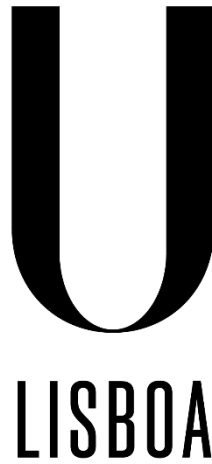


Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Desvios no protocolo de aplicação de um sistema adesivo
universal em modo *total-etch* e a sua influência na
permeabilidade dentinária**

Beatriz Catarino Nogueira

Orientador:

Professor Doutor Alexandre Josué Costa Cabeleira da Silva Cavalheiro

Co-orientadora:

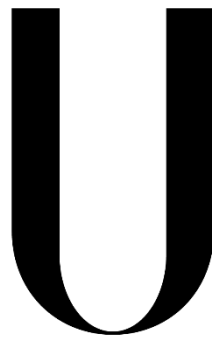
Professora Doutora Maria do Rosário Oliveira Mexia Esteves

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2020

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Desvios no protocolo de aplicação de um sistema adesivo
universal em modo *total-etch* e a sua influência na
permeabilidade dentinária**

Beatriz Catarino Nogueira

Orientador:

Professor Doutor Alexandre Josué Costa Cabeleira da Silva Cavalheiro

Co-orientadora:

Professora Doutora Maria do Rosário Oliveira Mexia Esteves

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2020

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Alexandre Cavalheiro, por todo o auxílio, disponibilidade e partilha de conhecimento.

À Madalena Afonso, a minha *partenaire* de laboratório, por toda a ajuda, motivação e companhia nas longas horas que passámos juntas. Sem ela este trabalho não teria sido possível.

À Dra. Catarina Coito e ao Dr. Bernardo Romão de Sousa pelo apoio, todos os conselhos e preocupação.

À Professora Doutora Joana Cruz, pela ajuda incansável, paciência, prestabilidade e por estar sempre disponível para esclarecer as nossas dúvidas.

À Professora Doutora Rosário Mexia, pela sabedoria e por se ter demonstrado pronta a ajudar.

À Joana Nogueira, a minha eterna dupla, pelo apoio e por estar lá todos os dias, bons e maus. Palavras nunca serão suficientes.

À Ana Marques, Catarina Andrade, Joana Antunes, Margarida Venâncio e Sara Gomes, pela amizade, por todas as memórias criadas e pelo que ainda está para vir.

À Eduarda Fragoso e ao Ricardo Neto, pela amizade, companhia durante a jornada que foi escrever esta tese e por, no final, ainda terem paciência de a ler.

Aos meus amigos, por estarem sempre ao meu lado.

E, por último, aos meus pais, pelo amor incondicional e por tudo o que me proporcionaram.

RESUMO

Objetivo: Quantificar a permeabilidade dentinária, medida em termos de condutividade hidráulica, do sistema adesivo universal Prime&Bond active® (Dentsply Sirona), aplicado na dentina de acordo com a técnica *total-etch*, introduzindo desvios no protocolo de aplicação definido pelo fabricante.

Materiais e Métodos: Trinta dentes (N=30) foram preparados e divididos aleatoriamente por três grupos de estudo - Grupo I (controlo), seguindo as instruções do fabricante; Grupo II, reduzindo o tempo de aplicação do adesivo para 5 segundos; Grupo III, aumentando o tempo de secagem do adesivo para 10 segundos. Foi medida a permeabilidade máxima de cada espécime após a aplicação de ácido fosfórico 37% durante 15 segundos. De seguida, foi aplicado o adesivo universal pela técnica *total-etch* de acordo com o protocolo do grupo no qual o espécime se inseria. A taxa de fluxo em milímetros por minuto foi calculada tendo por base a observação do fluxo ao longo de um intervalo de 6 minutos, permitindo assim o cálculo da redução da permeabilidade dentinária.

Os resultados foram analisados com o teste não-paramétrico de Kruskal-Willis, tendo a normalidade sido verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene.

Resultados: O Grupo III obteve os valores de redução de permeabilidade dentinária mais elevados ($88\pm 20,98\%$), seguido do Grupo I (controlo) ($80\pm 25,82\%$) e, por último, o Grupo II ($28,67\pm 35,94\%$). A diferença na redução de permeabilidade dentinária foi estatisticamente significativa entre os Grupos I e II ($p=0,005$), mas não entre os Grupos I e III ($p=0,616$).

Conclusão: A redução do tempo de aplicação do adesivo para 5 segundos afeta significativamente os valores de redução de permeabilidade dentinária. O aumento do tempo de secagem para 10 segundos não revelou afetar significativamente os valores de redução de permeabilidade dentinária.

Palavras-chave: Sistema adesivo universal, *total-etch*, permeabilidade dentinária, estudo laboratorial.

ABSTRACT

Aim: Quantify the dentin permeability, measured in terms of hydraulic conductance, of the universal adhesive system Prime&Bond active® (Dentsply Sirona), applied to dentin according the *total-etch* technique, introducing deviations on the application protocol defined by the manufacturer.

Materials and Methods: Thirty teeth (N=30) were prepared and randomly divided into three study groups - Group I (control), following the manufacturer's instructions; Group II, reducing the application time of the adhesive to 5 seconds; Group III, increasing the drying time of the adhesive to 10 seconds. The maximum permeability was measured in each specimen after the application of 37% phosphoric acid for 15 seconds. The universal adhesive was then applied following the *total-etch* technique according to the protocol of the group in which the specimen was inserted. The flow rate in millimeters per minute was calculated based on the observation of the flow rate during a 6 minute interval, allowing the calculation of dentin permeability reduction.

The results were analyzed using the Kruskal-Willis non-parametric test, the normality was verified by the Kolmogorov-Smirnov test and the homogeneity of variances by the Levene test.

Results: Group III obtained the highest dentin permeability reduction values ($88\pm 20.98\%$), followed by Group I (control) ($80\pm 25.82\%$) and, finally, Group II ($28.67\pm 35.94\%$). The difference in the reduction of dentin permeability was statistically significant between Groups I and II ($p=0,005$), but not between Groups I and III ($p=0,616$).

Conclusion: The reduction of the adhesive application time to 5 seconds significantly affects the dentin permeability reduction values. The increase of the drying time to 10 seconds was not found to significantly affect the dentin permeability reduction values.

Key-words: Universal adhesive system, *total-etch*, dentin permeability, laboratory study.

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| AGRADECIMENTOS..... | iii |
| RESUMO | v |
| ABSTRACT | vi |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS..... | ix |
| ABREVIATURAS..... | x |
| I. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1. Adesão..... | 1 |
| 1.1. Adesão dentária..... | 1 |
| 1.2. Substratos dentários..... | 1 |
| 1.2.1. <i>Smear layer</i> | 2 |
| 1.3. Sistemas Adesivos..... | 2 |
| 1.3.1. Classificação dos sistemas adesivos..... | 2 |
| 1.3.1.1. Sistemas adesivos <i>etch-and-rinse</i> ou <i>total-etch</i> | 3 |
| 1.3.1.2. Sistemas adesivos <i>etch-and-dry</i> ou <i>self-etch</i> | 4 |
| 1.3.1.3. Comparação dos sistemas adesivos <i>total-etch</i> e <i>self-etch</i> | 5 |
| 1.3.1.4. Sistemas Adesivos Universais..... | 5 |
| 2. Permeabilidade Dentinária..... | 7 |
| 3. Sensibilidade Pós-Operatória..... | 8 |
| 4. Desvios ao protocolo do fabricante..... | 8 |
| 4.1. Redução no tempo de aplicação do adesivo..... | 8 |
| 4.2. Secagem incompleta do adesivo..... | 8 |
| II. OBJETIVO..... | 11 |
| III. MATERIAIS E MÉTODOS | 13 |
| 1. Tipo de investigação..... | 13 |
| 2. Design do estudo..... | 13 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 3. | Preparação dos dentes | 13 |
| 4. | Distribuição e tratamento dos espécimes | 15 |
| 4.1. | Grupo I - Instruções do fabricante | 15 |
| 4.2. | Grupo II - Redução do tempo de aplicação para 5 segundos | 16 |
| 4.3. | Grupo III - Aumento do tempo de secagem para 10 segundos..... | 16 |
| 5. | Materiais utilizados | 17 |
| 6. | Ensaio de permeabilidade..... | 17 |
| 6.1. | Cálculos para determinação da permeabilidade dentinária | 18 |
| IV. | RESULTADOS | 21 |
| V. | DISCUSSÃO..... | 25 |
| VI. | CONCLUSÃO | 31 |
| VII. | REFERÊNCIAS..... | 33 |
| VIII. | ANEXOS..... | 41 |
| | Anexo 1 - Protocolo do fabricante..... | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Dente fixado ao suporte acrílico..... | 14 |
| Figura 2: Primeiro corte, 1-2mm abaixo da junção amelocementária..... | 14 |
| Figura 3: Segmento de coroa..... | 14 |
| Figura 4: Aplicação de ácido fosfórico a 37% na porção pulpar do segmento de coroa..... | 14 |
| Figura 5: Segmento de coroa colada em peças acrílicas estandardizadas com godiva..... | 14 |
| Figura 6: Polimento da superfície oclusal do segmento de coroa..... | 14 |
| Figura 7: Adesivo Prime&Bond active® (Dentsply Sirona)..... | 15 |
| Figura 8: Diagrama esquemático do aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentinária..... | 18 |
| Figura 9: Aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentinária..... | 18 |
| | |
| Tabela 1: Materiais utilizados e a sua respetiva descrição..... | 17 |
| Tabela 2: Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores..... | 21 |
| Tabela 3: Teste de Levene para avaliação da homogeneidade das variâncias..... | 21 |
| Tabela 4: Valores de média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem, por grupo experimental..... | 22 |
| | |
| Diagrama 1: Diagrama de extremos e quartis relativo à redução de permeabilidade (%) dos grupos testados..... | 23 |

ABREVIATURAS

Compostos químicos:

4-MET - Ácido 4-metacriloxietil trimelítico

10-MDP - 10-metacrilóidecilo dihidrogénio fosfato

bis-GMA – Bisfenol-A-glicidilmetacrilato

fenil-P - 2-metacriloxietil fenil hidrogenofosfato

HEMA - 2-hidroxietilmetacrilato

TEGDMA - Trietilenoglicol dimetacrilato

UDMA - Uretano dimetacrilato

Unidades de medida:

