

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



**Reparação de compósitos: efeito da aplicação de
um adesivo universal na resistência adesiva à tração**

Inês Ferreira

Dissertação
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2017

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



**Reparação de compósitos: efeito da aplicação de
um adesivo universal na resistência adesiva à tração**

Inês Ferreira

Dissertação orientada
pelo Dr. Bernardo Romão de Sousa

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2017

*À minha mãe porque mais do que um cruzar da meta,
este trabalho representa um caminho percorrido
e ela esteve sempre lá.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, o Dr. Bernardo, e coorientador, o Prof. Doutor Alexandre Cavalheiro, pela disponibilidade e partilha de conhecimento.

À Daniela Abreu, ao Nuno Prudêncio e à Joana Cruz, pela ajuda no laboratório.

Ao Dr. Diogo Viegas, pela disponibilização de material e pela motivação.

À minha dupla Catarina, pela cumplicidade.

Aos meus amigos.

Ao Gonçalo.

À minha família.

Muito obrigado.

RESUMO

Objetivos: Investigar a influência da aplicação de um adesivo universal, comparativamente a um adesivo convencional, na resistência adesiva à microtração (μ TBS) na reparação de um compósito microhíbrido não envelhecido.

Materiais e métodos: Três blocos (8×6×8 mm) do compósito ENAMEL plus HRI (Micerium S.p.A.) foram preparados e armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas. Procedeu-se à abrasão da superfície adesiva com papel de carbureto de silício de grão 800 e depois com partículas de óxido de alumínio de 50 μ m. Para fins de limpeza, foi aplicado ácido fosfórico a 37%. Os blocos foram divididos aleatoriamente em 3 grupos de acordo com a aplicação de adesivo: nenhum adesivo (grupo 1); adesivo convencional (OptiBond™ FL) (grupo 2); adesivo universal (Adhese® Universal) (grupo 3). O mesmo compósito foi usado para a reparação. Um bloco adicional do mesmo compósito (8×12×8 mm) foi preparado para a avaliação da resistência coesiva (grupo 4). Após 24 horas de armazenamento em água destilada a 37°C, os blocos foram cortados para produzir palitos. Os espécimes foram submetidos ao teste de μ TBS numa máquina de teste universal a uma velocidade de 1 mm/min. Os espécimes fraturados foram observados ao microscópio ótico com uma ampliação de 10x para determinar o padrão de fratura. A análise estatística dos dados de μ TBS foi realizada com *one-way* ANOVA.

Resultados: *One-way* ANOVA não indicou diferenças significativas entre os grupos ($p > 0,05$). A fratura adesiva foi o padrão de fratura mais frequente nos espécimes.

Conclusões: O tipo de adesivo aplicado não influenciou a μ TBS na reparação de um compósito microhíbrido não envelhecido.

PALAVRAS-CHAVE

Reparação de compósitos, adesivo universal, resistência adesiva à microtração.

ABSTRACT

Objectives: To investigate the influence of the application of a universal adhesive, compared to a conventional adhesive, on the microtensile bond strength (μ TBS) in the repair of a non-aged microhybrid composite.

Materials and methods: Three blocks (8×6×8 mm) of ENAMEL plus HRi (Micerium S.p.A.) composite were prepared and stored in 37°C distilled water for 24 hours. The adhesive surface was abraded with 800-grit silicon carbide paper and then with 50- μ m aluminum oxide particles. For cleaning purposes 37% phosphoric acid was applied. The blocks were randomly divided into 3 groups according to the application of adhesive: no adhesive (group 1); conventional adhesive (OptiBond™ FL) (group 2); universal adhesive (Adhese® Universal) (group 3). The same composite was used for repair. One additional block of the same composite (8×12×8 mm) was prepared for the evaluation of cohesive strength (group 4). After 24 hours storage in 37°C distilled water, the blocks were cut to produce sticks. The specimens were subjected to μ TBS testing in a universal testing machine at a speed of 1 mm/min. Fractured specimens were observed under an optical microscope at 10x magnification to determine the fracture pattern. Statistical analysis of the μ TBS data was performed with one-way ANOVA.

Results: One-way ANOVA indicated no significant differences between the groups ($p>0,05$). Adhesive fracture was the most frequent fracture pattern in specimens.

Conclusions: The type of adhesive applied did not influence the μ TBS in the repair of a non-aged microhybrid composite.

