUÇÃO

Os procedimentos adesivos encontram-se em constante evolução desde a introdução da técnica de condicionamento ácido total por Buonocore em 1955 (1). No entanto, embora uma adesão duradoura e efetiva ao esmalte já esteja consagrada, a demanda por novas técnicas e materiais ainda existe, uma vez que a adesão à dentina ainda é um procedimento complexo e sensível além de haver também uma demanda pela redução de passos clínicos do condicionamento ácido, que tende a acelerar o atendimento. De modo geral, os adesivos podem ser classificados como sendo de condicionamento ácido total (convencionais) ou autocondicionantes. Esta classificação dá-se de acordo com a forma de desmineralização do substrato dentário e do tratamento dispensado à *smear layer* (2).

Adesivos convencionais exigem condicionamento ácido das estruturas dentárias como um passo à parte, quando ocorre a remoção total da *smear layer* (3); já os autocondicionantes, são capazes de modificar a *smear layer*, desmineralizando e incorporando-a à dentina, simultaneamente (4). Nos sistemas convencionais, a adesão em esmalte ocorre por embriamento mecânico, onde o ácido fosfórico aumenta a área de superfície livre, pela criação de microrretenções; enquanto na dentina ocorre a remoção da *smear layer* e exposição de fibras colágenas devido à desmineralização (5). Nesta técnica, a secagem excessiva da dentina condicionada pode causar o colapso das fibras colágenas, levando a uma infiltração deficiente dos monômeros presentes no adesivo, o que pode reduzir a resistência de união (6).

Neste sentido, os adesivos autocondicionantes foram introduzidos para eliminar o passo de condicionamento ácido, caracterizado por uma etapa de alta sensibilidade no protocolo adesivo. Estes adesivos condicionam e permeiam a dentina simultaneamente, sendo disponibilizados em versões de 1 ou 2 frascos (3). Nos últimos anos, surgiram os sistemas adesivos universais (AUs) com uma proposta multimodal. São adesivos autocondicionantes de passo único, que podem ser utilizados com condicionamento ácido total, como autocondicionantes ou com condicionamento seletivo de esmalte (7). Seus diferenciais são a presença de monômeros funcionais como o 2-metacriloxietil fenil fosfato (Fenil-P), 4-metacrilolixietil anidrotrimelítico (4-META) e o 10-metacrilolixidecil diidrogenofosfato (10-MDP), que interagem quimicamente com a hidroxiapatita dos substratos dentários formando sais de cálcio (8), e a presença de silano, em algumas marcas, o que promete simplificar o protocolo de adesão às cerâmicas (9).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre os adesivos universais e suas características.

REVISÃO DE LITERATURA/DISCUSSÃO

Foi realizado um levantamento bibliográfico por meio de uma busca eletrônica na base de dados Pubmed. Os termos utilizados foram: “adhesive” ou “adhesives” e “universal”. A busca restringiu-se a artigos no idioma inglês com publicação entre os anos de 2010 a 2021, com exceção de três artigos com datas de publicação anteriores a este intervalo, para fins de contextualização de referência histórica.

Surgimento dos AUs

Os AUs representam a tentativa dos fabricantes de introduzir versatilidade através da adaptação de um adesivo autocondicionante de frasco único, para outros modos de aplicação, sem comprometer a eficácia adesiva (5). Quando comparados às gerações anteriores, a principal vantagem destes adesivos é a indicação para uma ampla variedade de procedimentos restauradores e estratégias de adesão. Além deles possuírem monômeros funcionais que conferem a capacidade de ligação química à hidroxiapatita dentinária, prometendo uma interface adesiva mais estável e duradoura (10).

A Kuraray foi a marca comercial pioneira no uso destes monômeros em materiais dentários. Quando a sua patente sobre o monômero funcional 10-MDP expirou, por volta do ano de 2003, seu potencial passou a ser explorado por outros fabricantes. Em outubro de 2009, a Bisco, Inc. lançou um *primer* para zircônia, o Z-Prime™, contendo 10-MDP em sua composição. A 3M ESPE, 2 anos mais tarde, lançou o Scotchbond™ Universal, contendo também o 10-MDP em sua composição. No mesmo ano, a Bisco, Inc. lançou seu primeiro AU, o All-Bond Universal® contendo 10-MDP. Desta forma, é visível que a introdução de ésteres fosfatados aparentemente faz parte da história dos AUs (11).

