

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Efeito da redução do tempo de aplicação na permeabilidade
dentinária de um adesivo universal em modo *etch-and-rinse* vs
self-etch

Laura Sofia Rua e Garcia

Orientadores:

Professor Doutor Alexandre Cavalheiro

Professora Doutora Joana Cruz

Dissertação

Mestrado integrado em Medicina Dentária

2022

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Alexandre Cavalheiro, pela sua orientação e disponibilidade, imprescindíveis à realização da presente dissertação.

À Professora Doutora Joana Cruz, por toda a ajuda e disponibilidade durante esta etapa.

À Berta, pelo apoio dentro e fora do laboratório.

À Catarina, a minha dupla, por estes anos de amizade e entreajuda, pelos desafios superados e por me ensinar a dobrar aspiradores.

À Sofia, Mariana Lopes, Mariana Oliveira e Ricardo, pelo companheirismo e amizade ao longo destes cinco anos. Sem vocês este percurso não teria sido tão feliz.

À Sara, pela amizade de uma vida.

À Cristina, por me mostrar que devemos sempre perseguir o que nos faz feliz e por crescer comigo.

Ao Faustino, por dar 200%.

À Bárbara, à Cristina e à Raquel, por estarem sempre presentes, por tudo o que vivemos juntas, mas principalmente pelo que está para vir.

Ao João, por todo o carinho e constante encorajamento durante este percurso.

A toda a minha família pelo amor e apoio incondicional. Aos meus pais, a quem serei sempre grata por tudo o que fizeram por mim. À minha mãe, pela paciência e pelo abraço.

RESUMO

Objetivo: Analisar a influência na permeabilidade dentinária da redução do tempo de aplicação do adesivo universal OptiBond Universal® (Kerr), aplicado pela técnica *etch-and-rinse* e *self-etch*.

Método: Foram selecionados e distribuídos 20 espécimes em dois grupos de estudo: Grupo I – aplicação do adesivo universal durante 5 segundos, pela técnica *self-etch*; Grupo II – aplicação do adesivo universal durante 5 segundos pela técnica *etch-and-rinse*. A permeabilidade máxima foi medida após o condicionamento ácido de cada espécime com ácido ortofosfórico durante 15 segundos. De seguida foi aplicado e polimerizado o adesivo, e medida novamente a permeabilidade do espécime. As diferenças na redução da permeabilidade após a aplicação do adesivo foram analisadas com o *t-test*.

Resultados: Verificou-se redução da permeabilidade dentinária após a aplicação do adesivo em ambos os grupos de estudo. A redução do Grupo II ($81.7 \pm 11.43\%$) foi superior, comparativamente ao Grupo I ($71.8 \pm 18.07\%$). No entanto não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos estudados ($p=0.160$).

Conclusão: A permeabilidade dentinária não é influenciada pela aplicação de um sistema universal pela técnica *etch-and-rinse* ou pela técnica *self-etch*, com a redução do tempo de aplicação para 5 segundos.

Palavras-chave: *Etch-and-rinse*, *self-etch*, sistema adesivo universal, permeabilidade, adesão, estudo laboratorial.

ABSTRACT

Aim: To analyze the influence in dentin permeability of the 5-second appliance of OptiBond Universal® (Kerr Corp., Orange, EUA), comparing modes of application, etch-and-rinse and self-etch.

Methods: 20 specimens were randomly assigned to 2 study groups: group I – application of the adhesive during 5 seconds by self-etch mode; group II – application of the adhesive during 5 seconds by etch-na-rinse mode. The maximum permeability was measured in each specimen after the application of 37.5% phosphoric acid for 15 seconds. The adhesive was then applied and light-cured, and the permeability measured once more. The differences in permeability reduction after adhesive application were analyzed with the Kolmogorov-Smirnov test, the Levene test and the t-test.

Results: Both study groups showed a reduction of permeability after the application of the adhesive. The reduction in Group II ($81.7 \pm 11.43\%$) was higher when compared to Group I ($71.8 \pm 18.07\%$), although there were no statistical differences between groups ($p=0.160$).

Conclusion: Dentin permeability does not seem to be influenced by the mode of application of the adhesive, whether it is etch-and-rinse or self-etch, when the time of the adhesive application is reduced to 5 seconds.

Keywords: Etch-and-rinse, self-etch, universal adhesive system, permeability, adhesion, laboratory study.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
I. INTRODUÇÃO	1
1. Adesão.....	1
1.1 Adesão dentária.....	1
1.2 Substratos.....	1
1.2.1 Esmalte	1
1.2.2 Dentina	2
1.2.3 <i>Smear layer</i>	3
1.3 Sistemas Adesivos	3
1.3.1 Sistemas adesivos <i>Etch-and-rinse</i> ou <i>total-etch</i>	3
1.3.2 Sistemas adesivos <i>Self-Etch</i> ou <i>Etch-and-dry</i>	4
1.3.3 Adesivos Universais	5
2. Permeabilidade	7
3. Desvio ao protocolo do fabricante.....	8
II. OBJETIVOS	9
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
1. Tipo de estudo	11
2. Desenho do estudo	11
3. Preparação dos espécimes	11
4. Distribuição dos espécimes	12
5. Medição da permeabilidade dentinária.....	13
6. Cálculos para determinação da permeabilidade dentinária	14
7. Análise estatística	15

IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSSÃO	21
VI. CONCLUSÃO	27
VII. REFERÊNCIAS.....	29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem, por grupo de estudo.....	17
Tabela 2: Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação de normalidade.	18
Tabela 3: Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância.	18
Tabela 4: T-test para avaliação dos valores de redução de permeabilidade entre os dois grupos de estudo.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fixação do dente ao suporte de acrílico.....	12
Figura 2: Posicionamento do dente para secção.	12
Figura 3: Obtenção do disco de dentina.....	12
Figura 5: Fixação do espécime com godiva à peça acrílica standard.	12
Figura 4: Condicionamento ácido da região da câmara pulpar.....	12
Figura 6: Esquema representativo do aparelho utilizado, adaptado de Sahin et al. ^{.(65)}	14
Figura 7: Extremos e quartis de redução de permeabilidade (%) dos grupos de estudo.....	17

LISTA DE ABREVIATURAS

ER – Etch-and-rinse

SE – Self-Etch

10-MDP – 10-Metacriloxidecil Dihidrogeno Fosfato

GPDM - Glicero-fosfato dimetacrilato

HEMA – 2-Hidroxietyl Metacrilato

4-MET – Ácido 4-metacriloxietyl trimelítico

Fenil-P – 2- metacriloxietyl fenil hidrogenofosfato

bis-GMA – Bisfenol Glicidil Metacrilato

UDMA – Uretano Dimetacrilato

TEG-DMA – Trietilenoglicol Dimetacrilato

H₂O – Água

Pa – Permeabilidade de cada espécime após aplicação e fotopolimerização do adesivo

Pb – Permeabilidade máxima de cada espécime

Símbolos

% – Percentagem

n – Tamanho da amostra

p – Significância estatística

Unidades

nm – Nanómetro

µm – Micrómetro

mm – Milímetro

MPa – Megapascal

G – Gauge

rpm – Rotações por minuto

mW/cm² – Miliwatts por centímetro quadrado

I. INTRODUÇÃO

1. Adesão

A adesão é a união de duas superfícies distintas, por forças intermoleculares. Os adesivos dentários são constituídos por monómeros de resina que, após polimerizados, permitem a união do material restaurador ao substrato dentário. ^(1, 2)

1.1 Adesão dentária

Buonocore, em 1955, introduziu a técnica de condicionamento ácido, ao verificar que a aplicação de ácido fosfórico a 85% no esmalte alterava a sua superfície, melhorando a adesão de resinas. ^(3, 4)

O surgimento da técnica adesiva alterou o paradigma das preparações dentárias uma vez que o sucesso das restaurações deixou de ser dependente do formato e retenção da cavidade, permitindo preservar mais estrutura dentária. Desde então, vários têm sido os esforços desenvolvidos com o intuito de otimizar a técnica adesiva. ^(2, 3, 5-7)

1.2 Substratos

A diferente composição e morfologia do substrato reflete-se na qualidade das forças adesivas. O esmalte e a dentina são os dois substratos dentários a que comumente são aderidos os materiais restauradores. Enquanto que a adesão ao esmalte é fiável e previsível, a adesão à dentina é ainda particularmente desafiante, com resultados inconsistentes. ^(4, 8)

1.2.1 Esmalte

O esmalte é o tecido duro mais mineralizado do corpo humano, composto por aproximadamente 96% de matéria inorgânica (hidroxiapatite) e 4% de matéria orgânica e água. ⁽⁹⁾