µm - Micrómetro

cm – Centímetro

cmH₂O - Centímetro de água

G – Gauge

mm – Milímetro

mW/cm² - Miliwatt por centímetro quadrado

nm – Nanómetro

pH - Potencial hidrogeniónico

rpm - Rotação por minuto

Símbolos:

% - Por cento

N – Tamanho da amostra

p – Significância estatística

Pa - Permeabilidade de cada espécime após a aplicação e fotopolimerização do adesivo

Pb - Permeabilidade máxima de cada espécime

I. INTRODUÇÃO

1. Adesão

A adesão é definida como uma atração molecular exercida entre as superfícies de corpos em contacto ou atração entre moléculas numa interface. ^(1, 2)

O material que produz a adesão é designado adesivo e o substrato sobre o qual este é aplicado é denominado aderente. A zona compreendida entre estas duas superfícies é intitulada interface. ^(1, 2)

1.1. Adesão dentária

Os adesivos dentários são soluções de monómeros de resina que facilitam a união de um material restaurador a um substrato dentário após a sua polimerização. ^(3, 4)

O mecanismo primário de adesão aos tecidos dentários, inicialmente descrito por Nakabayashi, em 1982, baseia-se na substituição de material dentário inorgânico por monómeros de adesivo, formando-se uma interligação micromecânica – hibridização - ao nível dos microporos criados pelo condicionamento ácido prévio. ⁽⁵⁻¹⁹⁾

1.2. Substratos dentários

A disparidade entre os substratos dentários é passível de comprometer a obtenção de uma adaptação íntima entre o material restaurador e o dente. Enquanto a adesão ao esmalte é uma técnica mais fiável e previsível, a adesão à dentina representa ainda um problema a longo prazo, com resultados inconsistentes. Tais discrepâncias estão relacionadas com diferenças morfológicas, histológicas e na composição entre os dois substratos. ^(3, 5, 6)

O esmalte é constituído por cerca de 90% de hidroxiapatite - componente inorgânica -, sendo o restante água e matéria orgânica. ^(5, 7, 8, 20)

Por sua vez, a dentina é um substrato dinâmico que apresenta uma estrutura histológica mais complexa que o esmalte, possuindo apenas 70% de matéria inorgânica, podendo esta percentagem variar com a localização, profundidade e outros fatores, tais como a idade dentária e historial de trauma e/ou patologia. A presença de túbulos preenchidos por fluido dentinário, que se estendem da polpa à junção amelodentinária, mantém a dentina permanentemente hidratada. Resumindo, a estrutura dinâmica e tubular e hidrofiliidade da dentina são duas das principais razões pelas quais a adesão ainda não é ideal, sendo passível de ocorrer infiltração marginal quando usados adesivos à base de resina sobre margens em dentina. ^(5-9, 20-26)

1.2.1. Smear layer

Aquando da instrumentação dentária com brocas ou outros instrumentos rotatórios formam-se detritos orgânicos e inorgânicos que se ligam à superfície da dentina, criando uma estrutura uniforme e amorfa designada *smear layer*, que oclui a entrada dos túbulos dentinários, formando os *smear plugs*, podendo reduzir a permeabilidade até 86%. A existência desta camada pode ser considerada um obstáculo à adesão, impedindo a resina de alcançar a superfície da dentina subjacente, sendo necessária a sua remoção ou alteração. ^(5, 7, 20, 21, 27-29)

1.3. Sistemas Adesivos

Um sistema adesivo eficaz deve permitir que a restauração permaneça aderida por um período de tempo significativo, selando completamente as margens da mesma, impedindo a infiltração de fluidos orais e microrganismos, e fornecendo resistência às cargas mastigatórias. Caso não se verifique, o paciente pode reportar sintomas de sensibilidade dentária, bem como pigmentação marginal da restauração e cárie secundária, que podem conduzir à perda da mesma. ^(10, 12, 30, 31) Outro motivo associado à perda progressiva de integridade marginal da restauração e à descoloração ao nível das margens está relacionado com o stress residual associado à contração de polimerização das resinas compostas. ^(10, 30) Vários artigos referem a perda de retenção e adaptação marginal como as principais causas de falha de restaurações aderidas. ^(12, 19)

1.3.1. Classificação dos sistemas adesivos

Desde o surgimento do primeiro adesivo dentário, em 1949, que a Dentisteria Preventiva e Restauradora sofreu uma revolução em várias vertentes, sendo uma delas a possibilidade de preparação de cavidades mais conservadoras. ⁽⁴⁾

Em 1955, Buonocore descobriu que a aplicação de ácido no esmalte tornaria a sua superfície mais recetiva à adesão, o que se revelou um ponto fulcral para o desenvolvimento da técnica de adesão dentária. ⁽³²⁾

Ao longo dos anos, várias classificações para os sistemas adesivos foram propostas.

A classificação por gerações tem por base a ordem pela qual cada tipo de sistema adesivo foi desenvolvido, sendo que o objetivo era baseado na redução do número de passos clínicos e, por conseguinte, numa diminuição do tempo de aplicação e simplificação da técnica adesiva. Contudo, esta classificação caiu em desuso devido ao facto de erroneamente poder induzir o clínico a acreditar que a cada nova geração se observa uma melhoria na qualidade da adesão, o que nem sempre se verifica. ^(4, 19)

Atualmente, é o comportamento do sistema adesivo face à *smear layer* que permite a sua classificação em dois grupos: os sistemas adesivos *etch-and-rinse* ou *total-etch*, que removem esta camada, e os sistemas adesivos *etch-and-dry* ou *self-etch*, que a alteram e incorporam. Dentro de cada categoria de sistemas adesivos verifica-se ainda a divisão segundo o número de passos clínicos. (5, 7, 9, 18, 26, 30, 33-35)

1.3.1.1. Sistemas adesivos *etch-and-rinse* ou *total-etch*

Os sistemas adesivos *total-etch* consistem na aplicação de ácido, *primer* e adesivo. Inicialmente tratava-se de um sistema de três passos, porém, na tentativa de simplificar a técnica, foi criado um sistema de dois passos pela combinação do *primer* e adesivo. (10)

O condicionamento dos tecidos dentários com ácido fosfórico em concentrações entre 30-40% desmineraliza a dentina até uma profundidade de cerca de 3-5µm, removendo a *smear layer* e expondo as fibras de colagénio, que irão ser estabilizadas pela subsequente aplicação do *primer* e adesivo. Conduz ainda ao aumento da área de superfície, bem como da energia de superfície no esmalte. É de extrema importância evitar o sobrecondicionamento ácido da dentina, uma vez que o *primer* e o adesivo podem não conseguir alcançar eficazmente as zonas mais profundas, deixando zonas expostas de colagénio sob o risco de serem hidrolisadas, afetando a estabilidade do sistema adesivo e aumentando a possibilidade de ocorrência de sintomatologia pós-operatória. Um dos passos críticos desta técnica é a secagem após a lavagem do agente condicionador, uma vez que a rede de colagénio não suportada corre o risco de colapsar, comprometendo a infiltração dos monómeros. Tal pode ser prevenido com a manutenção de uma humidade adequada da dentina, o que é bastante difícil de obter clinicamente e não obedece a critérios padronizados. (8-10, 12, 18, 19, 21, 24, 25, 30, 31, 33-40)

Segue-se a aplicação do *primer*, que consiste num solvente orgânico – álcool, água e/ou acetona – no qual podem estar diluídos um ou mais monómeros funcionais, sendo o mais frequente o HEMA (2-hidroxietilmetacrilato). A aplicação do *primer* tem como objetivo assegurar o molhamento das fibras de colagénio expostas, através da sua porção hidrofílica, e remover a água remanescente, pela sua porção hidrofóbica. A transformação da dentina hidrofílica numa superfície hidrofóbica permite a sua preparação para a infiltração do adesivo, através do aumento da energia da superfície na dentina. Por sua vez, o adesivo consiste maioritariamente em monómeros hidrofóbicos, como o bis-GMA (bisfenol-A-glicidilmetacrilato), UDMA (uretano dimetacrilato) e TEGDMA (trietilenoglicol dimetacrilato), e monómeros hidrofílicos, como o HEMA, em menor percentagem. (10, 19, 20, 30, 40, 41)

A impregnação da rede de colagénio pelo *primer* e adesivo, em conjunto com a hidroxiapatite remanescente, forma uma estrutura designada por camada híbrida ou zona de interdifusão, sendo esta a principal responsável pela adesão aos tecidos dentários, especialmente a dentina. A infiltração do adesivo ao nível dos microporos criados pelo condicionamento progressivo leva à formação de prolongamentos designados *resin tags*. Quando estes prolongamentos se estendem para o interior dos túbulos dentinários formam os denominados *resin plugs* que, para além da contribuição para a resistência da ligação resina-dentina, vão ocluir a entrada dos mesmos, reduzindo o fluxo de fluido e, por conseguinte, a permeabilidade dentinária. (5-19, 25, 30, 33, 39, 40, 42, 43)

1.3.1.2. Sistemas adesivos *etch-and-dry* ou *self-etch*

Os sistemas adesivos *self-etch* estão disponíveis em um ou dois passos, conforme o *self-etching primer*, resultante da combinação dos monómeros acídicos com o *primer*, e o adesivo são apresentados em separado ou numa única solução. Estes foram desenvolvidos com vista a simplificar o processo clínico, diminuindo o tempo despendido e a sensibilidade da técnica, facilitando a sua standardização, e a colmatar algumas adversidades do sistema *total-etch*. A principal diferença é que os sistemas *self-etch* contêm monómeros acídicos ao invés da utilização de ácido fosfórico, que dissolvem parcialmente a hidroxiapatite, eliminando o passo de lavagem e reduzindo a possibilidade de sobrecondicionamento e secagem excessiva. Uma vez que a *smear layer* não é completamente removida, estes sistemas apresentam menor permeabilidade comparativamente ao *total-etch*, devido à persistência dos *smear plugs*, que permitem a manutenção do fluido dentinário no interior dos túbulos. Visto que toda a profundidade da dentina é impregnada pelos monómeros de resina, alguns estudos indicam os sistemas *self-etch* para restaurações em que o controlo da humidade é mais difícil, como nas restaurações posteriores. (5, 7, 9, 10, 12, 18, 19, 24-26, 29, 35, 36, 38, 41, 44-46)