KEYWORDS

Composite repair, universal adhesive, micro-tensile bond strength.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
Reparação de compósitos e adesão.....	1
Grau de envelhecimento do compósito.....	1
Composição do compósito.....	2
Métodos de condicionamento de superfície e molhamento dos agentes de união química.....	2
Teste de resistência adesiva à microtração (μ TBS).....	4
2. OBJETIVOS.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1. Preparação dos blocos.....	7
3.2. Tratamento de superfície.....	8
3.3. Reparação.....	9
3.4. Preparação do bloco para determinação da resistência coesiva.....	10
3.5. Teste de resistência adesiva à microtração (μ TBS).....	10
3.6. Padrão de fratura.....	13
3.7. Análise estatística.....	13
4. RESULTADOS.....	15
5. DISCUSSÃO.....	17
6. CONCLUSÕES.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	ix

ÍNDICE DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

Figuras

Fig. 1 – Representação esquemática da preparação dos espécimes para o teste de μ TBS...	7
Fig. 2 – Molde utilizado para a preparação de um bloco.....	8
Fig. 3 – Remoção da camada degradada superficial com papel SiC de grão 800.....	8
Fig. 4 – Molde utilizado para a reparação.....	10
Fig. 5 – Corte do bloco.....	11
Fig. 6 – Bloco cortado nos eixos x e y.....	11
Fig. 7 – (a) Palito preparado para iniciar o teste de microtração; (b) Palito fraturado após ter sido sujeito a uma força de tração.....	12

Tabelas

Tabela 1 – Informações relativas aos materiais utilizados no estudo.....	7
Tabela 2 – Caracterização dos palitos por grupo.....	11
Tabela 3 – Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors...	13
Tabela 4 – Teste de homogeneidade da variância de Levene.....	13
Tabela 5 – Valores médios e de desvio padrão de resistência adesiva (MPa) por grupo...	15
Tabela 6 – Teste <i>one-way</i> ANOVA.....	15

Gráficos

Gráfico 1 – Resistência adesiva em relação à resistência coesiva (%).....	15
Gráfico 2 – Padrão de fratura (%) por grupo.....	16

1. INTRODUÇÃO

Reparação de compósitos e adesão

Os compósitos são amplamente utilizados em restaurações diretas e indiretas, nos dentes anteriores e posteriores (Albers, 2002), não só pelas suas características estéticas, mas também pela adesão e conservação da estrutura dentária (Tyas *et al*, 2000; White & Eakle, 2000; Murdoch-Kinch & McLean, 2003).

À luz do conceito de uma dentisteria minimamente invasiva (Tyas *et al*, 2000), pequenos defeitos em compósitos recentes com uma interface dente-compósito livre de manchas ou lesões de cárie secundária, necessitam apenas de procedimentos de reparação (Mjör & Gordan, 2002; Papacchini *et al*, 2005). Entre os defeitos com indicação terapêutica para a reparação incluem-se pontos de contato deficientes, fratura, sub-contorno, infra-oclusão ou anatomia inadequada (Ozcan *et al*, 2007; Rinastiti *et al*, 2011). De facto, esta abordagem, ao contrário da remoção e substituição total da restauração, permite a preservação de estrutura dentária sã (Foitzik & Attin, 2004) e reduz o trauma pulpar (Albers, 2002). Além disso, trata-se de um procedimento mais simples e rápido e com menor custo (Fernández *et al*, 2015).

A reparação de restaurações em resina composta baseia-se na adesão de um novo compósito a um compósito pré-existente (Dall'Oca *et al*, 2007). O sucesso da adesão depende do grau de envelhecimento (Lee *et al*, 2004) e da composição do compósito, do molhamento dos agentes de união química (Loomans *et al*, 2011; Papacchini *et al*, 2007; Ozcan *et al*, 2007) e dos métodos de condicionamento de superfície (Özcan & Pekkan, 2013; Özcan *et al*, 2013; Rinastiti *et al*, 2010).

Grau de envelhecimento do compósito

Numa restauração convencional, a adesão entre duas camadas de compósito é conseguida pela presença de uma camada superficial que permanece não polimerizada devido à exposição ao oxigénio. Esta camada contém ligações C=C não consumidas, permitindo que os monómeros da nova camada de compósito se liguem a ela – copolimerização (Özcan & Pekkan, 2013; Özcan *et al*, 2013; Rinastiti *et al*, 2010). Após a fotopolimerização do último incremento de compósito através de uma matriz de acetato, 40 a 50% dos grupos metacrilato continuam por reagir, provavelmente devido à inibição pelo oxigénio, e esta quantidade é reduzida para metade após polimento (Vankerckhoven

et al, 1982). Estes monómeros não polimerizados vão perder-se com o tempo não só devido à polimerização passiva das resinas que ocorre nas primeiras 24 horas, mas também pela libertação gradual destes monómeros para o meio oral (Burtscher, 1993).