Desde Buonocore⁽³⁾ que têm sido testados vários ácidos e em diferentes concentrações para o condicionamento do esmalte. Sabe-se que o ácido fosfórico é o mais eficaz na promoção da adesão, quando utilizado em percentagens entre os 30% e 40%. Após o ataque ácido, o esmalte

apresenta microporosidades, decorrentes da dissolução dos cristais de hidroxiapatite, permitindo a microretenção dos monómeros resinosos. (7, 9-13)

A baixa percentagem de água deste substrato permite obter uma interface adesiva estável, resultando numa adesão eficaz e duradoura. (4)

1.2.2 Dentina

A dentina é um tecido orgânico composto por 70% matéria inorgânica, 20% matéria orgânica e 10% de água, sendo a porção orgânica maioritariamente composta por fibras de colagénio tipo I e III. (4, 9, 14)

A dentina apresenta uma estrutura tubular em toda a sua extensão. Os túbulos encontram-se dispostos radialmente à polpa, têm um diâmetro entre 1.0µm a 2.5µm e contêm no seu interior fluído dentinário (sob a constante pressão) e prolongamentos odontoblásticos, responsáveis pela sua humidade intrínseca e comunicação com o tecido pulpar. (4, 7, 14, 15)

Os túbulos dentinários são delimitados por um colar de dentina mais mineralizada, denominada de dentina peritubular, e unidos entre si por dentina intertubular. Uma vez que o seu diâmetro aumenta com a proximidade à polpa, a densidade tubular por unidade de área é maior próximo desta região do que na junção dentina-esmalte, existindo uma maior percentagem de água na dentina profunda comparativamente à dentina superficial. A percentagem de água parece ser o fator determinante na diferença verificada entre a adesão à dentina superficial e profunda, sendo a adesão inferior em regiões mais profundas de dentina. (9, 14-16)

O mecanismo de adesão à dentina depende da capacidade de o sistema adesivo infiltrar a dentina desmineralizada, interpenetrando as fibras de colagénio expostas, resultando na formação da camada híbrida, também designada de zona de interdifusão. (1, 17, 18)

A adesão à dentina pode ser afetada por fatores biológicos e clínicos, como a humidade superficial, permeabilidade dentinária, pressão do fluído pulpar e a presença de dentina cariada ou esclerótica. (8, 9, 19-23)

1.2.3 *Smear layer*

A *smear layer* é uma estrutura que se forma na superfície dentária, composta por detritos orgânicos e inorgânicos (hidroxiapatite e colagénio desnaturado, entre outros), resultantes da preparação da superfície dentária por instrumentos rotatórios e não-rotatórios. A deposição desta estrutura na entrada dos túbulos dentinários designam-se de *smear plugs*, promovendo uma redução da permeabilidade dentinária até 86%.^(11, 14, 24-26)

A adesão diretamente à *smear layer* provou ser bastante fraca, na ordem dos 5MPa, pelo que a aplicação de um sistema adesivo deve promover a sua remoção ou alteração.^(23, 27)

1.3 Sistemas Adesivos

Os sistemas adesivos eram antigamente classificados por gerações, mediante o número de passos clínicos ou no desenvolvimento da sua formulação. Esta classificação pode induzir em erro os clínicos, levando a crer que a última geração de adesivos apresenta mais avanços tecnológicos e/ou melhor desempenho.^(4, 11, 28)

A classificação atual dos sistemas adesivos é baseada no seu conceito e mecanismo de adesão, refletindo-se na sua capacidade de remover ou interagir com a *smear layer*. Desta forma, podem ser divididos em *etch-and-rinse* (ER) ou *total-etch* e em *etch-and-dry* ou *self-etch* (SE).^(4, 9, 11)

1.3.1 Sistemas adesivos *Etch-and-rinse* ou *total-etch*

Inicialmente os sistemas adesivos *etch-and-rinse* (ER) ou *total-etch* foram concebidos para a utilização em três passos distintos, surgindo posteriormente o sistema simplificado de dois passos, com o *primer* e o adesivo combinados num só produto.^(4, 11, 28)

O primeiro passo deste sistema adesivo é a aplicação de ácido fosfórico, em concentrações que variam entre os 30% e os 40%. O condicionamento da superfície com ácido irá criar microporosidades, remover a *smear layer* e promover a desmineralização da dentina intertubular e peritubular, expondo a rede de colagénio.^(1, 4, 29) Desta forma, a energia de superfície do esmalte aumentará, diminuindo, por sua vez, a da dentina. O condicionamento ácido permite desmineralização da dentina em profundidade, entre 3 a 5µm, dependendo da concentração e tempo de aplicação do ácido.^(8, 11) A desmineralização excessiva é desfavorável podendo originar regiões de colagénio desmineralizado não suportado.⁽³⁰⁾ O ácido deve ser

então removido, através da lavagem abundante com água, e a superfície seca. No entanto, a dentina deve permanecer húmida. Alcançar a humidade ideal da dentina pode ser particularmente desafiante, porém imprescindível para obtermos valores de adesão satisfatórios, uma vez que uma superfície com excesso de água conduzirá a alterações na qualidade da adesão, com diluição dos componentes do *primer*, e, a secagem excessiva, promoverá o colapso das fibras de colagénio, impedindo a correta impregnação do *primer*. As fibras de colagénio não suportadas, quer por desmineralização excessiva, quer por uma deficiente impregnação ou evaporação do *primer*, tornam a superfície mais suscetível à nano-infiltração, hidrólise e processo de degradação enzimático. (1, 4, 23, 27, 30-35)

Num segundo passo aplica-se o *primer*, que irá infiltrar a dentina desmineralizada, aumentando a energia de superfície. O *primer* é constituído por monómeros bifuncionais, frequentemente o HEMA (2-hidroxietilmetacrilato), responsáveis por aumentarem a molhabilidade da dentina desmineralizada, tornando-a hidrófoba e mais recetiva à impregnação do adesivo. É ainda constituído por solventes orgânicos como água, acetona e/ou álcool, que permitem a eliminação da água remanescente através da sua evaporação. (1, 4, 8, 9, 11, 23, 27)

O último passo é a aplicação do adesivo. O adesivo é constituído por monómeros hidrófobos, como bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato), UDMA (uretano dimetacrilato) e TEG-DMA (trietilenoglicol dimetacrilato), capazes de penetrar na matriz de colagénio exposta e nos túbulos dentinários, formando prolongamentos de resina (*resin plugs*). (1, 9)

Após a aplicação dos três componentes do sistema adesivo, o *primer* e o adesivo são copolimerizados, formando assim a camada híbrida. (1, 8, 11, 18, 36, 37)

Os sistemas adesivos de dois passos, ao combinarem o *primer* e o adesivo num só produto, permitem uma aplicação mais rápida, com redução de tempo clínico, porém, apresentam pior desempenho comparativamente ao sistema de 3 passos. (4, 11, 13, 32, 38)

1.3.2 Sistemas adesivos *Self-Etch* ou *Etch-and-dry*

Os sistemas adesivos *self-etch*, são sistemas simplificados de dois ou um passo. Os sistemas SE foram desenvolvidos com o propósito de colmatar duas das falhas mais apontadas aos sistemas ER: a excessiva desmineralização e a subjetividade associada ao processo de secagem da dentina. (4, 8, 11, 27, 28)

Desta forma, nos sistemas SE o condicionamento da superfície é feito através dos monómeros acídicos que se encontram na composição dos *primers* deste sistema, que simultaneamente desmineralizam e infiltram a dentina, pelo que toda a dentina desmineralizada é infiltrada.⁽⁹⁾ Contrariamente ao sistema adesivo ER, os adesivos do sistema SE não promovem a remoção da *smear layer*, mas uma interação com esta camada, tornando-a permeável, e incorporando a *smear layer* na camada híbrida recém-formada. (1, 4, 11, 27, 37, 39, 40)

Os adesivos SE podem ser classificados de acordo com a sua capacidade de desmineralização da superfície dentária em: fracos (pH > 2,5), moderados (pH ≈ 1-2) e fortes (pH ≤ 1). Quanto mais baixo for o pH do *primer*, maior será a profundidade de interação. Um pH mais baixo parece ser mais favorável ao condicionamento do esmalte, no entanto a profundidade de desmineralização assemelha-se ao sistema adesivo ER. Por outro lado, a utilização de *primers* com pH mais elevado apresenta uma baixa capacidade de desmineralização da dentina e de dissolução da *smear layer*.^(4, 8, 11, 28, 41, 42)

Os sistemas SE simplificados de um passo, com combinação de *primer* e adesivo, são bastante hidrofílicos, funcionam como uma membrana semipermeável, sendo o sistema com pior desempenho, exibindo maior nanoinfiltração, maior susceptibilidade à sorção de água e hidrólise e menor qualidade das forças adesivas.^(4, 8, 11, 34, 38, 43-45)