O princípio subjacente aos sistemas *self-etch* é a formação de uma superfície contínua entre o dente e o adesivo, o que é conseguido pela desmineralização e penetração simultânea da resina nas superfícies dentárias, estando a extensão da desmineralização dependente do pH do sistema adesivo – leve (pH superior a dois), moderado (pH entre um e dois) e forte (pH inferior a um). A supressão do condicionamento ácido prévio pode, contudo, levar à ausência dos padrões de desmineralização característicos, especialmente para o esmalte não preparado e dentina esclerótica. Um condicionamento seletivo das margens de esmalte pode ser recomendado previamente à aplicação do adesivo, contudo anula a vantagem da redução de passos clínicos. (5-7, 9, 10, 12, 18, 19, 25, 33-36, 44, 45)

Na tentativa de melhorar as propriedades de adesão obtidas com este sistema, os fabricantes introduziram monómeros funcionais, tais como o 10-MDP (10-metacrilóixidecil dihidrogénio fosfato), o 4-MET (ácido 4-metacrilóxi-etil trimelítico) e o fenil-P (2-metacrilóxi-etil fenil hidrogenofosfato) que interagem quimicamente com o cálcio da hidroxiapatite, estabelecendo com este uma ligação iónica através dos seus grupos fosfato e carboxilo. A existência desta ligação foi observada por Yoshida *et al.* em 2004, recorrendo à espectroscopia fotoeletrónica por raios-X. A apetência para a ocorrência desta ligação química é específica para cada monómero e depende da estabilidade hidrolítica da sua ligação com o cálcio. Esta interação adicional aumenta o sucesso e durabilidade da adesão, estabilizando a interface adesiva ao longo do tempo, contudo é insuficiente *per si*. (10, 33, 45, 47, 48)

1.3.1.3. Comparação dos sistemas adesivos *total-etch* e *self-etch*

Apesar do desenvolvimento de sistemas que visam a redução dos passos necessários na tentativa de diminuir a introdução de erros de manipulação, o *total-etch* de três passos continua a ser o *gold-standard*, sendo possível alcançar resultados bastante consistentes e duradouros e maiores forças de adesão à dentina. É defendido por alguns autores que cada passo apresenta uma função específica e deve, por isso, ser feito separadamente. Estudos afirmam que o *self-etch* de dois passos é clinicamente confiável, com um desempenho clínico previsível, enquanto que o *total-etch* de dois passos apresenta uma eficácia clínica menos favorável e o *self-etch* de um passo é clinicamente ineficiente. A grande desvantagem destes dois últimos sistemas adesivos é a presença de uma maior quantidade de monómeros hidrofílicos, não existindo uma camada verdadeiramente hidrofóbica, mas sim uma membrana semi-permeável que pode comprometer as forças de adesão devido à interferência da água com a polimerização do adesivo, através da hidrólise dos monómeros. Tal pode ser melhorado através da aplicação de uma camada adicional de resina hidrófoba, tendo-se verificado uma redução na retenção de água e solvente, bem como da permeabilidade. (6, 10, 12, 19, 24, 25, 29, 45, 49-51)

1.3.1.4. Sistemas Adesivos Universais

Mais recentemente, em 2011, foi introduzida no mercado uma nova categoria de adesivos, designados de adesivos universais ou multimodais. Com aplicações mais abrangentes que os sistemas anteriormente referidos, os adesivos universais apresentam-se num frasco único e podem ser aplicados em três modos diferentes, dependendo da preferência do clínico ou do procedimento clínico em questão: *total-etch*, quando conjugado com o condicionamento ácido dos tecidos dentários (2 passos), *self-etch*, sem qualquer condicionamento prévio (1 passo), ou

selective-etch, em que existe aplicação de ácido somente no esmalte, possibilitando a combinação do sistema *self-etch* na dentina e *total-etch* no esmalte. Os fabricantes afirmam que estes adesivos podem ser utilizados para restaurações diretas ou indiretas ao esmalte e à dentina, bem como adesão a outros substratos, como a zircônia, metais nobres e não preciosos, compósitos e cerâmicas à base de sílica, podendo ser fotopolimerizáveis, autopolimerizáveis ou ambos. (4, 5, 18, 24, 33-35, 44-46, 52-57)

Quimicamente, os sistemas adesivos universais são caracterizados pela presença de monómeros multi-funcionais capazes de aderir quimicamente a vários substratos, formando sais de cálcio não solúveis. É importante que possuam simultaneamente caráter hidrofílico, para embeber devidamente a dentina, e hidrofóbico, assim que polymerizados, de forma a evitar a hidrólise e a sorção de água ao longo do tempo. Devem ainda conter água, necessária à dissociação dos monómeros funcionais acídicos que possibilita a sua utilização em modo *self-etch*, sem que esta esteja em proporções excessivas sob risco de degradação e separação de fases. A permanência de água residual após secagem pode resultar em polymerização incompleta, atividade hidrolítica e comprometimento da interface adesiva. A adição de etanol ou acetona à formulação aumenta o molhamento da resina e a sua infiltração nos tecidos dentários, auxiliando na remoção da água e evaporação aquando da secagem. (5, 10, 24, 35, 54)

O 10-MDP é um dos monómeros funcionais mais comumente utilizado nestes sistemas adesivos. Sendo um éster de ácido fosfórico, as suas propriedades acídicas conferem-lhe o potencial de desmineralizar os tecidos dentários, podendo ser utilizado em sistemas adesivos que requerem condicionamento. A sua natureza anfipática permite a ligação química aos cimentos e materiais restauradores que contêm metacrilato (através do grupo metacrilato hidrofóbico) e ao cálcio presente na hidroxiapatite dos tecidos dentários, metais e zircônia (através do grupo fosfato hidrofílico). Dado que é o monómero funcional tipicamente usado com maior hidrofobicidade, apresenta vantagens em termos de durabilidade, devido à reduzida tendência para sorção de água, tornando-o mais resistente à biodegradação. (4, 5, 24, 34, 38, 54)

A adição do monómero HEMA, um promotor da adesão com capacidade de infiltrar os tecidos dentários, mostrou ser eficaz no aumento das forças de adesão imediatas, promovendo a difusão do monómero na dentina e facilitando a formação da camada híbrida. A sua natureza semelhante a solventes permite o aumento da estabilidade e ajuda a manter os monómeros hidrofóbicos e hidrofílicos em solução, minimizando a separação de fases na presença de água. A grande desvantagem deste monómero passa pela absorção de água, levando ao seu intumescimento, descoloração e possível hidrólise da interface adesiva. Grandes quantidades de HEMA podem conduzir ao descréscimo das propriedades mecânicas, comprometendo a

adesão. O objetivo é, então, otimizar as suas concentrações, de modo a tirar partido dos benefícios e minimizando as propriedades indesejáveis. (5, 10, 58)

2. Permeabilidade Dentinária

Uma das principais características morfológicas da dentina é a existência de túbulos preenchidos com fluido que se estendem deste a polpa até à junção amelodentinária. Segundo a teoria hidrodinâmica de Brännström, a exposição destes túbulos ao meio externo pode conduzir a um movimento de fluidos através da dentina, que contactam com o fluido pulpar, resultando na ativação dos nervos intrapulares, causando dor e desconforto. Este movimento de fluidos através dos túbulos é designado de permeabilidade transdentinária e é responsável pela sensibilidade dentinária e pela humidade constante das superfícies expostas da dentina, devido ao movimento centrífugo do fluido pulpar. Existe ainda outro tipo de permeabilidade - permeabilidade intradentinária - que permite a difusão de monómeros do adesivo na matriz dentinária intertubular e no colagénio circundante, a partir dos túbulos dentinários, permitindo a hibridização. A permeabilidade intradentinária está dependente da criação de espaços entre as fibras de colagénio pela remoção da hidroxiapatite aquando do condicionamento ácido. (39, 59, 60)

A permeabilidade dentinária pode sofrer várias alterações consoante variáveis fisiológicas, como o grupo etário, área de superfície de difusão e espessura da dentina, temperatura e proximidade da polpa, e patológicas, como a presença de cárie. Devido ao facto de a área de dentina ocupada pelos túbulos aumentar com a profundidade, a dentina profunda é mais permeável que a dentina superficial, fazendo com que as forças de adesão sejam mais fortes na dentina superficial e vão diminuindo progressivamente à medida que avançamos em direção à polpa. A permeabilidade é também mais acentuada sobre os cornos pulpares, comparativamente ao centro da superfície oclusal, e significativamente maior na dentina cervical do que na dentina oclusal. (20-22, 24, 39, 61)

O estudo da permeabilidade dentinária pode, assim, auxiliar a descoberta dos mecanismos responsáveis pela dor, bem como da relação entre a permeabilidade e o sucesso da adesão. A realização de testes de condutividade hidráulica permite a sua quantificação através da determinação do movimento de fluido por área de superfície, num determinado intervalo de tempo e a uma determinada pressão. Conclui-se, então, que o bloqueio dos túbulos deve prevenir a sensibilidade. (14, 21, 28, 39, 40, 62-65)

3. Sensibilidade Pós-Operatória

A sensibilidade pós-operatória pode ser definida como dor num dente associada a mastigação ou sensibilidade a estímulos quentes, frios ou doces, que ocorre após uma semana ou mais após a restauração e a sua frequência pode variar, segundo a literatura, entre 5% a 30%.^(66, 67)

A sua ocorrência pode ser atribuída a vários fatores, tais como o condicionamento ácido e infiltração de bactérias no tecido pulpar, pela remoção da *smear layer*, discrepâncias oclusais, deformações nas cúspides e restaurações em compósito associadas a stress e forças oclusais, polimerização inadequada e à contração de polimerização das resinas compostas.^(9, 30, 66, 68)

Vários estudos afirmam que a sensibilidade pós-operatória é menor nos sistemas adesivos *self-etch*, uma vez que não se verifica a remoção da *smear layer* e *smear plugs*.^(10, 12, 45, 47) Contudo, outros estudos reportam que a sensibilidade pós-operatória não está relacionada com o tipo de adesivo utilizado, mas sim com a técnica clínica.^(9, 69, 70)