Embora o Scotchbond™ Universal (3M ESPE) seja o primeiro adesivo comercializado trazendo o conceito de universalidade, monômeros funcionais como o Fenil-P e o 10-MDP já fazem parte da composição dos adesivos e cimentos da Kuraray desde a década de 1980 (11). Um exemplo de formulação com monômero 10-MDP é o Clearfil SE Bond (Kuraray), que devido a sua alta resistência ao cisalhamento e grande estabilidade ao longo do tempo tornou-se o padrão-ouro dos adesivos autocondicionantes, geração anterior aos universais, (2). Tais monômeros (Fenil-P e o 10-MDP) foram criados pela Kuraray em 1976 e 1981 respectivamente, e atualmente são amplamente utilizados e difundidos nos AUs presentes no mercado (12). Alguns exemplos desses adesivos estão descritos na tabela 1, e o papel destes monômeros, bem como seu modo de ação nos substratos dentários, serão discutidos mais a frente.

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS ADESIVOS UNIVERSAIS.

Marca	Fabricante	pH	Monômero Funcional	Silano	Composição
Scotchbond™ Universal (3M ESPE)	3M ESPE (St. Paul, MN, EUA).	2,7 Ultra suave	10-MDP	Sim	BisGMA, 10-MDP, copolímero Vitrebond, HEMA, etanol, água, silano, iniciadores
Futurabond® U (Voco)	Voco (Cuxhaven, Alemanha)	2,3 Suave	10-MDP	Não	Líquido 1 - BISGMA, HDDMA, HEMA, adesivo de monômero ácido, UDMA, 10-MDP, sílica Líquido 2-etanol, iniciadores, catalisador
All-Bond Universal® (Bisco Inc.)	Bisco (Inc., Schaumburg, IL, EUA)	3,2 Ultra Suave	10-MDP	Não	Resinas de dimetacrilato, HEMA, BisGMA, 10-MDP, etanol, água, iniciadores
Clearfil™ Universal (Kuraray)	Kuraray (Tóquio, Japão)	2,3 Suave	10-MDP	Sim	Resinas de dimetacrilat, 10-MDP, BisGMA, 2-HEMA, silano, sílica, canforoquinona, etanol, água, iniciadores
AdheSe® Universal (Ivoclar© Vivadent)	Ivoclar Vivadent (Schaan, Principado de Liechtenstein)	2,5 Ultra Suave	10-MDP	Não	10-MDP, HEMA, BISGMA, D3MA, ácido metacrilato carboxilado

HEMA - 2-hidroxietil Metacrilato; BISGMA – Bisfenol glicidil metacrilato; HDDMA - 1,6-hidroxietil metacrilato; HPMA - 2-hidroxipropil metacrilato; UDMA - uretano; 10-MDP -Metacrilóiloxietil dihidrogenofosfato, D3MA-dimetacrilato hidrofóbico;

Fonte: Elaborada com base em Burke et al., 2017 (3) e Cardoso et al., 2019 (13).

Versatilidade dos AUs

De um modo geral, os AUs podem ser definidos como agentes adesivos empregados em qualquer modo de condicionamento que o clínico considere apropriado. A depender da situação clínica, o condicionamento dos substratos pode ser total, parcial (quando somente o esmalte é condicionado) ou podem ser utilizados no modo autocondicionante (3). Alguns sistemas contém silano em sua composição, com o objetivo de simplificar o protocolo de adesão às restaurações cerâmicas. Dessa forma, o clínico não necessitaria aplicar uma solução à parte de um agente silano após a cerâmica ser preparada ou condicionada com o ácido hidrófluorídrico (HF) (10).

No entanto, existem estudos *in vitro* que desafiam a eficácia da combinação entre adesivo e silano no mesmo frasco. Kalavacharla e colaboradores compararam protocolos de condicionamento com e sem o uso de agente silano em separado, utilizando o adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE), cujo o fabricante informa silano na composição. Foram testadas cerâmicas a base de dissilicato de lítio, e seguindo o protocolo de preparo recomendado pela fabricante, as peças foram condicionadas com HF a 5% por 20 segundos. Os resultados mostraram resistência adesiva menor no grupo tratado somente com o AU do que nos grupos em que o silano

foi aplicado antes do uso do adesivo. Dessa forma, os autores afirmam que como o silano e o 10- MDP não foram eficientes em otimizar a adesão entre cerâmica e resina, o silano sempre deve ser aplicado previamente à adesão em cerâmicas a base de dissilicato de lítio (14).