A menor sensibilidade técnica é uma das vantagens do uso dos sistemas *self-etch*. No entanto, com o intuito de aumentar a qualidade de adesão ao esmalte, é sugerido a utilização da técnica *selective etch* que pressupõe o condicionamento do esmalte com ácido ortofosfórico, previamente à utilização de um sistema SE.^(11, 13, 44-48)

Com o objetivo de otimizar a adesão deste sistema, foram introduzidos monómeros funcionais como 4-ME(28)T (ácido 4-metacriloxietil trimelítico), o fenil-P (2- metacriloxietil fenil hidrogenofosfato), o 10-MDP (10-metacriloxidecil dihidrogénio fosfato) e o GPDM (glicerofosfato dimetacrilato), que apresentam um potencial de interação químico com o cálcio da hidroxiapatite.^(8, 9, 28)

1.3.3 Adesivos Universais

Os adesivos universais, também designados de *multi-mode* ou *multi-purpose*, apresentam-se como sistemas mais versáteis. São muitas vezes comercializados num só frasco e permitem que o clínico decida qual a técnica adesiva a utilizar, uma vez que podem ser empregues tanto

pela técnica *etch-and-rinse*, *self-etch* ou *selective-etch*. Segundo os fabricantes, o uso destes adesivos não é exclusivo ao substrato dentário, podendo ser aplicados também em restaurações diretas ou em restaurações indiretas de cerâmica, resina e metal. ^(11, 49)

Os adesivos universais, a par de alguns adesivos do sistema SE, são também constituídos por monómeros funcionais hidrofílicos como, o 10-MDP (10-metacrilóixidecil dihidrogénio fosfato) e o GPDM (glicerofosfato dimetacrilato), com capacidade acídica, permitindo a desmineralização e interação com superfície dentária. ^(4, 38)

O 10-MDP tem a capacidade de aderir à superfície dentária sem causar elevada descalcificação, permitindo que haja libertação dos iões de cálcio da hidroxiapatite, formando (através do grupo fosfato) sais de MDP-Ca, resultando numa *nanolayer*, existindo simultaneamente adesão química e micromecânica. ⁽⁵⁰⁾ O facto de ser uma molécula hidrófoba conduz a uma baixa tendência para sorção de água tornando a camada híbrida mais resistente à degradação. ^(4, 11, 31, 38, 46, 49, 51, 52)

O GPDM, comparativamente ao 10-DPM, é mais hidrofílico, permite desmineralizar mais a dentina e forma menos e mais frágeis ligações iónicas com a hidroxiapatite. Apesar dos bons resultados na adesão inicial, o GMDM é mais propenso a sorção de água e à degradação hidrolítica. ^(53, 54)

Todos os adesivos universais contêm água na sua composição, permitindo a ionização dos monómeros acídicos, e por sua vez, a interação com a dentina e o esmalte. A presença de água residual desencadeia a hidrólise dos polímeros e da rede de colagénio, pelo que o tempo de evaporação destes adesivos constitui um passo crítico da aplicação do sistema adesivo. Por conseguinte, é sugerido um aumento do tempo de evaporação do solvente ao recomendado pelo fabricante. ⁽⁵⁵⁾

Os adesivos universais não devem ser suscetíveis à humidade do substrato, porém alguns estudos referem que dependendo da composição do adesivo, a adesão à dentina húmida apresenta melhores resultados. No entanto, em concentrações muito elevadas de água o desempenho do adesivo pode ser afetado, com diminuição das forças de adesão e dissolução de monómeros, conduzindo a micro e nanoinfiltração. ⁽⁵⁶⁻⁵⁸⁾

O condicionamento ácido do substrato, associado à técnica ER, aumenta o fluxo na interface adesiva, comparativamente aos sistemas SE, que conservam os *smear plugs* ^(59, 60).

Idealmente, os sistemas adesivos devem promover o selamento da dentina, contudo, os adesivos universais parecem funcionar como uma membrana semipermeável, permitindo o movimento de água através da dentina, mesmo após a sua polimerização. A incapacidade de criar uma zona hidrófoba está associada a uma insuficiente capacidade adesiva.⁽⁴³⁾ Com o objetivo de otimizar o desempenho destes adesivos, são também sugeridas outras estratégias, nomeadamente a aplicação de uma camada hidrófoba extra, condicionamento do esmalte, o aumento do tempo de fotopolimerização, aplicação ativa por tempo superior ao recomendado pelo fabricante, aplicação de múltiplas camadas, entre outros.^(37, 58, 59, 61-65)

Sendo os adesivos universais mais recentes, e com composições distintas, é impreterível a realização de mais estudos que afirmam o seu desempenho na redução da permeabilidade dentinária.^(13, 31)

2. Permeabilidade

A estrutura tubular da dentina conecta a polpa à junção amelodentinária. Os processos odontoblásticos estendem-se da câmara pulpar para os túbulos dentinários, estando estes parcialmente preenchidos por fluído. O deslocamento destes fluídos é denominado de permeabilidade transdentinária. A permeabilidade transdentinária é responsável pela manutenção da humidade da dentina, e aumenta com o condicionamento ácido, devido à remoção da *smear layer* e dos *smear plugs*.^(60, 66) Desta forma, verifica-se um aumento de permeabilidade nos sistemas ER comparativamente aos sistemas SE. Outro tipo de permeabilidade dentinária designa-se por permeabilidade intertubular, que aquando da desmineralização da dentina, permite a infiltração dos monómeros de resina.⁽²⁷⁾ De forma a obtermos adequadas forças de adesão e a prevenir micro-infiltração, os sistemas adesivos devem ser capazes de infiltrar tanto a dentina intertubular como dentina intratubular, formando uma camada híbrida uniforme.^(16, 23, 27, 67, 68)

A permeabilidade dentinária varia consoante a profundidade e localização, sendo a dentina profunda mais permeável que a dentina superficial. A dentina oclusal apresenta uma permeabilidade superior na região dos cornos pulpares comparativamente ao centro da face oclusal e a dentina axial é mais permeável do que a dentina oclusal.^(1, 14, 25) A permeabilidade dentinária diminui com o aumento da espessura de dentina e pode ser afetada pela idade e presença de condições patológicas, como lesões de cárie.^(1, 9, 19, 24, 25, 69, 70)

A permeabilidade pode ser medida em termos quantitativos, pela condutividade hidráulica. A condutividade hidráulica permite avaliar e quantificar a capacidade de um fluido vencer a resistência de uma barreira permeável, mediante pressão. A condutividade hidráulica é expressa ao longo de uma unidade de área, sob uma unidade de pressão definida e determinada unidade de tempo, pelo que o seu estudo é uma ferramenta extremamente útil na avaliação do desempenho dos sistemas adesivos, quanto à sua capacidade de criar uma superfície hermética fornecendo informação sobre a influência da permeabilidade nas falhas da adesão. ⁽⁷¹⁻⁷³⁾

Um dos objetivos das restaurações em resina compostas é selar a dentina exposta do meio externo, evitando o surgimento de lesões de cárie e danos pulpares. ⁽¹³⁾ O desenvolvimento de defeitos marginais nas restaurações adesivas é um dos principais motivos de insucesso da reabilitação com resinas compostas, conduzindo à sua substituição. A suscetibilidade à água e elevada permeabilidade desta área parecem ser responsáveis pela degradação das forças de adesão e rápida deterioração das propriedades estruturais da interface adesiva. ^(44, 68, 74)

3. Desvio ao protocolo do fabricante

Com o surgimento de adesivos universais, vários têm sido os estudos que visam aferir qual a melhor técnica de aplicação destes adesivos, *etch-and-rinse* ou *self-etch*, e quais as modificações ao protocolo do fabricante que permitem obter os melhores resultados clínicos. ⁽⁷⁵⁻⁷⁷⁾

Na prática clínica, vários podem ser os erros introduzidos aquando da aplicação do sistema adesivo. A redução do tempo de aplicação do *primer* está associada a uma insuficiente evaporação do solvente, à incapacidade redução da permeabilidade dentinária, a pior adaptação marginal e diminuição forças de adesão. ⁽⁷⁸⁻⁸¹⁾

Deste modo, é de extrema relevância a realização de estudos que permitam avaliar e quantificar os efeitos dos desvios ao protocolo recomendado pelo fabricante na qualidade da adesão à estrutura dentária.

II. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo *in vitro* foi analisar a influência na permeabilidade dentinária da redução do tempo de aplicação do sistema adesivo universal OptiBond Universal® (Kerr), de acordo com a técnica *etch-and-rinse* e *self-etch*. Foram assim formuladas as seguintes hipóteses nulas:

H₁₀: Não existem diferenças na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema adesivo universal, em que o tempo de aplicação do adesivo foi reduzido para 5 segundos em relação aos 20 segundos recomendados pelo fabricante, entre a técnica *etch-and-rinse* e a técnica *self-etch*.

H₁₁: Existem diferenças na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema adesivo universal, em que o tempo de aplicação do adesivo foi reduzido para 5 segundos em relação aos 20 segundos recomendados pelo fabricante, entre a técnica *etch-and-rinse* e a técnica *self-etch*.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Tipo de estudo

O estudo realizado é um estudo experimental *in vitro* que pretende avaliar a permeabilidade dentinária do sistema adesivo universal OptiBond Universal®, aplicado na dentina de acordo com a técnica *etch-and-rinse* e *self-etch*.

2. Desenho do estudo

Foram selecionados como amostra 20 terceiros molares ($n=20$) recentemente extraídos, hígidos, não restaurados e sem sinais macroscópicos da presença de lesões de cárie. Antes da preparação dos espécimes, estes foram armazenados numa solução a 0.5% de cloramina T (Sigma Chemical Co., St Louis, MO, USA) a 4°C, de acordo com a norma ISO TR 11405.

3. Preparação dos espécimes

- a) Os dentes foram fixados a suportes de acrílico, perpendicularmente ao longo eixo, pela coroa, por intermédio de cola-quente (Figura 1).
- b) Com recurso a um disco de diamante a baixa rotação (350rpm) (Isomet 1000, Buehler Ltd. Ltd., Lake Buff, IL, EUA) e irrigação abundante com água, os dentes foram seccionados duas vezes: 1-2mm abaixo da junção amelocementária, paralelamente à face oclusal, permitindo a remoção das raízes (Figura 2), e posteriormente o segundo corte, realizado paralelamente ao primeiro, de forma a obter 0.7mm de dentina profunda, tendo como referência o corno pulpar mais coronal (Figura 3). A espessura dos segmentos de coroa foi confirmada por uma craveira (Digimatic Caliper Seriates 500, Mitutoyo America Corporation, Dawn, IL, USA).
- c) A superfície pulpar foi sumariamente preparada com uma broca diamantada de turbina, de forma a remover o tecido pulpar remanescente. Posteriormente, foi aplicado ácido fosfórico a 37.5% (Gel Etchant, Kerr) durante 1 minuto, de forma a remover completamente a *smear layer* e os *smear plugs* (Figura 4).
- d) Com o intuito de recriar a camada uniforme de *smear layer*, semelhante à que se obtém em condições clínicas, procedeu-se ao polimento da superfície oclusal dos segmentos de coroa com discos de grão 600 (Ultra-Prep, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) numa

máquina de polimento (Ecomet 3, Buehler Ltd., Lake Buff, IL, EUA) durante 1 minuto, à velocidade de 1rpm e sob refrigeração com água.

- e) Por último, os espécimes foram fixados a peças acrílicas *standard* (1cm x 0.5cm x 1cm), com godiva. Estas peças possuem um canal central que permite a passagem de uma agulha de 18G, que posteriormente será conectada ao sistema hidráulico (Figura 5).



Figura 1: Fixação do dente ao suporte de acrílico.



Figura 2: Posicionamento do dente para secção.



Figura 3: Obtenção do disco de dentina.



Figura 5: Condicionamento ácido da região da câmara pulpar.



Figura 4: Fixação do espécime com godiva à peça acrílica *standard*.

4. Distribuição dos espécimes

Os 20 segmentos de coroas foram distribuídos aleatoriamente por 2 grupos, nos quais o tempo de aplicação do adesivo OptiBond Universal® foi de 5 segundos. No grupo I o adesivo foi aplicado segundo a técnica *self-etch* e no Grupo II segundo a técnica *etch-and-rinse*.

Grupo I: OptiBond Universal® (Redução do tempo de aplicação – 5s) – SE

1. Aplicou-se ácido ortofosfórico 37.5% (Gel Etchant, Kerr) na superfície dentinária durante 15 segundos;
2. A superfície foi lavada e suavemente seca, sem secar em excesso a dentina;

3. De forma a recriar a *smear layer*, fez-se polimento da superfície oclusal dos segmentos de coroa com discos de grão 600 (Ultra-Prep, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) durante 1 minuto;⁽⁸²⁾
4. O frasco do adesivo foi suavemente agitado;
5. Com recurso a um pincel aplicador descartável, foi aplicada uma camada generosa de adesivo na superfície dentinária durante 5 segundos;
6. O adesivo foi seco com jato de ar (isento de água e óleo) durante 5 segundos, a uma distância inicial de aproximadamente 15 cm e com baixa pressão, até à proximidade de 1-2mm da superfície, aumentando gradualmente a pressão de ar até à pressão máxima;
7. Fotopolimerizou-se por 20 segundos com um fotopolimerizador de 600 mW/cm² (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA).

Grupo II: OptiBond Universal® (Redução do tempo de aplicação – 5s) – ER

1. Aplicou-se ácido ortofosfórico 37.5% (Gel Etchant, Kerr) na superfície dentinária durante 15 segundos;
2. A superfície foi lavada e suavemente seca, sem secar em excesso a dentina;
3. O frasco do adesivo foi suavemente agitado;
4. Com recurso a um pincel aplicador descartável, foi aplicada uma camada generosa de adesivo na superfície dentinária durante 5 segundos;
8. O adesivo foi seco com jato de ar (isento de água e óleo) durante 5 segundos, a uma distância inicial de aproximadamente 15 cm e com baixa pressão, até à proximidade de 1-2mm da superfície, aumentando gradualmente a pressão de ar até à pressão máxima;
5. Fotopolimerizou-se por 20 segundos com um fotopolimerizador de 600 mW/cm² (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA).

5. Medição da permeabilidade dentinária

Na realização deste estudo foi utilizado o método da condutividade hidráulica descrito por Outhwaite (1974) e Pashley (1990).^(83, 84) Cada espécime foi conectado a um sistema de pressão hidráulica, com 37cmH₂O, de forma a mimetizar a pressão pulpar normal.

A permeabilidade dentinária foi avaliada antes e após a aplicação do adesivo universal. De forma a determinar a permeabilidade máxima de cada espécime, a superfície dentinária foi

condicionada durante 15 segundos com ácido fosfórico a 37.5% (Gel Etchant, Kerr), e permitindo que cada espécime fosse o seu próprio controle. ⁽⁷³⁾

A progressão da bolha foi medida a cada 2 minutos, num intervalo total de 6 minutos, permitindo determinar o fluxo em milímetros por minuto.

Nos espécimes do Grupo I (técnica *self-etch*) após o condicionamento, e antes da aplicação do adesivo, preparou-se a superfície oclusal com uma lixa de carbetto de silício de grão 600, durante um minuto, o que permitiu recriar em toda a superfície uma *smear-layer* uniforme, sem nunca remover o espécime do sistema. ⁽⁸²⁾

A pressão foi interrompida (0 cmH₂O) durante todas as etapas da aplicação do sistema adesivo, de forma a assegurar que não haveria interferência do sistema hidráulico no procedimento.

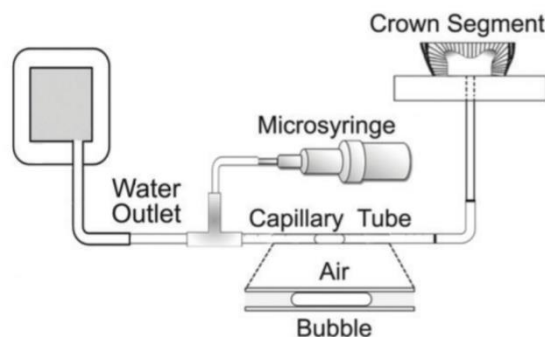


Figura 6: Esquema representativo do aparelho utilizado, adaptado de Sahin *et al.* ⁽⁶⁵⁾

6. Cálculos para determinação da permeabilidade dentinária

A permeabilidade dentinária de cada espécime foi avaliada em dois momentos: 1) após o condicionamento ácido, que ao remover a *smear layer*, permitiu determinar a permeabilidade máxima, e 2) após a aplicação e fotopolimerização do adesivo OptiBond Universal®. Ambas as medições foram realizadas a cada 2 minutos, durante o intervalo total de 6 minutos.