De forma a reduzir o risco de sensibilidade e outras complicações pós-operatórias, deve garantir-se um bom selamento marginal e evitar o desenvolvimento de poros entre as paredes da cavidade e o material restaurador sob risco de infiltração bacteriana.⁽⁷¹⁾

4. Desvios ao protocolo do fabricante

A existência de desvios ao protocolo por parte do operador é passível de afetar a qualidade da adesão prevista pelo fabricante. Dessa forma, é fundamental que os protocolos se encontrem devidamente especificados e claros, sem possibilidade de múltiplas interpretações, e que estes sejam precisamente cumpridos pelos operadores. A realização de estudos que avaliem o impacto das alterações introduzidas é fundamental para avaliar a sua influência na qualidade da adesão.^(40, 72, 73)

4.1. Redução no tempo de aplicação do adesivo

A aplicação do adesivo num intervalo de tempo inferior ao que seria suposto pode acarretar consequências negativas à infiltração do adesivo e evaporação do solvente, levando à redução das forças de adesão, dependendo do tipo de preparação da superfície.^(74, 75)

4.2. Secagem incompleta do adesivo

A secagem incompleta do adesivo, com subsequente remoção incompleta do solvente pode resultar na diluição, polimerização insuficiente ou separação de fases dos componentes do sistema adesivo, levando ao movimento de água através da camada híbrida. Tal ocorrência

conduz a um aumento da permeabilidade na interface resina-dentina, bem como da suscetibilidade à degradação por hidrólise e pela ação de colagenases. ^(37, 40, 49)

II. OBJETIVO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi quantificar a permeabilidade dentinária, medida em termos de condutividade hidráulica, do sistema adesivo universal Prime&Bond active® (Dentsply Sirona), aplicado na dentina de acordo com a técnica *total-etch*, introduzindo desvios no protocolo de aplicação definido pelo fabricante.

Para este objetivo foram formuladas as seguintes hipóteses:

H_{1.0}: Não existem diferenças estatisticamente significativas na redução de permeabilidade dentinária na aplicação de um sistema *total-etch* com redução do tempo de aplicação para 5 segundos (instruções do fabricante: 20 segundos).

H_{1.1}: Existem diferenças estatisticamente significativas na redução de permeabilidade dentinária na aplicação de um sistema *total-etch* com redução do tempo de aplicação para 5 segundos (instruções do fabricante: 20 segundos).

H_{2.0}: Não existem diferenças estatisticamente significativas na redução de permeabilidade dentinária na aplicação de um sistema *total-etch* com aumento do tempo de secagem para 10 segundos (instruções do fabricante: 5 segundos).

H_{2.1}: Existem diferenças estatisticamente significativas na redução de permeabilidade dentinária na aplicação de um sistema *total-etch* com aumento do tempo de secagem para 10 segundos (instruções do fabricante: 5 segundos).

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Tipo de estudo

Estudo experimental *in vitro* realizado com o objetivo de avaliar a permeabilidade dentinária, medida em termos de condutividade hidráulica (variável dependente), de um sistema adesivo universal - Prime&Bond active® (Dentsply Sirona) - aplicado na dentina de acordo com a técnica *total-etch*, comparando o protocolo do fabricante com desvios introduzidos ao mesmo (variável independente), utilizando um aparelho para medir permeabilidade dentinária (constante independente).

2. Design do estudo

Utilizou-se uma amostra de 30 terceiros molares (N=30) recentemente extraídos, intactos e sem evidência macroscópica de cárie ou restaurações. Foram removidos todos os tecidos aderentes e sangue em água corrente e os dentes foram armazenados em cloramina T (Sigma Chemical Co., St Louis, MO, EUA) a 0,5% por uma semana, e, em seguida, colocados em água destilada a 4°C, de acordo com a norma ISO/TS 11405 (ISO/TS 11405:2015) durante um período máximo de 6 meses. Após a preparação do dente, uma vez que esta é comum a todos os grupos, cada espécime foi atribuído a um de três grupos (10 espécimes por grupo), sendo depois feita a aplicação do adesivo consoante o protocolo previamente estipulado para esse grupo.

3. Preparação dos dentes

Cada dente, fixado a um suporte em acrílico (Figura 1), foi seccionado duas vezes, paralelamente à superfície oclusal: o primeiro corte foi feito 1-2mm abaixo da junção amelocementária, separando a coroa das raízes (Figura 2); o segundo corte, por sua vez, foi feito paralelamente ao primeiro, com vista a obter um segmento que apresentasse no mínimo 0,7mm de dentina profunda (Figura 3). Estes cortes foram feitos com recurso a um disco de diamante (Isomet 1000, Buehler Ltd. Ltd., Lake Buff, IL, EUA) a baixa rotação (350rpm).



Figura 1: Dente fixado ao suporte acrílico.

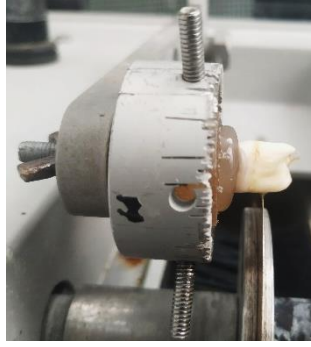


Figura 2: Primeiro corte, 1-2mm abaixo da junção amelocementária.



Figura 3: Segmento de coroa.

Seguidamente, realizou-se o condicionamento da porção pulpar do espécime com ácido fosfórico a 37% (Total Etch, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) durante 1 minuto (Figura 4), que foi depois colado a peças acrílicas estandardizadas (1cmx0,5cmx1cm) com recurso a godiva. Associado a estas peças de acrílico encontra-se um canal central que permite a entrada de uma agulha de 18G, conectada a um sistema hidráulico (Figura 5).

De modo a recriar uma camada uniforme de *smear layer* semelhante à que se obtém em condições clínicas, procedeu-se ao polimento da superfície oclusal dos espécimes 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) a 1rpm de velocidade durante 1 minuto e com refrigeração com água (Figura 6).



Figura 4: Aplicação de ácido fosfórico a 37% na porção pulpar do segmento de coroa.



Figura 5: Segmento de coroa colado em peças acrílicas estandardizadas com godiva.



Figura 6: Polimento da superfície oclusal do segmento de coroa.

4. Distribuição e tratamento dos espécimes

Os 30 espécimes foram distribuídos aleatoriamente por 3 grupos, nos quais foi utilizado o mesmo sistema adesivo universal, Prime&Bond active® (Dentsply Sirona) (Figura 7), aplicado segundo a técnica *total-etch* de 2 passos. No grupo I (controlo), o adesivo foi aplicado segundo as instruções fornecidas pelo fabricante, no grupo II foi reduzido o tempo de aplicação para 5 segundos e no grupo III foi aumentado o tempo de secagem para 10 segundos.

Com vista a reduzir possíveis viés, os espécimes foram preparados e tratados pelo mesmo operador.



Figura 7: Adesivo Prime&Bond active® (Dentsply Sirona).

4.1. Grupo I - Instruções do fabricante (Protocolo detalhado. As instruções exatas do fabricante encontram-se no Anexo 1)

1. Aplicou-se ácido fosfórico na superfície da dentina por rigorosamente 15 segundos;
2. Lavou-se com água abundante durante 15 segundos;
3. Removeu-se o excesso de água e secou-se a superfície, sem dissecar completamente a dentina, de forma a obter uma superfície húmida e brilhante;
4. Aplicou-se sobre a superfície da dentina uma bola de algodão húmida durante 10 segundos;
5. Agitou-se o frasco de adesivo levemente;
6. Colocaram-se duas gotas de adesivo Prime&Bond active® num godé limpo e recolocou-se a tampa imediatamente após o uso;
7. Aplicou-se o adesivo Prime&Bond active® com um pincel aplicador descartável na superfície da dentina. Esfregou-se ativamente a superfície por 20 segundos;

8. Aplicou-se um jato de ar leve sobre o adesivo durante 5 segundos, começando a uma distância de cerca de 10 cm e a baixa pressão, aumentando a pressão à medida que se diminuiu a distância até perto de 1-2 mm da superfície;
9. Fotopolimerizou-se por 10 segundos com fotopolimerizador Elipar S10 (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA).

4.2. Grupo II - Redução do tempo de aplicação para 5 segundos

1. Aplicou-se ácido fosfórico na superfície da dentina por rigorosamente 15 segundos;
2. Lavou-se com água abundante durante 15 segundos;
3. Removeu-se o excesso de água e secou-se a superfície, sem dissecar completamente a dentina, de forma a obter uma superfície húmida e brilhante;
4. Aplicou-se sobre a superfície da dentina uma bola de algodão húmida durante 10 segundos;
5. Agitou-se o frasco de adesivo levemente;
6. Colocaram-se duas gotas de adesivo Prime&Bond active® num godé limpo e recolocou-se a tampa imediatamente após o uso;
7. Aplicou-se o adesivo Prime&Bond active® com um pincel aplicador descartável na superfície da dentina. Esfregou-se ativamente a superfície por 5 segundos;
8. Aplicou-se um jato de ar leve sobre o adesivo durante 5 segundos, começando a uma distância de cerca de 10 cm e a baixa pressão, aumentando a pressão à medida que se diminuiu a distância até perto de 1-2 mm da superfície;
9. Fotopolimerizou-se por 10 segundos com fotopolimerizador Elipar S10 (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA).

4.3. Grupo III - Aumento do tempo de secagem para 10 segundos

1. Aplicou-se ácido fosfórico na superfície da dentina por rigorosamente 15 segundos;
2. Lavou-se com água abundante durante 15 segundos;
3. Removeu-se o excesso de água e secou-se a superfície, sem dissecar completamente a dentina, de forma a obter uma superfície húmida e brilhante;
4. Aplicou-se sobre a superfície da dentina uma bola de algodão húmida durante 10 segundos;
5. Agitou-se o frasco de adesivo levemente;

6. Colocaram-se duas gotas de adesivo Prime&Bond active® num godé limpo e recolocou-se a tampa imediatamente após o uso;
7. Aplicou-se o adesivo Prime&Bond active® com um pincel aplicador descartável na superfície da dentina. Esfregou-se ativamente a superfície por 20 segundos;
8. Aplicou-se um jato de ar leve sobre o adesivo durante 10 segundos, começando a uma distância de cerca de 10 cm e a baixa pressão, aumentando a pressão à medida que se diminuiu a distância até perto de 1-2 mm da superfície;
9. Fotopolimerizou-se por 10 segundos com fotopolimerizador Elipar S10 (Elipar™ S10 LED Curing Light, 3M ESPE, MN, USA).