Uma revisão sistemática com metanálise realizada por Cuevas-Suárez e colaboradores indicou uma limitada habilidade dos AUs em obter uma adequada e duradoura adesão às cerâmicas vítreas e ligas metálicas, uma vez que a força de união mostrou-se maior com o uso separado do agente silano ou *primer*. Por outro lado, o mesmo estudo estabeleceu que a cimentação de restaurações indiretas à base de resina composta e de zircônia podem ser simplificadas com o uso dos AUs, situação que a resistência adesiva comporta-se similar ou até mesmo melhor quando comparada ao uso de agentes silanos ou *primers* aplicados separadamente (15).

Quanto ao uso do AU com as diversas estratégias de condicionamento dos substratos dentários, devemos considerar que adesivos autocondicionantes como os AUs contém monômeros ácidos condicionadores e permeadores desses substratos, dispensando a etapa de condicionamento com ácido fosfórico (16). De acordo com sua acidez, esses adesivos podem ser classificados como forte, onde

o pH é menor que 1; intermediário forte, com pH variando entre 1 e 2; suave, onde o pH é aproximadamente 2; e ultra suave, com o pH sendo maior que 2,5 (17). O pH da maioria dos AUs situa-se entre as faixas suave e ultra suave. Esta faixa de pH efetivam a adesão na dentina porém essa adesão pode não ser tão eficiente em esmalte, especialmente no esmalte intacto (11).

Portanto, similar aos relatos desses adesivos, uma redução na efetividade de união ao esmalte pode ser esperada quando os AUs são aplicados na estratégia autocondicionante (18). Cardenas e colaboradores sugerem que a aplicação ativa (fricção) e por um tempo maior é uma estratégia que garante uma melhor interação micromecânica entre AUs e esmalte. Comparando o condicionamento com ácido fosfórico ao modo autocondicionante, seus resultados indicaram ganho no grau de conversão, melhor padrão retentivo do esmalte e maior força de união quando o AU foi aplicado ativamente por 40 segundos (19).

Porém, usando ensaios de microtração para avaliar a resistência adesiva, um estudo afirmou que o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico pode não ser crucial para a adesão dos AUs, e que a aplicação ativa destes adesivos na estratégia autocondicionante pode ser uma alternativa prática ao condicionamento seletivo do esmalte, considerando somente o quesito adesão. Em modo autocondicionante, 5 dos 7 adesivos testados mostraram grau de conversão e resistência adesiva estatisticamente maiores, quando aplicados ativamente. Além disso, cada adesivo aplicado em modo autocondicionante de forma ativa, resultou em uma média de resistência adesiva estatisticamente similar àquela obtida com a aplicação do mesmo adesivo em esmalte condicionado com ácido fosfórico (20).

Por outro lado, uma revisão sistemática com metanálise, atualizada em 2019, de Cuevas-Suárez e colaboradores, apontou que a força de união dos AUs ao esmalte aumenta com o condicionamento prévio com ácido fosfórico. E que o condicionamento seletivo de esmalte ainda é indicado para que se obtenha uma adesão duradoura e eficaz a este substrato (21).

Com relação à dentina, o condicionamento com ácido fosfórico remove o cálcio, deixando para trás uma área de 2 a 5 μm de espessura de fibras de colágeno desnudas. Para alguns autores, não está claro neste ponto se, e como, os AUs contendo o monômero funcional 10-MDP são capazes de se ligar ionicamente à dentina tratada e com deficiência de cálcio (22).

Campos e colaboradores avaliaram *in vitro* a resistência adesiva da dentina condicionada com ácido fosfórico previamente ao uso de AUs na cimentação de restaurações indiretas de resina composta. Foram utilizados 3 adesivos diferentes e o cimento RelyX Ultimate, livre de amina em sua composição. Os resultados mostraram que os grupos em que a dentina foi condicionada por ácido apresentaram valores significativamente menores de resistência de união no teste *push-out*. Desse modo, o condicionamento ácido da dentina reduziu significativamente a resistência de união entre sistemas AUs e dentina em procedimentos restauradores indiretos (23).