Os valores obtidos foram utilizados para calcular a redução da permeabilidade da dentina. Ao valor inicial de permeabilidade dentinária, medido após o condicionamento ácido, foi atribuído um valor de 100% ($Pb = 100\%$). A redução de permeabilidade após aplicação do

adesivo (P_a) foi expressa, em percentagem, de valor máximo $100 - \left(\frac{P_a}{P_b} \times 100\right)$. Desta forma, cada espécime foi o seu próprio controlo.

7. Análise estatística

Os resultados obtidos relativos à redução de permeabilidade dos grupos de estudo foram sujeitos ao teste de Kolmogorov-Smirnov, que permitiu analisar a normalidade da distribuição, ao teste de Levene para avaliar a homogeneidade das variâncias, e ao *t-teste*, para comparar a redução de permeabilidade dos dois grupos de estudo.

IV. RESULTADOS

Os resultados obtidos na redução de permeabilidade de ambos os grupos de estudo, no que respeita a valores médios, desvio padrão, valores mínimos e máximos, encontram-se descritos na Tabela 1 e representados num gráfico de extremos e quartis, na Figura 2.

Tabela 1: Valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem, por grupo de estudo.

	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
SE	10	71,8%	18,07%	50%	100%
TE	10	81,7%	11,43%	66,67%	100%

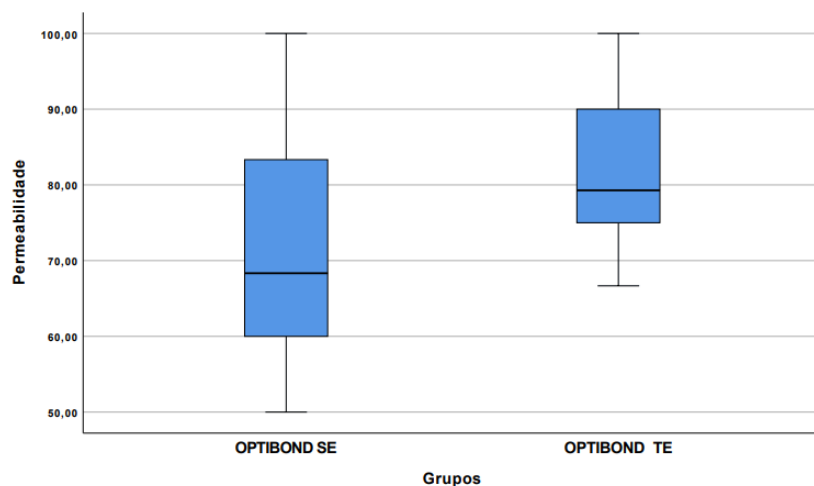


Figura 7: Extremos e quartis de redução de permeabilidade (%) dos grupos de estudo.

Na Tabela 1, é possível observar uma redução de permeabilidade dentinária após a aplicação do adesivo universal OptiBond Universal®, em ambos os grupos de estudo. A redução da permeabilidade verificou-se ser maior no Grupo II – aplicação do adesivo segundo a técnica *total-etch*. O desvio padrão foi maior no Grupo I – aplicação do adesivo segundo o modo *self-etch*. Segundo os valores máximos, houve redução da permeabilidade dentinária de 100% em ambos os grupos de estudo. Com base nos valores mínimos de redução de

permeabilidade, verificou-se sempre redução de permeabilidade após a aplicação do adesivo nos dois grupos de estudo, sendo que no Grupo II esta redução foi ligeiramente superior (66,67%). A permeabilidade mínima foi verificada no Grupo I, sendo a redução de 50%.

O diagrama de extremos e quartis (Figura 2), representa, graficamente, os resultados percentuais obtidos na redução da permeabilidade dos dois grupos.

Os dois grupos de estudo foram sujeitos ao teste de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 2) para avaliação da normalidade da distribuição de valores e ao teste de Levene (Tabela 3) para avaliação da homogeneidade das variâncias. O teste de Kolmogorov-Smirnov permitiu aferir que as amostras dos grupos de estudo seguem uma distribuição normal ($p > 0.05$) e o teste de Levene verificou que os grupos de estudo apresentam homogeneidade de variância ($p = 0.178$). O *t-test* (Tabela 4) permitiu comparar aos valores de redução de permeabilidade dos dois grupos, não tendo sido verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p = 0.160$).

Tabela 2: Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação de normalidade.

		Statistic	df	Sig.
Permeabilidade	SE	,141	10	,200
	TE	,258	10	,058

Tabela 3: Teste de Levene para avaliação da homogeneidade de variância.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	df
Permeabilidade	Equal variances assumed	1,966	,178	-1,467	18
	Equal variances not assumed			-1,467	15,206

Tabela 4: *T-test* para avaliação dos valores de redução de permeabilidade entre os dois grupos de estudo.

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Permeabilidade	Equal variances assumed	,160	-9,91667	6,76184
	Equal variances not assumed	,163	-9,91667	6,76184

V. DISCUSSÃO

O estudo dos sistemas adesivos, através da permeabilidade dentinária da camada híbrida, pode ajudar a esclarecer o motivo pelo qual ocorrem falhas adesivas, sensibilidade pós-operatória e dano do tecido pulpar.^(72, 85) A permeabilidade dentinária pode ser estudada através de métodos qualitativos, como microscopia eletrônica de varrimento e de transmissão, ou por métodos quantitativos, no caso da condutividade hidráulica.⁽⁸⁵⁾

Sabe-se que a permeabilidade está dependente da espessura dentinária, sendo uma espessura superior sinónimo de maior resistência à passagem de fluídos e, assim, de menor condutividade hidráulica.^(14, 73, 86, 87) Neste estudo a espessura de dentina profunda definida para os espécimes foi de aproximadamente 0.7mm. Em estudos anteriores de permeabilidade, foram utilizadas diferentes espessuras de segmentos de coroa, não existindo uma padronização.^(68, 71, 79)

A pressão hidráulica definida para o sistema foi de 37 cmH₂O, permitindo obter uma pressão próxima da fisiológica (variável entre os 14 e os 38 cmH₂O), sem comprometimento do conteúdo intratubular ou da camada híbrida e *resin tags* recém-formados.^(85, 88) No momento da aplicação do sistema adesivo e da recriação da *smear layer*, o sistema foi fechado de forma a evitar que a pressão hidrostática interferisse no procedimento adesivo.^(14, 88-90)

A metodologia deste estudo permite obter uma medida quantitativa da infiltração ao nível da interface adesiva, aferir se os túbulos dentinários são efetivamente selados, fazer múltiplas medições por espécime, de forma longitudinal e não destrutiva, e que cada espécime seja controlo de si próprio.⁽⁹⁰⁾ No entanto, os valores obtidos reportam somente à permeabilidade inicial do sistema adesivo, não sendo possível fazer uma avaliação a longo prazo, o que poderia ser vantajoso, uma vez que os sistemas adesivos tendem a sofrer degradação com o tempo.^(91, 92)

Idealmente, a aplicação de um sistema adesivo deve selar a dentina, contudo, sabe-se que todos os sistemas apresentam algum grau de permeabilidade, resultando em micro e/ou nanoinfiltração.⁽⁹³⁾ Os adesivos *self-etch* de um passo são os que apresentam menor capacidade de selar a superfície dentinária, sendo sugerido a aplicação de uma camada hidrófoba num passo isolado, com o intuito de melhorar o desempenho dos adesivos.^(32, 64) A incapacidade de reduzir a permeabilidade dentinária parece estar associada a menores forças de adesão, desta forma, quanto mais permeável for o adesivo pior parece ser o seu desempenho ao nível da camada híbrida.^(79, 93, 94)

Os adesivos universais, surgiram com o intuito de simplificar os procedimentos adesivos e reduzir o tempo clínico. A sua versatilidade permite ao clínico escolher a técnica adesiva a utilizar, *etch-and-rinse*, *self-etch* ou *selective-etch*.⁽⁴⁹⁾ Apesar de a maioria se comportar como adesivos *self-etch* de um passo, os adesivos universais incorporam monómeros funcionais que pretendem promover uma adesão química, através da ligação iónica, ao cálcio da hidroxiapatite. De acordo com os fabricantes, os adesivos universais podem ainda ser utilizados em diversos substratos. O desempenho dos adesivos universais está dependente do seu pH, composição química, do substrato e da técnica adesiva utilizada.^(28, 36, 47)

A maioria dos adesivos universais estudados contem 10-MDP como monómero funcional^(80, 95-100), o adesivo em estudo, Optibond Universal®, é um adesivo universal, composto por solventes (água, acetona e álcool) e um monómero funcional, o GPDM, que se sabe mais hidrofílico que o 10-MDP.