5. Materiais utilizados

No decorrer deste estudo foram utilizados os materiais descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Materiais utilizados e a sua respetiva descrição.

| Material | Fabricante | Composição | pH |
|------------------------------------|---------------------|---|-------------|
| Total-Etch - Ácido fosfórico | Ivoclar Vivadent | Ácido fosfórico (37%); Agentes de espessamento e pigmentos. | <1 (a 20°C) |
| Prime&Bond active® | Dentsply Sirona | Resina acrílica modificada com ácido fosfórico, acrilato multifuncional, acrilato bifuncional, acrilato acídico, isopropanol, água, iniciador, estabilizador. | >2,5 |

6. Medição da permeabilidade dentinária

O espécime, já colocado na peça acrílica, foi ligado a um sistema de pressão hidráulica, com 37cmH₂O, esquematizado na figura 8 e representado na figura 9.

Introduziu-se uma bolha de ar no sistema, que foi conduzida até um capilar de vidro de 0,7mm de diâmetro, situado entre o reservatório e o espécime, colocado sobre uma escala milimétrica.

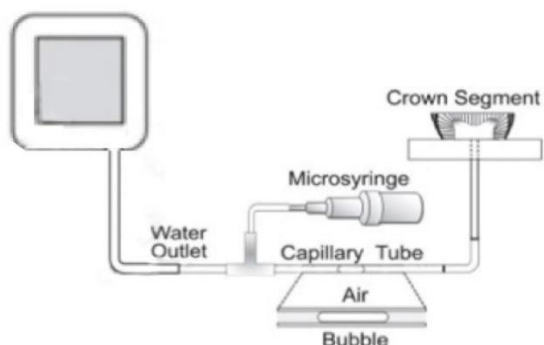


Figura 8: Diagrama esquemático do aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentinária (adaptado de (76))



Figura 9: Aparelho utilizado nas medições da permeabilidade dentinária.

Com vista a determinar a permeabilidade máxima de cada espécime, correspondente a 100% da permeabilidade, aplicou-se ácido fosfórico 37% (Total Etch; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) durante 15 segundos, com pressão de 0 cmH₂O, de forma a remover a *smear layer* previamente criada, sendo depois lavado com água destilada durante 15 segundos.

Avaliou-se a progressão da bolha a cada 2 minutos, durante 6 minutos, tendo sido determinada a taxa de fluxo, em milímetros por minuto, com base nos valores obtidos.

Após a aplicação e fotopolimerização do adesivo pela técnica *total-etch*, consoante o protocolo do grupo em que o espécime se inseria e com o sistema fechado, foi novamente avaliada a progressão da bolha, a cada 2 minutos, durante 6 minutos, com o objetivo de determinar a taxa de fluxo, em milímetros por minuto.

De forma a controlar a intensidade do fotopolimerizador, foram efetuadas medições periódicas com um radiómetro (Curing Radiometer P/N 10503, EUA) para um mínimo de 800mW/cm².

6.1. Cálculos para determinação da permeabilidade dentinária

A medição da permeabilidade dentinária de cada espécime foi efetuada em dois momentos: o primeiro, após o condicionamento ácido inicial, para a determinação da permeabilidade máxima (P_b , correspondente a 100% da permeabilidade); o segundo, após a aplicação e fotopolimerização do adesivo (P_a). Com base nos resultados obtidos calculou-se a redução da permeabilidade dentinária.

Visto que foi determinada a permeabilidade máxima e a permeabilidade após a aplicação do adesivo, tendo este sido aplicado com o espécime colocado no sistema, a redução da permeabilidade, em percentagem, é expressa pela fórmula $100 - \left(\frac{P_a}{P_b} \times 100\right)$, possibilitando que cada espécime seja o seu próprio controlo.

IV. RESULTADOS

Os resultados obtidos foram sujeitos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da distribuição de valores (Tabela 2) e ao teste de Levene para avaliação da homogeneidade das variâncias (Tabela 3). Apesar de ter sido verificada a homogeneidade das variâncias ($p=0,051$), o mesmo não ocorreu com a normalidade.

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

| | | Kolmogorov-Smirnov | | |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------|----|------|
| | | Estatística | df | Sig. |
| Redução da Permeabilidade | Controlo (Aplic 20s/Sec 5s) | ,381 | 10 | ,000 |
| | Aplic 5s | ,287 | 10 | ,019 |
| | Sec 10s | ,416 | 10 | ,000 |

Tabela 3: Teste de Levene para avaliação da homogeneidade das variâncias.

| | | Levene | |
|---------------------------|--------------------|-------------|-------|
| | | Estatística | Sig. |
| Redução da Permeabilidade | Baseada na média | 3,322 | 0,051 |
| | Baseada na mediana | 1,113 | 0,343 |

Os valores da média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem e por grupo experimental estão representados na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo de redução de permeabilidade, em percentagem, por grupo experimental.

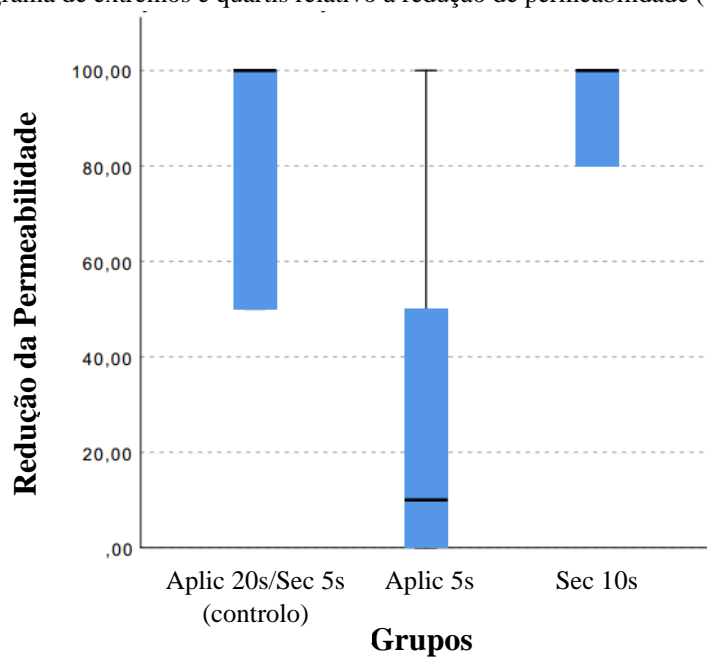
| GRUPOS | VALORES DE REDUÇÃO DE PERMEABILIDADE | | | | |
|---|--------------------------------------|---------|---------------|--------|--------|
| | Média | Mediana | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
| Grupo I (Controlo) - Instruções do fabricante | 80% | 100% | 25,82% | 50% | 100% |
| Grupo II – Redução do tempo de aplicação para 5 segundos | 28,67% | 10% | 35,94% | 0% | 100% |
| Grupo III – Aumento do tempo de secagem para 10 segundos | 88% | 100% | 20,98% | 50% | 100% |

A aplicação do sistema adesivo resultou numa redução da permeabilidade dentinária em todos os grupos experimentais (Tabela 4), sendo esta mais elevada no Grupo III (aumento do tempo de secagem para 10 segundos) (88%) e menos evidente no Grupo II (redução do tempo de aplicação para 5 segundos) (28,67%). O Grupo I (controlo – instruções do fabricante) apresentou um valor médio próximo ao do Grupo III (80%).

O diagrama de extremos e quartis (Diagrama 1) representa graficamente os resultados obtidos relativamente à redução de permeabilidade, em percentagem, em cada grupo testado. É possível observar que o Grupo II (Aplic 5s) apresentou valores de redução de permeabilidade inferiores relativamente aos restantes e que o Grupo III (Sec 10s) possui resultados mais consistentes.

Uma vez que não existe uma distribuição normal dos resultados, optou-se por um teste não-paramétrico para a análise dos mesmos. Através da análise comparativa entre os diferentes grupos experimentais, segundo o teste de Kruskal-Wallis, é possível verificar que, quando comparados com o Grupo I (controlo – instruções do fabricante), o Grupo II (redução do tempo de aplicação para 5 segundos) apresenta diferenças estatisticamente significativas ($p=0,005$), o que não se verifica comparando com o Grupo III (aumento do tempo de secagem para 10 segundos) ($p=0,616$).

Diagrama 1: Diagrama de extremos e quartis relativo à redução de permeabilidade (%) dos grupos testados.