Cardoso e colaboradores avaliaram a resistência de união imediata e após 6 meses para 5 AUs aplicados em modo convencional ou em modo autocondicionante. Como grupo controle, foram utilizados adesivos padrão-ouro, sendo eles, Scotchbond Multipurpose Plus (3M ESPE) e Clearfil SE Bond (Kuraray). Os autores concluíram que a performance dos AUs é material-dependente, sendo que a maioria dos agentes testados tiveram adesão estável à dentina com resultados semelhantes aos adesivos padrão-ouro, principalmente no modo autocondicionante. No entanto, não houve diferenças significantes na força de união entre as estratégias utilizadas. Os autores sugeriram, no entanto, que o modo autocondicionante produz ligações mais estáveis, devido a observação de menor queda da força de adesão após o envelhecimento. Desse modo, os autores recomendam que a aplicação dos AUs em dentina não deve ser precedida de condicionamento com ácido fosfórico (13).

Outro estudo ainda mais recente que compara o efeito do ácido fosfórico na dentina previamente ao uso de um adesivo contendo 10-MDP com um outro do mesmo fabricante livre desse monômero, revelou maiores forças de adesão para aquele contendo 10-MDP até mesmo no grupo em que o condicionamento ácido foi aplicado, mostrando que existem importantes questões abertas à interação entre os adesivos que contém 10-MDP e sua aplicação em dentina condicionada por ácido fosfórico (24).

Monômeros funcionais e adesão química

O 10-MDP é um monômero funcional comum à maioria dos AUs que garante não somente uma união micromecânica, por meio da camada híbrida, mas também liga-se ionicamente ao cálcio por meio de um grupo hidrofílico (Figura 1) presente na molécula (3). Essa ligação química foi primeiramente demonstrada em 2004 por Yoshida e colaboradores (25).

Este processo de nanocamadas não é identificado com os monômeros funcionais 4-META e Fenil-P (27). Além disso, dados de estudos prévios que compararam a eficácia adesiva destes três monômeros funcionais revelaram que o potencial de ligação do 10-MDP à hidroxiapatita é significativamente maior que o potencial do 4-META, pois uma ligação química eficiente é alcançada em 30 segundos. No entanto, somente um forte potencial de ligação é insuficiente. As ligações iônicas também devem ser estáveis em um ambiente aquoso. Nesse sentido, a união química promovida pelo 10-MDP, além de ser mais eficaz, é mais estável na água do que aquela fornecida pelo 4-META e Fenil-P, respectivamente. A taxa de dissolução desses sais de cálcio nos três monômeros, conforme medido por espectroscopia de absorção atômica, é inversamente proporcional ao seu potencial de ligação química. Dessa forma, quanto mais intenso for o poder de ligação, menos solúvel será o sal de cálcio resultante (25).

Carrilho e colaboradores afirmaram em sua revisão sistemática sobre a seleção de um sistema AU contendo 10-MDP parecer a escolha mais segura pela estrutura molecular ser favorável à adesão, pelo comportamento hidrofóbico e pelas características da interface adesiva que favorecem a força e a durabilidade de adesão. No entanto, recomenda o condicionamento seletivo em esmalte, para obter o melhor destas formulações, e relembra a necessidade de uma aplicação ativa sobre a dentina, devendo o clínico dar tempo para que os monômeros possam permear, hibridizar e formar os sais de cálcio que protegerão as fibras colágenas, melhorando a estabilidade adesiva (29).

Compatibilidade com cimentos de cura química e dual

Diversos relatos apontaram que adesivos simplificados são incompatíveis com cimentos resinosos de cura química e dual, devido a uma reação entre os monômeros ácidos destes adesivos com as aminas terciárias responsáveis por iniciar a reação de polimerização dos cimentos. Para contornar esta incompatibilidade, os fabricantes dos AUs disponibilizam atualmente ativadores de polimerização separadamente. Estes ativadores são a base de sais de ácido sulfínico e devem ser utilizados com seus adesivos, sempre que for necessário utilizar cimentos de cura química ou dual. Alguns fabricantes apresentam ainda cimentos de cura dual livres de aminas terciárias, dispensando o uso de ativadores separados, como é o caso do RelyX Ultimate da 3M ESPE (3,30).