Embora o GPDM seja bastante hidrofílico, apresenta dois grupos metacrilato hidrófobos, o que permite, ainda assim, a penetração na dentina desmineralizada e a criação de uma forte rede polimérica. No entanto, alguns estudos^(53, 54, 99) verificaram que os sais formados com o cálcio da hidroxiapatite (GPDM-Ca) apresentavam elevada solubilidade, comprometendo as forças adesivas a longo prazo. Este adesivo apresenta um pH alto, de 2.5-3. Adesivos classificados de acordo com o seu pH em fracos (pH>2.5), têm uma interação limitada com a dentina, são incapazes de condicionar convenientemente o esmalte e as forças de adesão apresentam baixa estabilidade.^(53, 54, 99) Uma meta-análise de 2019⁽¹⁰¹⁾, refere que o condicionamento ácido do esmalte e da dentina, favorece os resultados clínicos de adesivos de pH elevado. Contudo, a desmineralização da dentina decorrente do condicionamento ácido anula o propósito de usar um adesivo com monómeros funcionais, capazes de se ligar quimicamente ao cálcio, através dos grupos fosfato ou carboxilato.^(36, 101)

Muitos dos estudos que têm como objetivo avaliar a influência da técnica adesiva no desempenho de adesivos universais, seguem o protocolo recomendado pelo fabricante, sem a introdução de desvios ao mesmo.^(62, 75, 96, 100, 102) No entanto, na prática clínica, os desvios ao protocolo recomendado pelo fabricante, tal como a redução do tempo de aplicação estudado neste trabalho, são provavelmente frequentes.

Na realização deste estudo, foi possível constatar que apesar da redução do tempo de aplicação do adesivo universal, o mesmo permitiu a redução da permeabilidade de todos os espécimes. Em ambos os grupos foi possível verificar a redução completa da permeabilidade

dentinária em alguns espécimes, não existindo sinais mesuráveis de infiltração ao nível da camada híbrida, pelo que a selagem completa dos túbulos dentinários terá sido alcançada. A utilização da técnica *etch-and-rinse* (Grupo II) foi capaz de reduzir mais a permeabilidade dentinária do que a técnica *self-etch* (Grupo I), sendo os valores de redução de permeabilidade médios 81.67% para o Grupo II e de 71.75% para o Grupo I. Contudo, os resultados obtidos não demonstram a existência de diferenças estatisticamente significativas entre a aplicação durante 5 segundos do adesivo universal pela técnica SE e pela técnica ER.

Wagner *et al* ⁽¹⁰⁰⁾, ao compararem o modo de aplicação de três adesivos universais, não verificaram diferenças no seu desempenho entre a técnica ER e SE. A ausência de diferenças significativas entre a técnica SE e ER é também corroborada por Saito *et al* que avaliou a influência da redução do tempo de aplicação adesivos universais e a técnica adesiva utilizada, concluindo que o modo de aplicação, não apresenta diferenças significativas na adesão. No entanto observou que a diminuição do tempo de aplicação do adesivo afeta negativamente as forças de adesão.⁽⁸⁰⁾

Num estudo, em que avaliou a influência de desvio no protocolo do fabricante de um adesivo *etch-and-rinse* de três passos, Cavalheiro *et al* ⁽⁷⁹⁾, verificou que ao reduzir o tempo de aplicação do *primer*, de 30 segundos para 4 segundos, a capacidade de infiltração na rede desmineralizada era inferior, impedido a redução conveniente da permeabilidade dentinária. O grupo que cumpriu o protocolo estabelecido pelo fabricante obteve uma redução da permeabilidade dentinária de 99.5%, comparativamente aos 73% de redução observados no grupo com um tempo de aplicação de 4 segundos. Desta forma, a incorreta aplicação do sistema adesivo pode afetar a qualidade da adesão dentinária. Em 2021, Cavalheiro *et al* ⁽⁸⁵⁾ avaliaram vários desvios ao protocolo do fabricante, desta vez num adesivo *etch-and-rinse* de dois passos. No grupo sujeito à redução do tempo de aplicação do *primer* de 15 para 5 segundos, a resina não foi capaz de infiltrar toda a extensão de dentina desmineralizada. O valor médio de redução da permeabilidade aquando da utilização do protocolo recomendado pelo fabricante foi de 80.3%, e de 72.25%, com a aplicação reduzida a 5 segundos. Foi também verificada a existência de espaços interfibrilares contendo sinais de nanoinfiltração. A ação do *primer* é assim depende do seu tempo de aplicação, uma vez que o desvio introduzido se traduziu no compromisso da selagem da dentina, com elevado grau de nanoinfiltração.⁽⁸⁵⁾ Com base nos estudos supracitados, a utilização de um adesivo ER simplificado parece reduzir o desempenho do adesivo, possivelmente devido à inexistência da aplicação de uma verdadeira camada hidrófoba, comprometendo a hibridização.^(90, 103, 104)

Frankenberger ⁽¹⁰⁵⁾ também estudou o efeito da introdução de desvios de protocolo ao recomendado pelo fabricante, comparando três adesivos quanto à força de adesão e adaptação marginal. Os grupos em que o tempo de aplicação foi reduzido apresentaram maior compromisso da integridade marginal e das forças adesivas, sugerindo que também estes adesivos são suscetíveis à técnica de utilização, e que o incumprimento dos protocolos preconizados pelos fabricantes terá efeitos nocivos na adesão dentinária.

A técnica *self-etch* está associada a menor capacidade de desmineralização da dentina, uma vez que não existe condicionamento prévio da superfície, sendo a interação com o substrato dependente da ação dos monómeros acídicos. Desta forma, a manutenção da *smear layer* e dos *smear plugs* permite que os valores de permeabilidade dentinária sejam inferiores, comparativamente aos sistemas ER. ^(40, 65) Por conseguinte, seria expectável que a redução de permeabilidade fosse superior no Grupo I, uma vez que toda a dentina desmineralizada seria impregnada. Por outro lado, o facto de o adesivo OptiBond Universal® ter um pH elevado, e o tempo de aplicação ter sido reduzido para 5 segundos, poderá ter limitado a ação e penetração dos monómeros acídicos na dentina e, impedido a formação e deposição dos sais GPDM-Ca e a criação de uma camada híbrida adequada, refletindo-se posteriormente na incapacidade de reduzir eficazmente a permeabilidade dentinária. O efeito do tempo de aplicação pode ser também corroborado por Saikaew *et al*, que ao avaliar o desempenho de três adesivos universais pela técnica *self-etch*, verificou que a redução do tempo de aplicação do adesivo, conduziu a diferenças significativas na diminuição das forças de adesão. ^(78, 81)

No que respeita à aplicação pela técnica *etch-and-rinse*, a incapacidade dos monómeros infiltrarem toda profundidade de dentina desmineralizada, pode resultar numa insuficiente hibridização, deixando as fibras de colagénio mais suscetíveis à degradação. ⁽³⁵⁾ Hashimoto ⁽³³⁾ ao estudar os erros introduzidos pelo operador na técnica adesiva ER, constatou que um tempo de aplicação reduzido, associado a uma deficiente evaporação do solvente, contribuía para o aumento da permeabilidade, tornando a interface adesiva mais propensa a deterioração, comprometendo as capacidades mecânicas do sistema adesivo. No entanto, no presente estudo, não existem diferenças estatisticamente significativas entre a técnica SE e ER. Tal poderá dever-se ao facto de o GPDM ser um monómero bastante hidrofílico e de o condicionamento ácido permitir a exposição prévia das fibras de colagénio. Desta forma, apesar da redução do tempo de aplicação, a impregnação do adesivo seria facilitada, refletindo-se na criação de uma camada híbrida mais uniforme e mais resistente à infiltração. ^(64, 91) A desmineralização pelo

condicionamento ácido, poderá ter impossibilitado a interação do GPDM com a hidroxiapatite, impedindo a sua ligação química à dentina.