V. DISCUSSÃO

Ao longo dos anos, a Dentisteria Adesiva evoluiu no sentido de obter sistemas adesivos de utilização mais fácil e rápida, sem descuidar a qualidade da interface adesiva. (5, 19)

O desenvolvimento dos sistemas adesivos universais surgiu na tentativa de facilitar o procedimento clínico, permitindo a redução do tempo despendido, mas muito especialmente uma maior versatilidade na aplicação, sendo, por isso, muito utilizado pelos médicos dentistas. O sistema adesivo Prime&Bond active® (Dentsply Sirona), utilizado neste estudo, integra esta categoria. (19, 72, 77)

A escassez de estudos que avaliam o desempenho destes sistemas adesivos em termos de redução de permeabilidade dentinária torna a sua realização uma necessidade. Numa primeira fase, os estudos laboratoriais possibilitam o conhecimento do produto e a previsão do seu comportamento, não substituindo os estudos clínicos, que permitem corroborar a performance do adesivo. (7, 8, 16, 30, 34, 77)

No que refere ao protocolo de aplicação, este deve ser o mais explícito e detalhado pelo fabricante, de forma a que não seja ambíguo e, por conseguinte, suscetível a diferentes interpretações pelos clínicos. O fabricante deve ainda tentar minimizar a sensibilidade da técnica, reduzindo assim a influência do clínico na qualidade da adesão. O clínico, por sua vez, deve cumprir o protocolo fornecido pelo fabricante, uma vez que desvios ao mesmo podem influenciar qualidade da adesão. Neste estudo foram realizadas especificações, de modo a standardizar o protocolo. (72)

Relativamente à aplicação do adesivo, segundo alguns estudos parece que a sua impregnação é melhorada quando esfregado ativamente, potenciando a interação dos monómeros acídicos com a estrutura dentária, obtendo melhores forças de adesão. (25, 75, 78)

O sistema adesivo universal Prime&Bond active® (Dentsply Sirona) apresenta um pH >2,5, sendo considerado um adesivo com pH alto. Estudos demonstram que, em sistemas adesivos com maior pH, a aplicação prévia de ácido fosfórico apresenta efeitos benéficos adicionais. (46, 79)

A técnica *total-etch*, utilizada neste estudo, está normalmente associada a maiores profundidades de desmineralização, dependentes do pH, concentração, viscosidade e tempo de aplicação do agente condicionante. Quando o adesivo não penetra em toda a área desmineralizada, a matriz de colagénio fica exposta e passível a degradação, comprometendo a adesão. (20, 26)

A técnica de adesão à dentina húmida, apesar de permitir melhores resultados comparativamente à dentina seca, incorre no risco de *overwetting*, uma vez que a presença de elevadas concentrações de água na dentina pode afetar física e quimicamente a adesão e conduzir a microinfiltração e a nanoinfiltração. Aquando da secagem da dentina, caso não seja devidamente efetuada, é possível a ocorrência de um colapso da rede de colagénio devido à evaporação da água que a suporta, resultando numa pobre infiltração do adesivo. Tal pode ser prevenido humedecendo novamente a dentina com recurso a uma bola de algodão húmida. É, contudo, uma técnica de difícil padronização, uma vez que não é possível garantir que todos os espécimes apresentarão o mesmo teor de água. (7, 37, 39, 46, 80)

Sendo o selamento da dentina um dos principais objetivos dos sistemas adesivos, o estudo da permeabilidade dentinária permite compreender a eficácia da adesão, na medida em que foi demonstrada uma correlação positiva da mesma com as forças de adesão, isto é, adesivos com baixa capacidade de selamento apresentam baixa capacidade adesiva. Alguns estudos concluíram que os materiais restauradores utilizados, apesar de reduzirem o fluxo de fluido dentinário, são incapazes de efetuar um selamento completo. (16, 21, 39, 42, 81)

A permeabilidade dentinária pode ser avaliada por métodos qualitativos, como a microscopia, e quantitativos, como a condutividade hidráulica. (21, 27, 75, 82, 83)

A medição quantitativa da permeabilidade através da condutividade hidráulica implica forçar um fluido através da dentina, aplicando pressão, medindo a facilidade com que esse fluido atravessa os túbulos dentinários. Variáveis relacionadas com o dente, como as variações regionais da permeabilidade, o envelhecimento e a esclerose dentinária não são, no entanto, passíveis de ser controladas pelo operador. (16, 42, 61, 84, 85)

O estudo da condutividade hidráulica é vantajoso na medida em que permite a obtenção de um valor de permeabilidade dentinária. Viabiliza ainda a repetição de medições no mesmo espécime, sem que este seja afetado negativamente, possibilitando que cada espécime seja o seu próprio controlo, através da medição da permeabilidade dentinária máxima e após aplicação e polimerização do adesivo. No entanto, a impossibilidade de determinar a localização exata da infiltração e de efetuar medições ao longo de largos períodos de tempo para avaliar a degradação da interface adesiva, salvo a atribuição de um aparelho a cada espécime durante a duração da experiência, bem como o possível escoamento de fluido pela zona de selagem do dente são as principais desvantagens deste método. (82)

Quanto à espessura dos espécimes, apesar de na literatura serem referidos vários valores possíveis, optou-se pelos 0,7mm, uma vez que com o aumento da espessura de dentina profunda

dos segmentos de coroa verifica-se um decréscimo da condutividade hidráulica, sendo esta uma barreira ao movimento. (40, 86, 87)

Neste estudo, foi aplicada uma pressão hidráulica reduzida, de 37 cmH₂O, próxima dos valores fisiológicos de 14 cmH₂O, de forma a evitar o colapso dos túbulos dentinários de menor diâmetro e a quebra das ligações das resinas, o que resultaria num aumento dos valores de permeabilidade registados. Por sua vez, aquando da aplicação do sistema adesivo, o sistema hidráulico foi fechado, sendo a pressão de 0 cmH₂O. Tal permite simular as condições clínicas, uma vez que a aplicação do sistema adesivo ocorre em dentes anestesiados com vasoconstritor, e permite evitar interferências pela pressão hidrostática, reduzindo a quantidade de água presente na superfície de modo a evitar maiores falhas na adesão e alterações dos valores de permeabilidade registados. (21, 40, 86, 88, 89)

É expectável que os sistemas adesivos possibilitem uma redução da permeabilidade dentinária, idealmente na sua totalidade. Neste estudo, a aplicação do sistema adesivo nem sempre resultou numa redução da permeabilidade dentinária, tendo-se verificado uma permeabilidade após a aplicação e polimerização do adesivo idêntica à permeabilidade máxima. Tal ocorreu em alguns espécimes do grupo II, em que o tempo de aplicação do sistema adesivo recomendado pelo fabricante, de 20 segundos, foi reduzido para 5 segundos. O selamento completo dos túbulos dentinários não foi conseguido em nenhum dos grupos, à semelhança de outros estudos de permeabilidade. (21, 40, 49, 90, 91)

Face à inexistência de ensaios de permeabilidade com o sistema adesivo Prime&Bond active® (Dentsply Sirona), não é possível a comparação direta dos resultados obtidos neste estudo.

Analisando os resultados obtidos, é possível verificar que os grupos I e III apresentam valores médios de redução de permeabilidade muito semelhantes - 80,0% e 88,0%, respetivamente -, não se verificando diferenças estatisticamente significativas. Por sua vez, o valor médio de redução de permeabilidade do grupo II é de 28,67%, bastante inferior aos restantes, sendo esta diferença estatisticamente significativa face ao grupo controlo. Contudo, a existência de diferenças estatisticamente significativas nem sempre corresponde a diferenças clinicamente significativas.

Vários estudos indicam que a ocorrência de erros ou desvios ao protocolo de aplicação definido pelo fabricante resulta em forças de adesão inconsistentes, comprometendo o desempenho do sistema adesivo. (40, 72, 92)

A redução do tempo de aplicação do adesivo, apesar de bastante apelativa para os clínicos, pode implicar um comprometimento da sua infiltração e da evaporação do solvente,

conduzindo a menores forças de adesão e a uma aceleração no processo de degradação da interface adesiva. (57, 74, 75)

Frankenberger estudou o efeito de erros na aplicação de três sistemas adesivos nas forças de adesão e na adaptação marginal. Comparativamente ao grupo controlo, em que foram seguidas as instruções do fabricante, a introdução de erros na aplicação dos sistemas adesivos resultou numa diminuição acentuada das forças de adesão e da percentagem de margens bem adaptadas. Para todos os sistemas adesivos estudados, os piores resultados foram obtidos nos grupos em que o tempo de aplicação foi reduzido. Verificou-se ainda que o sistema adesivo de frasco único apresentou um pior desempenho comparativamente aos restantes. (72)

Peschke avaliou a influência de desvios no protocolo de aplicação de um sistema adesivo na adaptação marginal, através de observação microscópica. Ao reduzir o tempo de aplicação do *primer* observou-se um aumento significativo de descontinuidades marginais na dentina, comparativamente ao grupo em que foram seguidas as instruções do fabricante. (93)

Num estudo de Cavalheiro *et al.*, ao reduzir o tempo de aplicação do *primer* num sistema adesivo *total-etch* de três passos de 30 segundos para 4 segundos, obteve um valor médio de redução de permeabilidade de 73%, comparativamente aos 99,5% conseguidos seguindo o protocolo do fabricante. Comparando com este estudo, quando se reduziu o tempo de aplicação de 20 segundos para 5 segundos, verificou-se um valor médio de redução de permeabilidade de 28,67% (controlo: 80%). Apesar de ser uma redução menos acentuada do tempo de aplicação, comparativamente ao estudo de Cavalheiro *et al.*, o valor de redução de permeabilidade obtido é bastante menor, o que pode dever-se ao facto de o sistema adesivo utilizado neste estudo ser apresentado em frasco único, estando o *primer* e o adesivo misturados numa solução única. Também em outro estudo do mesmo autor, ao reduzir o tempo de aplicação de um sistema adesivo *total-etch* de dois passos de 15 para 5 segundos, obteve-se um valor médio de redução de permeabilidade de 72,25%, face aos 80,3% seguindo o protocolo do fabricante. Tal é corroborado por um estudo de Van Meerbeek *et al.*, que concluiu, comparando sistemas adesivos *total-etch* de dois e três passos, que os sistemas adesivos de três passos apresentavam uma melhor hibridização que a versão simplificada. (40, 94, 95)

A secagem do adesivo é um passo crucial para garantir bons resultados na adesão, pois permite a evaporação dos solventes, prevenindo uma fraca polimerização, diluição e separação de fases dos diferentes constituintes. Num estudo de Cavalheiro *et al.*, em que foi avaliada a influência de incorreções na aplicação do *primer* de um sistema adesivo *total-etch* de três passos na redução da permeabilidade dentinária, a omissão da secagem resultou numa redução significativamente mais baixa dos valores de permeabilidade dentinária comparativamente ao

protocolo do fabricante, sendo o segundo pior erro avaliado, ultrapassando apenas a ausência de *primer*.^(37, 40, 49)

Um estudo de Fu *et al.*, em que foi avaliado o efeito da duração da secagem – 0, 5, 15 e 30 segundos - de sistemas adesivos de um passo através de testes de microtração, concluiu-se que as maiores forças de adesão foram obtidas para os tempos de secagem de 15 e 30 segundos. Outro estudo do mesmo autor, em sistemas adesivos *all-in-one*, verificou-se que a duração ideal de secagem depende do material utilizado. Para os tempos de secagem testados – 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 – dois dos adesivos (tempo de secagem recomendado pelos fabricantes: 3 e 5 segundos) apresentaram melhores resultados no ensaio de microtração para os 15 segundos, enquanto o restante (tempo de secagem recomendado pelo fabricante: 5 segundos) demonstrou melhores valores para os 25 segundos.^(96, 97)

Numa revisão sistemática e meta-análise elaborada por Awad *et al.*, em que foram incluídos 13 estudos, constatou-se que o intervalo de secagem ideal é de 15 a 30 segundos, sendo que a secagem durante 5 a 10 segundos demonstrou não ser suficiente.⁽⁹⁸⁾

Werle *et al.* estudou o efeito do prolongamento do tempo de secagem nas forças de adesão obtidas e inferiu que, para sistemas adesivos à base de álcool, o tempo de secagem indicado pelo fabricante produziu uma menor evaporação do solvente que quando aumentado para 20 segundos.⁽⁹⁹⁾

Tendo em conta os estudos acima referidos, o aumento do tempo de secagem definido pelo fabricante de 5 para 10 segundos neste estudo poderá não ter sido suficiente para a obtenção de resultados estatisticamente significativos.