A maioria da literatura disponível sobre a incompatibilidade entre adesivos simplificados e cimentos de cura dual ou química é baseada na geração anterior de adesivos autocondicionantes. Porém, novos adesivos com características menos hidrofílicas e menos permeáveis à água foram desenvolvidos e estão disponíveis no mercado atualmente. A adição

do 10-MDP e sua longa cadeia carbônica garantem aos AUs interfaces com características mais hidrofóbicas que a geração anterior (31).

Gutiérrez e colaboradores concluíram, após avaliarem 3 AUs utilizados no modo de autocondicionamento com cimentos de cura dual, que a resistência ao microcisalhamento e a nanoinfiltração foram influenciadas pelos diferentes modos de polimerização dos cimentos e pela adição de ativadores de polimerização, porém os autores afirmaram que a influência foi material-dependente (32).

No entanto, em um estudo em 2020, Malaquias e colaboradores avaliaram, *in vitro*, 3 AUs com ativadores de polimerização adicionados separadamente. Os critérios testados foram resistência ao microcisalhamento e a nanoinfiltração, quando utilizados em estratégia de condicionamento ácido total e em associação com cimentos de cura dual. Os autores concluíram que, no modo de condicionamento total, a adição de ativadores de polimerização aos AUs e os diferentes modos de polimerização dos cimentos duais não influenciaram na resistência ao microcisalhamento. No entanto, com relação à nanoinfiltração, algumas interações foram observadas, o que os autores também informaram ser material-dependentes (31). Frente a este panorama fica clara a necessidade de mais estudos que avaliem a incompatibilidade entre cimentos de cura dual e AUs. O papel dos ativadores de polimerização na resistência adesiva e no grau de conversão dos cimentos resinosos de cura dual e química ainda não está bem delineado na literatura.

CONCLUSÃO

Esta revisão apontou que os AUs são a classe de adesivos que parece oferecer uma interface dentinária mais estável e duradoura, devido ao emprego dos monômeros funcionais. Todavia, a resistência adesiva face aos diferentes modos de condicionamento deste substrato mostrou-se material-dependente em alguns estudos enquanto em outros não demonstrou diferença estatisticamente significativa. Deste modo, são necessários mais estudos que elucidem a interação destes adesivos com a dentina previamente condicionada. No entanto, a literatura mostrou que para a adesão ao esmalte, o condicionamento seletivo ainda é recomendado para obter-se a máxima performance neste substrato. Ficou evidente ainda que o emprego destes adesivos em procedimentos indiretos tem limitações e que o uso separado de um agente silano ou *primer* ainda é preconizado para cerâmicas vítreas e ligas metálicas.

A incompatibilidade entre os sistemas AUs e os cimentos de cura química ou dual aparenta resolver-se pela introdução de ativadores de polimerização separados, no entanto mais estudos são necessários para avaliar os efeitos destes ativadores na resistência adesiva aos substratos dentários e o grau de conversão dos cimentos duais.

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

Autor de Correspondência

Cristiane Soares Mota.