Cruz *et al*, verificou que a diferença entre a técnica ER e SE na redução da permeabilidade, mostrou ser dependente do sistema adesivo utilizado, apresentando dois dos quatro adesivos diferenças estatisticamente significativas na redução de permeabilidade, favorável à técnica ER. Os adesivos estudados exibiram todos sinais de nanoinfiltração, mostrando-se incapazes de reduzir por completo a permeabilidade dentinária.⁽⁹⁰⁾ Munõz *et al* ao estudarem as propriedades dos adesivos universais aferiram que não existiam discrepâncias no que respeita à técnica adesiva selecionada, porém em comparação aos grupos de controlo, estes apresentavam pior desempenho, e mais sinais de nanoinfiltração.^(95, 96)

No entanto, Mena-Serrano *et al* ao avaliaram o desempenho clínico de um adesivo universal em restaurações classe V, em modo *self-etch* e *etch-and-rinse* ao longo de cinco anos, também não denotaram diferenças significativas entre grupos de estudo no momento dos controlos realizados aos 6 e 36 meses.⁽¹⁰⁶⁾ Contudo, na avaliação a 5 anos foram verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p= 0.01$), no que respeita a sinais de degradação marginal, com aumento da pigmentação marginal, e a falhas na adaptação das restaurações, quando o adesivo universal foi empregue segundo a técnica SE. A falha adesiva mostrou ser 2.6 mais provável em sistemas SE do que em sistemas ER. A incapacidade de os adesivos universais condicionarem adequadamente o esmalte é apontado como o fator principal para o insucesso das restaurações.⁽¹⁰²⁾ Estes resultados sugerem que o envelhecimento pode ter mais influência na técnica SE do que na técnica ER. Desta forma e, não obstante aos resultados obtidos na redução de permeabilidade imediata, deverá ser estudado o efeito do tempo de aplicação na adesão a longo prazo. Os resultados descritos na literatura corroboram os resultados obtidos no presente estudo, no que respeita à avaliação da permeabilidade imediata do adesivo OptiBond Universal®, não se verificando diferenças significativas entre a técnica ER e SE.

Ficou evidente que a redução do tempo de aplicação do adesivo poderá comprometer seriamente a adesão dentinária.⁽¹⁰⁷⁾ Devido ao elevado grau de influência de desvio de protocolo no sucesso da adesão, a tentativa de otimizar o tempo clínico pode muitas vezes conduzir a falhas catastróficas nos sistemas adesivos, pelo que o protocolo do fabricante deve ser respeitado pelos clínicos.^(78, 79, 81, 85, 90, 105)

Um bom desempenho em testes *in vitro* pode ser indicador de bom resultado clínico, permitindo avaliar o comportamento dos sistemas adesivos, numa primeira fase. Apesar da

validade dos estudos *in vitro*, a realização de ensaios clínicos é sempre preferível, fornecendo um maior grau evidência científica.

Os resultados obtidos não podem ser diretamente extrapolados para a realidade clínica, uma vez que os sistemas adesivos são muitas vezes aplicados em condições distintas às do presente estudo. Nomeadamente, a presença de dentina esclerótica ou afetada, condiciona a técnica adesiva ^(19, 22, 70), e neste estudo não foi alvo de avaliação, uma vez que os espécimes selecionados não apresentavam qualquer sinal de lesão de cárie. A avaliação do comportamento dos sistemas adesivos, a médio e longo prazo, deve ser também alvo de estudo.

Tendo em consideração que os sistemas universais são relativamente recentes e estão sujeitos a constantes reformulações, é necessário realizar mais estudos que avaliem a sua capacidade de reduzir a permeabilidade dentinária, assim como os efeitos que os desvios ao protocolo recomendado pelo fabricante podem ter no seu desempenho clínico.

VI. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que não existem diferenças significativas na redução de permeabilidade dentinária após a aplicação de um sistema adesivo universal (OptiBond Universal®, Kerr), em que o tempo de aplicação do adesivo foi reduzido para 5 segundos relativamente aos 20 segundos preconizados pelo fabricante, entre a técnica *etch-and-rinse* e a técnica *self-etch*, aceitando-se, assim, a hipótese nula H_0 formulada.

A redução do tempo de aplicação do adesivo universal usado neste estudo, parece afetar de igual forma, a eficácia de selagem da dentina, em ambas as técnicas de aplicação: *etch-and-rinse* e *self-etch*.

VII. REFERÊNCIAS

1. Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, Robinson SJ. Current concepts on adhesion to dentin. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1997;8(3):306-35.
2. Buonocore MG. Principles of Adhesive Retention and Adhesive Restorative Materials. *J Am Dent Assoc.* 1963;67:382-91.
3. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.
4. Perdigao J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion - not there yet. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020;56(1):190-207.
5. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater.* 1995;11(2):117-25.
6. Bowen RL, Marjenhoff WA. Development of an adhesive system for bonding to hard tooth tissues. *J Esthet Dent.* 1991;3(3):86-90.
7. Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):277-301, vi.
8. Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:31-44.
9. Bedran-Russo A, Leme-Kraus AA, Vidal CMP, Teixeira EC. An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth-Adhesive Interface. *Dent Clin North Am.* 2017;61(4):713-31.
10. Loyola-Rodriguez JP, Zavala-Alonso V, Reyes-Vela E, Patino-Marin N, Ruiz F, Anusavice KJ. Atomic force microscopy observation of the enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching. *J Electron Microsc (Tokyo).* 2010;59(2):119-25.
11. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma).* 2017;8(1):1-17.
12. Zhu JJ, Tang AT, Matinlinna JP, Hagg U. Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2014;112(2):122-35.
13. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32.

14. Pashley DH. Clinical correlations of dentin structure and function. *J Prosthet Dent.* 1991;66(6):777-81.
15. Gale MS, Darvell BW. Dentine permeability and tracer tests. *J Dent.* 1999;27(1):1-11.
16. Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1996;7(2):104-33.
17. Nakabayashi N. The hybrid layer: a resin-dentin composite. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88 Suppl 1:321-9.
18. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265-73.
19. Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. *J Oral Rehabil.* 2017;44(4):291-8.
20. Prati C, Pashley DH. Dentin wetness, permeability and thickness and bond strength of adhesive systems. *Am J Dent.* 1992;5(1):33-8.
21. Schulze KA, Oliveira SA, Wilson RS, Gansky SA, Marshall GW, Marshall SJ. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials.* 2005;26(9):1011-8.
22. Isolan CP, Sarkis-Onofre R, Lima GS, Moraes RR. Bonding to Sound and Caries-Affected Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent.* 2018;20(1):7-18.
23. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent.* 1997;25(5):355-72.
24. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater.* 1990;6(1):45-50.
25. Pashley DH. Clinical considerations of microleakage. *J Endod.* 1990;16(2):70-7.
26. Tao L, Pashley DH. Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. *Dent Mater.* 1988;4(6):371-8.
27. Pashley DH. Dentin bonding: overview of the substrate with respect to adhesive material. *J Esthet Dent.* 1991;3(2):46-50.
28. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J.* 2005;24(1):1-13.
29. Kato G, Nakabayashi N. Effect of phosphoric acid concentration on wet-bonding to etched dentin. *Dent Mater.* 1996;12(4):250-5.
30. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79(6):1385-91.

31. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigao J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2019;107(6):2121-31.
32. 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. *Dent Mater.* 2008;24(1):90-101.
33. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, et al. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater.* 2006;22(6):560-8.
34. Perdigao J, Reis A, Loguercio AD. Dentin adhesion and MMPs: a comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 2013;25(4):219-41.
35. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):1-16.
36. Hardan L, Bourgi R, Kharouf N, Mancino D, Zarow M, Jakubowicz N, et al. Bond Strength of Universal Adhesives to Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers (Basel).* 2021;13(5).
37. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2015;43(7):765-76.
38. 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.
39. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater.* 2005;21(10):895-910.
40. Gregoire G, Guignes P, Millas A. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *J Prosthet Dent.* 2005;93(1):56-63.
41. Moszner N, Hirt T. New polymer-chemical developments in clinical dental polymer materials: Enamel-dentin adhesives and restorative composites. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry.* 2012;50(21):4369-402.
42. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater.* 2001;17(4):296-308.
43. Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, et al. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *J Dent.* 2004;32(8):611-21.

44. Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, et al. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2007;23(6):705-13.
45. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater.* 2005;21(9):864-81.
46. Pranckeviciene A, Narbutaite R, Siudikiene J, Damasevicius R, Maskeliunas R. An in vitro evaluation of microleakage of class V composite restorations using universal adhesive under different level of cavity moisture conditions. *Stomatologija.* 2019;21(4):113-8.
47. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):17-28.
48. Erickson RL, Barkmeier WW, Kimmes NS. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater.* 2009;25(10):1187-94.
49. Perdigao J, Swift EJ, Jr. Universal Adhesives. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(6):331-4.
50. Cetin AR, Dinc H. Effects of artificial aging on the bond strengths of universal dental adhesives. *Niger J Clin Pract.* 2020;23(8):1148-54.
51. Owens BM, Johnson WW. Effect of single step adhesives on the marginal permeability of Class V resin composites. *Oper Dent.* 2007;32(1):67-72.
52. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007;28(26):3757-85.
53. Han F, Dai S, Yang J, Shen J, Liao M, Xie H, et al. Glycerol Phosphate Dimethacrylate: An Alternative Functional Phosphate Ester Monomer to 10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate for Enamel Bonding. *ACS Omega.* 2020;5(38):24826-37.
54. Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Okihara T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Chemical interaction of glycerophosphate dimethacrylate (GPDM) with hydroxyapatite and dentin. *Dent Mater.* 2018;34(7):1072-81.
55. Luque-Martinez IV, Perdigao J, Munoz MA, Sezinando A, Reis A, Loguercio AD. Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent Mater.* 2014;30(10):1126-35.
56. Tsujimoto A, Shimatani Y, Nojiri K, Barkmeier WW, Markham MD, Takamizawa T, et al. Influence of surface wetness on bonding effectiveness of universal adhesives in etch-and-rinse mode. *Eur J Oral Sci.* 2019;127(2):162-9.