Os sistemas adesivos universais em modo *total-etch* estão associados a maiores valores de permeabilidade, comparativamente aos mesmos utilizados em modo *self-etch*. Tal está associado ao condicionamento prévio que, ao remover a *smear layer*, conduz à abertura dos túbulos dentinários, permitindo um fluxo de fluidos através dos mesmos. Dessa forma, é de salientar a importância do selamento dos túbulos, na tentativa de reduzir e, idealmente, anular o fluxo de fluidos.^(9, 14, 100)

A avaliação do desempenho clínico de sistemas adesivos deve incluir a realização de estudos *in vivo*, uma vez que os estudos *in vitro* não permitem avaliar corretamente todas as variáveis associadas à prática clínica. Assim, não é possível fazer uma extrapolação direta dos resultados obtidos neste estudo laboratorial para situações clínicas.^(7, 8, 40)

Uma vez que, de forma a padronizar o estudo, apenas foram analisados dentes livres de cárie, tal não é compatível com a maioria das situações em que os sistemas adesivos são

utilizados clinicamente. Outra limitação deste estudo é o desconhecimento da idade dos espécimes, uma vez que é um dos fatores que influencia a permeabilidade dentária.

Futuramente, a realização de novos estudos a respeito dos mecanismos de adesão dos sistemas adesivos universais permitirá uma melhor compreensão dos mesmos, potenciando melhorias significativas na qualidade das forças adesivas. O estudo de outros desvios ao protocolo de fabricante e a sua avaliação através de diferentes métodos permite compreender se estes influenciam a adesão e de que forma.

VI. CONCLUSÃO

No seguimento do estudo realizado, é possível concluir que o protocolo do fabricante deve ser cumprido no que refere ao tempo de aplicação do adesivo, uma vez que uma redução do mesmo para 5 segundos resulta numa menor redução dos valores de permeabilidade, sendo as diferenças observadas estatisticamente significativas.

Relativamente ao tempo de secagem, o seu aumento para 10 segundos, face aos 5 segundos estabelecidos pelo fabricante, não demonstrou melhorias estatisticamente significativas na redução da permeabilidade.

Dessa forma, é possível rejeitar a hipótese nula $H_{1.0}$ e aceitar a hipótese nula $H_{2.0}$.

VII. REFERÊNCIAS

1. Retief DH. The principles of adhesion. *J Dent Assoc S Afr.* 1970;25(9):285-95.
2. Buonocore MG. Principles of Adhesive Retention and Adhesive Restorative Materials. *J Am Dent Assoc.* 1963;67:382-91.
3. Perdigao J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):333-57, viii.
4. 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.
5. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent.* 2015;36(1):15-26; quiz 8, 40.
6. Perdigao J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L. New trends in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent.* 2000;13(Spec No):25D-30D.
7. Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):277-301, vi.
8. Swift EJ, Jr., Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int.* 1995;26(2):95-110.
9. Perdigao J, Geraldeli S, Hodges JS. Total-etch versus self-etch adhesive: effect on postoperative sensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(12):1621-9.
10. 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.
11. Nakabayashi N. [Bonding mechanism of resins and the tooth]. *Kokubyo Gakkai Zasshi.* 1982;49(2):410.
12. 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.
13. 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.
14. Carrilho MR, Tay FR, Sword J, Donnelly AM, Agee KA, Nishitani Y, et al. Dentine sealing provided by smear layer/smear plugs vs. adhesive resins/resin tags. *Eur J Oral Sci.* 2007;115(4):321-9.

15. McLean DE, Meyers EJ, Guillory VL, Vandewalle KS. Enamel Bond Strength of New Universal Adhesive Bonding Agents. *Oper Dent.* 2015;40(4):410-7.
16. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
17. 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.
18. Munoz 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.
19. 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.
20. Swift EJ, Jr. Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent.* 2002;24(5):456-61.
21. Prati C. What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *J Dent.* 1994;22(2):83-8.
22. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater.* 1990;6(1):45-50.
23. Pashley EL, Tao L, Matthews WG, Pashley DH. Bond strengths to superficial, intermediate and deep dentin in vivo with four dentin bonding systems. *Dent Mater.* 1993;9(1):19-22.
24. Rodrigues S, Oliveira N, Chasqueira F, Portugal J, Oliveira SAe. Permeabilidade dentinária e morfologia da interface adesiva de diferentes sistemas adesivos. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial.* 2015;56(1):42-50.
25. Chasqueira AF, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Effect of changes to the manufacturer application techniques on the shear bond strength of simplified dental adhesives. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2013;11(2):e117-21.
26. 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.
27. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent.* 1981;46(5):531-7.
28. Pashley DH. Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod.* 1986;12(10):465-74.

29. Itthagarun A, Tay FR, Pashley DH, Wefel JS, Garcia-Godoy F, Wei SH. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part III. Evidence from fluid conductance and artificial caries inhibition. *Am J Dent*. 2004;17(6):394-400.
30. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent*. 1998;26(1):1-20.
31. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003;82(2):136-40.
32. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955;34(6):849-53.
33. Perdigao J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent*. 2012;25(3):153-8.
34. Carvalho AA, Leite MM, Zago JKM, Nunes C, Barata TJE, Freitas GC, et al. Influence of different application protocols of universal adhesive system on the clinical behavior of Class I and II restorations of composite resin - a randomized and double-blind controlled clinical trial. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):252.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. de Goes MF, Shinohara MS, Freitas MS. Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched enamel on bond strength and interfacial morphology. *J Adhes Dent*. 2014;16(3):243-50.
39. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent*. 1997;25(5):355-72.
40. 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.
41. Altunsoy M, Botsali MS, Tosun G, Yasar A. Effect of increased exposure times on amount of residual monomer released from single-step self-etch adhesives. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2015;13(3):e287-92.

42. Pashley DH, Derkson GD, Tao L, Derkson M, Kalathoor S. The effects of a multi-step dentin bonding system on dentin permeability. *Dent Mater.* 1988;4(2):60-3.
43. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1992;71(8):1530-40.
44. 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.
45. Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Apolonio F, Diolosa M, Cadenaro M, et al. Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *J Dent.* 2014;42(5):603-12.
46. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent.* 2012;40(6):475-84.
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. 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.
49. 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.
50. Cantanhede de Sa RB, Oliveira Carvalho A, Puppim-Rontani RM, Ambrosano GM, Nikaido T, Tagami J, et al. Effects of water storage on bond strength and dentin sealing ability promoted by adhesive systems. *J Adhes Dent.* 2012;14(6):543-9.
51. Tay FR, Pashley DH, Suh B, Carvalho R, Miller M. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. Bond strength and morphologic evidence. *Am J Dent.* 2004;17(4):271-8.
52. Sampaio PCP, Kruly PC, Ribeiro CC, Hilgert LA, Pereira PNR, Scaffa PMC, et al. Comparative bonding ability to dentin of a universal adhesive system and monomer conversion as functions of extended light curing times and storage. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017;75:41-9.
53. Perdigao J, Kose C, Mena-Serrano AP, De Paula EA, Tay LY, Reis A, et al. A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Oper Dent.* 2014;39(2):113-27.

54. Perdigão J, Loguercio AD. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? *J Adhes Dent.* 2014;16(2):193-4.
55. 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.
56. Pires CW, Lenzi TL, Soares FZM, Rocha RO. Bonding of universal adhesive system to enamel surrounding real-life carious cavities. *Braz Oral Res.* 2019;33:e038.
57. Nagura Y, Tsujimoto A, Fischer NG, Baruth AG, Barkmeier WW, Takamizawa T, et al. Effect of Reduced Universal Adhesive Application Time on Enamel Bond Fatigue and Surface Morphology. *Oper Dent.* 2019;44(1):42-53.
58. Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2008;24(10):1412-9.
59. Brannstrom M. Sensitivity of dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1966;21(4):517-26.
60. Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):211-45, v-vi.
61. Ozok AR, Wu MK, Wesselink PR. Comparison of the in vitro permeability of human dentine according to the dentinal region and the composition of the simulated dentinal fluid. *J Dent.* 2002;30(2-3):107-11.
62. Brannstrom M. Etiology of dentin hypersensitivity. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88 Suppl 1:7-13.
63. Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner JA, Strong SL, Van Dyke TE. Dentinal Tubule Occlusion and Root Hypersensitivity. *J Periodontol.* 1991;62(7):421-8.
64. Ozok AR, De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. The influence of resin composite and bonded amalgam restorations on dentine permeability in Class II cavities in vitro. *Dent Mater.* 2001;17(6):477-84.
65. Cuenin MF, Scheidt MJ, O'Neal RB, Strong SL, Pashley DH, Horner JA, et al. An in vivo study of dentin sensitivity: the relation of dentin sensitivity and the patency of dentin tubules. *J Periodontol.* 1991;62(11):668-73.
66. Bhatti U. The Phenomenon of Postoperative Sensitivity and Composite Restorations – A Review. . *J Pak Dent Assoc.* 2019;28:33-40.
67. Berkowitz G, Spielman H, Matthews A, Vena D, Craig R, Curro F, et al. Postoperative hypersensitivity and its relationship to preparation variables in Class I resin-based composite

restorations: findings from the practitioners engaged in applied research and learning (PEARL) Network. Part 1. *Compend Contin Educ Dent*. 2013;34(3):e44-52.