Odontoclínica Central da Marinha, Primeiro Distrito Naval,
Praça Barão de Ladário, I, Centro, CEP 20091-000.
cristiane.mota@marinha.mil.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buonocore, MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955;34(6):849-53.
- Beltrami R, Chiesa M, Scribante A, Allegretti J, Poggio C. Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2016;14(1):e78-83.
- Burke FJT, Lawson A, Green DJB, Mackenzie L. What's New in Dentine Bonding?: Universal Adhesives. *Dent Update*. 2017;44(4):328-40.
- Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater*. 2001 Jul;17(4):296-308.
- Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K, *et al*. Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles? *J Dent*. 2015;43(5):525-36.
- Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent*. 2013;41(5):404-11.
- Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. 2014;42(7):800-7.
- Yoshihara K, Hayakawa S, Nagaoka N, Okihara T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Etching Efficacy of Self-Etching Functional Monomers. *J Dent Res*. 2018;97(9):1010-6.
- Yoshihara K, Nagaoka N, Sonoda A, Maruo Y, Makita Y, Okihara T, *et al*. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives. *Dent Mater*. 2016;32(10):1218-25.
- Perdigão J, Swift EJ. Universal Adhesives. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(6):331-4.
- Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(1):15-26.
- Kuraray [Internet]. MDP Monomer. [acesso em 2020 Nov 28]. Disponível em: <https://kuraraydental.com/clearfil/key-technologies/mdp-monomer/>
- Cardoso GC, Nakanishi L, Isolan CP, Jardim PDS, Moraes RR. Bond Stability of Universal Adhesives Applied To Dentin Using Etch-And-Rinse or Self-Etch Strategies. *Braz Dent J*. 2019;30(5):467-75.
- Kalavacharla VK, Lawson NC, Ramp LC, Burgess JO. Influence of Etching Protocol and Silane Treatment with a Universal Adhesive on Lithium Disilicate Bond Strength. *Oper Dent*. 2015;40(4):372-8.
- Cuevas-Suárez CE, de Oliveira da Rosa WL, Vitti RP, da Silva AF, Piva E. Bonding Strength of Universal Adhesives to Indirect Substrates: A Meta-Analysis of in Vitro Studies. *J Prosthodont*. 2020;29(4):298-308.
- Choi AN, Lee JH, Son SA, Jung KH, Kwon YH, Park JK. Effect of Dentin Wetness on the Bond Strength of Universal Adhesives. *Materials (Basel)*. 2017;10(11):1224.
- Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, *et al*. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater*. 2010;26(2):e100-21.
- Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater*. 2001;17(5):430-44.
- Cardenas AM, Siqueira F, Rocha J, Szesz AL, Anwar M, El-Askary F, *et al*. Influence of Conditioning Time of Universal Adhesives on Adhesive Properties and Enamel-Etching Pattern. *Oper Dent*. 2016;41(5):481-90.
- Loguercio AD, Muñoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigão J. Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *J Dent*. 2015;43(9):1060-70.
- Cuevas-Suárez CE, da Rosa WLO, Lund RG, da Silva AF, Piva E. Bonding Performance of Universal Adhesives: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*. 2019;21(1):7-26.
- Perdigão J, Loguercio AD. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? *J Adhes Dent*. 2014;16(2):193-4.
- Campos MFTP, Moura DMD, Borges BCD, Assuncao IV, Caldas MRGR, Platt JA, *et al*. Influence of Acid Etching and Universal Adhesives on the Bond Strength to Dentin. *Braz Dent J*. 2020;31(3):272-80.
- Hidari T, Takamizawa T, Imai A, Hirokane E, Ishii R, Tsujimoto A, *et al*. Role of the functional monomer 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate in dentin bond durability of universal adhesives in etch-&-rinse mode. *Dent Mater J*. 2020;39(4):616-23.
- Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, *et al*. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*. 2004;83(6):454-8.
- Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, *et al*. Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res*. 2012;91(4):376-81.
- Yoshihara K, Yoshida Y, Nagaoka N, Fukegawa D, Hayakawa S, Mine A, *et al*. Nano-controlled molecular interaction at adhesive interfaces for hard tissue reconstruction. *Acta Biomater*. 2010;6(9):3573-82.
- Yoshihara K, Yoshida Y, Hayakawa S, Nagaoka N, Irie M, Ogawa T, *et al*. Nanolayering of phosphoric acid ester monomer on enamel and dentin. *Acta Biomater*. 2011;7(8):3187-95.
- Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability-A Systematic Review. *Materials (Basel)*. 2019;12(5):790.
- Madrigal EL, A T, Hosaka K, Ikeda M, Nakajima M, Tagami J. The effect of curing mode of dual-cure resin cements on bonding performance of universal adhesives to enamel, dentin and various restorative materials. *Dent Mater J*. 2021 Mar 31;40(2):446-454.
- Malaquias P, Gutiérrez MF, Sutil E, Matos TP, Hanzen TA, Reis A, *et al*. Universal adhesives and dual-cured core buildup composite material: adhesive properties. *J Appl Oral Sci*. 2020;28:e20200121.
- Gutiérrez MF, Sutil E, Malaquias P, de Paris Matos T, de Souza LM, Reis A, *et al*. Effect of self-curing activators and curing protocols on adhesive properties of universal adhesives bonded to dual-cured composites. *Dent Mater*. 2017;33(7):775-87.