57. Toledano M, Cabello I, Yamauti M, Giannini M, Aguilera FS, Osorio E, et al. Resistance to degradation of resin-dentin bonds produced by one-step self-etch adhesives. *Microsc Microanal*. 2012;18(6):1480-93.
58. Saeed NA, Tichy A, Shimada Y. Bonding of universal adhesives to bur-cut dentin: Effect of double application and dentin moisture level. *Dent Mater J*. 2022.
59. 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.
60. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, et al. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res*. 2004;83(11):843-8.
61. Thanatvarakorn O, Prasansuttiporn T, Takahashi M, Thittaweerat S, Foxton RM, Ichinose S, et al. Effect of Scrubbing Technique with Mild Self-etching Adhesives on Dentin Bond Strengths and Nanoleakage Expression. *J Adhes Dent*. 2016;18(3):197-204.
62. Loguercio AD, Munoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigao J. Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *J Dent*. 2015;43(9):1060-70.
63. Jacker-Guhr S, Sander J, Luehrs AK. How "Universal" is Adhesion? Shear Bond Strength of Multi-mode Adhesives to Enamel and Dentin. *J Adhes Dent*. 2019;21(1):87-95.
64. Perdigao J, Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A, et al. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent*. 2014;39(5):489-99.
65. Perdigao J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am*. 2007;51(2):333-57, viii.
66. Pashley DH MV, Kehl T. Dentin permeability: Effects of smear layer removal. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1981;46:531-7.
67. Prati C, Ferrieri P, Galloni C, Mongiorgi R, Davidson CL. Dentine permeability and bond quality as affected by new bonding systems. *J Dent*. 1995;23(4):217-26.
68. Prati C, Chersoni S, Acquaviva GL, Breschi L, Suppa P, Tay FR, et al. Permeability of marginal hybrid layers in composite restorations. *Clin Oral Investig*. 2005;9(1):1-7.
69. Mjor IA. Dentin permeability: the basis for understanding pulp reactions and adhesive technology. *Braz Dent J*. 2009;20(1):3-16.
70. Pashley EL TR, Horner JA, Pashley DH. Permeability of normal versus carious dentin. *Endod Dent Traumatol* 1991;7(5):207-11.

71. Prati C, Erickson R, Tao L, Simpson M, Pashley DH. Measurement of dentin permeability and wetness by use of the Periotron device. *Dent Mater.* 1991;7(4):268-73.
72. Prati C. What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *J Dent.* 1994;22(2):83-8.
73. Reeder OW, Jr., Walton RE, Livingston MJ, Pashley DH. Dentin permeability: determinants of hydraulic conductance. *J Dent Res.* 1978;57(2):187-93.
74. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):e24-37.
75. Yamauchi K, Tsujimoto A, Jurado CA, Shimatani Y, Nagura Y, Takamizawa T, et al. Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives. *J Oral Sci.* 2019;61(4):549-53.
76. Siqueira FSF, Armas-Vega A, Izquierdo-Bucheli A, Pinto TF, Hanzen TA, Bauer J, et al. Does the Conditioning Mode and Duration of Universal Adhesives Affect the Bonding Effectiveness to Fluorotic Enamel? *J Adhes Dent.* 2019;21(6):525-36.
77. Velasquez LM, Sergent RS, Burgess JO, Mercante DE. Effect of placement agitation and placement time on the shear bond strength of 3 self-etching adhesives. *Oper Dent.* 2006;31(4):426-30.
78. Saikaew P, Chowdhury AF, Fukuyama M, Kakuda S, Carvalho RM, Sano H. The effect of dentine surface preparation and reduced application time of adhesive on bonding strength. *J Dent.* 2016;47:63-70.
79. Cavalheiro A, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV, Gratton DG. Effect of incorrect primer application on dentin permeability. *J Adhes Dent.* 2006;8(6):393-400.
80. Saito T, Takamizawa T, Ishii R, Tsujimoto A, Hirokane E, Barkmeier WW, et al. Influence of Application Time on Dentin Bond Performance in Different Etching Modes of Universal Adhesives. *Oper Dent.* 2020;45(2):183-95.
81. Saikaew P, Matsumoto M, Chowdhury A, Carvalho RM, Sano H. Does Shortened Application Time Affect Long-Term Bond Strength of Universal Adhesives to Dentin? *Oper Dent.* 2018;43(5):549-58.
82. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol.* 1988;33(4):265-70.
83. Outhwaite WC, McKenzie DM, Pashley DH. A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. *J Dent Res.* 1974;53(6):1503.
84. Pashley DH. Mechanisms of dentin sensitivity. *Dent Clin North Am.* 1990;34(3):449-73.

85. Cavalheiro A, Cruz J, Sousa B, Silva A, Coito C, Lopes M, et al. Dentin adhesives application deviations: Effects on permeability and nanoleakage. *Dent Mater J*. 2021;40(5):1160-8.
86. Pashley DH. Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod*. 1986;12(10):465-74.
87. Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol*. 1987;32(7):519-23.
88. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod*. 1995;21(4):191-4.
89. Camps J, Giustiniani S, Dejou J, Franquin JC. Low versus high pressure for in vitro determination of hydraulic conductance of human dentine. *Arch Oral Biol*. 1997;42(4):293-8.
90. Cruz J, Silva A, Eira R, Sousa B, Lopes M, Cavalheiro A. Dentin Permeability and Nanoleakage of Universal Adhesives in Etch-and-rinse vs Self-etch Modes. *Oper Dent*. 2021;46(3):293-305.
91. Betancourt DE, Baldion PA, Castellanos JE. Resin-Dentin Bonding Interface: Mechanisms of Degradation and Strategies for Stabilization of the Hybrid Layer. *Int J Biomater*. 2019;2019:5268342.
92. Mazzoni A, Scaffa P, Carrilho M, Tjaderhane L, Di Lenarda R, Polimeni A, et al. Effects of etch-and-rinse and self-etch adhesives on dentin MMP-2 and MMP-9. *J Dent Res*. 2013;92(1):82-6.
93. Hashimoto M, Tay FR, Ito S, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Permeability of adhesive resin films. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2005;74(2):699-705.
94. L Tao DHP. The relationship between dentin bond strengths and dentin permeability. *Dent Mater*. 1989;5(2):133-9.
95. Muñoz MA LI, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. 2013;41(5):404-11.
96. Munoz MA, Luque-Martinez I, Malaquias P, Hass V, Reis A, Campanha NH, et al. In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Oper Dent*. 2015;40(3):282-92.
97. Gregoire G, Sharrock P, Prigent Y. Performance of a universal adhesive on etched and non-etched surfaces: Do the results match the expectations? *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2016;66:199-205.

98. Oz FD, Ergin E, Canatan S. Twenty-four-month clinical performance of different universal adhesives in etch-and-rinse, selective etching and self-etch application modes in NCCL - a randomized controlled clinical trial. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e20180358.
99. Hoshika S, Kameyama A, Suyama Y, De Munck J, Sano H, Van Meerbeek B. GPDM- and 10-MDP-based Self-etch Adhesives Bonded to Bur-cut and Uncut Enamel - "Immediate" and "Aged" microTBS. *J Adhes Dent.* 2018;20(2):113-20.
100. 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.
101. Cuevas-Suarez 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.
102. Loguercio AD, de Paula EA, Hass V, Luque-Martinez I, Reis A, Perdigao J. A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial. *J Dent.* 2015;43(9):1083-92.
103. Sezinando A, Luque-Martinez I, Munoz MA, Reis A, Loguercio AD, Perdigao J. Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives. *Dent Mater.* 2015;31(10):e236-46.
104. Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD, et al. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent.* 2014;42(5):595-602.
105. Frankenberger R KN, Petschelt A. Technique Sensitivity of Dentin Bonding - effect of application mistakes. *Oper Dent.* 2000(4):234-30.
106. Mena-Serrano A, Kose C, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD, et al. A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *J Esthet Restor Dent.* 2013;25(1):55-69.
107. Zhang ZY, Tian FC, Niu LN, Ochala K, Chen C, Fu BP, et al. Defying ageing: An expectation for dentine bonding with universal adhesives? *J Dent.* 2016;45:43-52.