68. Sancakli HS, Yildiz E, Bayrak I, Ozel S. Effect of different adhesive strategies on the post-operative sensitivity of class I composite restorations. *Eur J Dent*. 2014;8(1):15-22.

69. Perdigao J, Swift EJ, Jr. Critical appraisal: post-op sensitivity with direct composite restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2013;25(4):284-8.

70. Costa T, Rezende M, Sakamoto A, Bittencourt B, Dalzochio P, Loguercio AD, et al. Influence of Adhesive Type and Placement Technique on Postoperative Sensitivity in Posterior Composite Restorations. *Oper Dent*. 2017;42(2):143-54.

71. Brannstrom M. The cause of postrestorative sensitivity and its prevention. *J Endod*. 1986;12(10):475-81.

72. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent*. 2000;25(4):324-30.

73. Sano H, Kanemura N, Burrow MF, Inai N, Yamada T, Tagami J. Effect of operator variability on dentin adhesion: students vs. dentists. *Dent Mater J*. 1998;17(1):51-8.

74. 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.

75. 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.

76. Sahin C, Cehreli ZC, Yenigul M, Dayangac B. In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dent Mater J*. 2012;31(3):401-8.

77. Vongsavan N, Matthews RW, Matthews B. The permeability of human dentine in vitro and in vivo. *Arch Oral Biol*. 2000;45(11):931-5.

78. do Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Michel MD, Reis A, Loguercio AD. Active application improves the bonding performance of self-etch adhesives to dentin. *J Dent*. 2009;37(1):82-90.

79. 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.

80. Kanca J, 3rd. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *J Am Dent Assoc*. 1992;123(9):35-43.

81. Pashley DH. Smear layer: overview of structure and function. Proc Finn Dent Soc. 1992;88 Suppl 1:215-24.
82. Pashley DH. Mechanisms of dentin sensitivity. Dent Clin North Am. 1990;34(3):449-73.
83. Outhwaite WC, McKenzie DM, Pashley DH. A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. J Dent Res. 1974;53(6):1503.
84. Tagami J, Hosoda H, Burrow MF, Nakajima M. Effect of aging and caries on dentin permeability. Proc Finn Dent Soc. 1992;88 Suppl 1:149-54.
85. Kusunoki M, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. The efficacy of dentine adhesive to sclerotic dentine. J Dent. 2002;30(2-3):91-7.
86. Camps J, Giustiniani S, Dejoui 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.
87. Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. J Dent Res. 1988;67(11):1381-5.
88. Youngson CC, Jones JC, Fox K, Smith IS, Wood DJ, Gale M. A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. J Dent. 1999;27(3):223-33.
89. Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. Arch Oral Biol. 1994;39 Suppl:87S-95S.
90. Tao L, Pashley DH. The relationship between dentin bond strengths and dentin permeability. Dent Mater. 1989;5(2):133-9.
91. Nawareg MM, Zidan AZ, Zhou J, Chiba A, Tagami J, Pashley DH. Adhesive sealing of dentin surfaces in vitro: A review. Am J Dent. 2015;28(6):321-32.
92. Peutzfeldt A, Asmussen E. Adhesive systems: effect on bond strength of incorrect use. J Adhes Dent. 2002;4(3):233-42.
93. Peschke A, Blunck U, Roulet JF. Influence of incorrect application of a water-based adhesive system on the marginal adaptation of Class V restorations. Am J Dent. 2000;13(5):239-44.
94. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Snauwaert J, Hellems L, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear layer removing adhesive system examined correlatively by TEM and AFM. J Adhes Dent. 1999;1(1):7-23.
95. Cavalheiro A. Effect of deviations on the application of dentin adhesives: permeability, ultramorphology and nanoleakage studies. 2008.

96. Fu J, Pan F, Kakuda S, Sharanbir KS, Ikeda T, Nakaoki Y, et al. The effect of air-blowing duration on all-in-one systems. *Dent Mater J.* 2012;31(6):1075-81.
97. Fu J, Saikaew P, Kawano S, Carvalho RM, Hannig M, Sano H, et al. Effect of air-blowing duration on the bond strength of current one-step adhesives to dentin. *Dent Mater.* 2017;33(8):895-903.
98. Awad MM, Alrahlah A, Matinlinna JP, Hamama HH. Effect of adhesive air-drying time on bond strength to dentin: A systematic review and meta-analysis. *Int J Adhes Adhes.* 2019;90:154-62.
99. Werle SB, Steglich A, Soares FZ, Rocha RO. Effect of prolonged air drying on the bond strength of adhesive systems to dentin. *Gen Dent.* 2015;63(6):68-72.
100. Pashley DH, Livingston MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1978;23(9):807-10.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Protocolo do Fabricante

1. Isolamento, limpeza e acondicionamento do esmalte e da dentina
 - 1.1. Utilize um isolamento adequado, como o dique de borracha.
 - 1.2. Limpe o esmalte e a dentina não preparados com uma taça de borracha e pedra-pomes ou com uma pasta profilática sem flúor como a pasta Nupro®.
 - 1.3. Lave bem o esmalte e a dentina preparados e não preparados com o spray de água e seque as superfícies com papel ou com um pouco de ar. Não desidratar a dentina.
2. Proteção da polpa
 - 2.1. Em cavidades profundas, pode cobrir a dentina próxima da polpa com um hidróxido de cálcio de endurecimento rápido (Dycal® calcium hydroxide liner, ver instruções de utilização), deixando o resto da superfície da cavidade livre para aplicar o adesivo.
3. Ataque ácido do esmalte e da dentina
 - 3.1. O adesivo universal Prime&Bond active® oferece aos operadores a opção de pré-tratamento do esmalte e da dentina:
 - 3.1.1. Modo de autogração
 - 3.1.1.1. Proceda diretamente à aplicação do adesivo sem gravar previamente com ácido fosfórico.
 - 3.1.2. Modo de gravação selectiva de esmalte
 - 3.1.2.1. Aplicar ácido fosfórico (p.ex. Conditioner 36) seguindo as instruções do fabricante.
 - 3.1.2.2. Aplique com cuidado o gel condicionador unicamente sobre as superfícies em esmalte (margens).
 - 3.1.2.3. Para melhores resultados acondicione o esmalte durante pelo menos 15 segundos. Os possíveis contactos acidentais do gel condicionador com a dentina não devem prolongar-se por mais de 15 segundos.
 - 3.1.2.4. Remova o gel com a cânula de aspiração, lave a cavidade com água, durante aproximadamente 15 segundos.
 - 3.1.2.5. Remova o excesso de água soprando suavemente com a seringa de água ou com papel.
 - 3.1.2.6. Não desidratar a dentina.

3.1.2.7. Prossiga imediatamente para a aplicação do adesivo.

3.1.3. Modo de gravação e lavagem

3.1.3.1. Aplicar ácido fosfórico (p.ex. Conditioner 36) seguindo as instruções do fabricante.

3.1.3.2. Aplique com cuidado o gel condicionador sobre as superfícies da cavidade começando pelas margens de esmalte.

3.1.3.3. Para melhores resultados, acondicione o esmalte durante, pelo menos, 15 segundos e a dentina durante 15 segundos ou menos.

3.1.3.4. Remova o gel com a cânula de aspiração, lave a cavidade com água, durante aproximadamente 15 segundos.

3.1.3.5. Remova o excesso de água soprando suavemente com a seringa de água ou com papel.

3.1.3.6. Não desidratar a dentina.

3.1.3.7. Prossiga imediatamente para a aplicação do adesivo.

4. Dosagem

4.1. Embalagem monodose:

4.1.1. Segure o recipiente em cada uma das extremidades, colocando o polegar ao longo da marcação central.

4.1.2. Pressione firmemente e gire a tampa até que o recipiente se separe.

4.1.3. Descarte a tampa separada. Pode colocar-se a embalagem monodose no tampo da mesa ou segurá-la entre os dedos para maior comodidade.

4.1.4. Insira o aplicador descartável na abertura para saturar a ponta aplicadora.

4.2. Frasco de abertura rápida

4.2.1. Retire o selo de garantia.

4.2.2. Para abrir o frasco, segure-o com uma mão, coloque o polegar na cavidade para o dedo e pressione a tampa para cima até que se abra.

4.2.3. Mantenha o frasco invertido em posição vertical e dispense 1-2 gotas de adesivo num poço de mistura CliXdish™ ou num recipiente de vidro ou num poço de mistura standard.

4.2.4. Se for necessário, limpe a abertura do frasco com um lenço suave de papel.

4.2.5. Volte a fechar o frasco com cuidado exercendo pressão sobre a tampa desde a parte de cima. A tampa fica encaixada no seu sítio quando se ouve um “clac” ao aperta para fechar.

5. Aplicação do adesivo ao esmalte e à dentina

- 5.1. Use uma ponta aplicadora nova para aplicar o adesivo e molhar por completo as superfícies a tratar. Caso seja necessário, molhe de novo a ponta aplicadora. Evite que se produzam acumulações do adesivo.
 - 5.2. Remexa ligeiramente o adesivo durante 20 segundos.
 - 5.3. Estenda o adesivo e elimine o solvente com ar seco e limpo com uma seringa de ar/água. Aplique sobre todas as superfícies um suave jato de ar durante pelo menos 5 segundos até conseguir uma camada brilhante e uniforme. Não aplique um jato de ar demasiado forte que provoque zonas secas ou salpicos do adesivo.
6. Fotopolimerização do adesivo
- 6.1. Fotopolimerize o adesivo com uma luz de fotopolimerização adequada¹. Fotopolimerize o adesivo durante 10 segundos quando utilizar uma luz de fotopolimerização como SmartLite® PS ou SmartLite® Focus® Dentsply Sirona com uma irradiância mínima de 800mW/cm². Fotopolimerize o adesivo durante 20 segundos se a irradiância mínima for entre 550mW/cm² e 800mW/cm². Consulte as recomendações do fabricante do aparelho de polimerização no respeitante à compatibilidade e aos parâmetros de polimerização.
- ¹ Fotopolimerização destinada a polimerizar materiais que contenham iniciador de canforquinona (CQ). Pico do espetro no intervalo entre 440-480nm.