Assim, aquando de uma reparação, o médico dentista depara-se com um compósito com uma superfície sem uma camada não polimerizada (Tezvergil-Mutluay *et al*, 2008) e degradada pelas condições do meio oral, tais como alterações de temperatura e pH (Akova *et al*, 2006; Sarkar, 2000), humidade (Ferracane, 1994; Örtengren *et al*, 2001; Gröger *et al*, 2002) e enzimas salivares (Jaffer *et al*, 2002), o que compromete o potencial de união química ao compósito reparador (Dall'Oca *et al*, 2007). De facto, a resistência adesiva de reparação varia entre 25 a 80% da resistência coesiva do compósito (Lucena-Martín *et al*, 2001; Özcan *et al*, 2013; Ozcan *et al*, 2007).

Em estudos anteriores, os testes para avaliação das forças de adesão foram frequentemente realizados em compósitos envelhecidos (Turner & Meiers, 1993; Yap *et al*, 1999; Tezvergil *et al*, 2003; Bonstein *et al*, 2005; Ozcan *et al*, 2007; Fawzy *et al*, 2008), pelo que a eficácia dos diferentes tratamentos de superfície em restaurações recentes exige um estudo mais aprofundado.

Composição do compósito

Os compósitos são constituídos por uma matriz, partículas de carga, um agente de união de silano para ligar a carga à matriz e produtos químicos que promovem ou modulam a reação de polimerização (Klapdohr & Moszner, 2005).

A composição dos compósitos foi modificada nos últimos anos (Özcan *et al*, 2013; Rinastiti *et al*, 2010). A diminuição do tamanho das partículas de carga resultou em materiais de maior resistência ao desgaste e de fácil polimento (Klapdohr & Moszner, 2005). A resistência adesiva na reparação de compósitos pode ser influenciada pelo tipo, tamanho e quantidade de partículas de carga presentes no compósito (Loomans *et al*, 2011).

Métodos de condicionamento de superfície e molhamento dos agentes de união química

Para aumentar a resistência adesiva devem ser adotados tratamentos de superfície no compósito pré-existente, combinando retenção micromecânica com união química (Papacchini *et al*, 2007; Papacchini *et al*, 2005).

A retenção micromecânica é promovida pela rugosidade de superfície (Burtscher, 1993; Papacchini *et al*, 2007), a qual pode ser conseguida pelo uso de brocas diamantadas, jateamento com óxido de alumínio ou aplicação de ácido hidrófluorídrico (Loomans *et al*, 2011). Estes métodos visam remover a camada de compósito superficial alterada pela saliva, expondo uma superfície de compósito limpa e de maior energia e área (Hannig *et al*, 2006). Estudos anteriores demonstraram que o jateamento com óxido de alumínio é capaz de produzir mais micro-retenções (Lucena-Martín *et al*, 2001; Bonstein *et al*, 2005) e uma maior área de superfície para adesão do que o uso da broca diamantada (Da Costa *et al*, 2012). Esforços para aumentar a adesão através da aplicação de ácido hidrófluorídrico e conseqüente condicionamento das partículas de carga do compósito demonstraram-se ineficazes em estudos laboratoriais e, portanto, não são reconhecidos como protocolo padrão (Rodrigues *et al*, 2009).

A aplicação de ácido fosfórico na superfície do compósito não aumenta a resistência adesiva (Ozcan *et al*, 2007). No entanto, promove uma limpeza pela remoção de detritos e pó da abrasão da superfície (Loomans *et al*, 2011).

Os agentes utilizados para conseguir uma união química são os silanos e as resinas adesivas (Papacchini *et al*, 2007).

Um estudo anterior verificou que a silanização pode ser suprimida sem comprometer a resistência adesiva (Fawzy *et al*, 2008). De facto, parece que as partículas de carga não têm capacidade de ligação adicional (Vankerckhoven *et al*, 1982). Além disso, tem sido sugerido que a utilização de silano em combinação com um adesivo proporciona uma interface espessa que é mais vulnerável à falha (Papacchini *et al*, 2007).

O adesivo, com baixa viscosidade e elevada capacidade de molhamento (Lucena-Martín *et al*, 2001; Papacchini *et al*, 2007; Tezvergil *et al*, 2003), penetra e polimeriza nas micro-retenções mecânicas (Rinastiti *et al*, 2011), produzindo uma camada não polimerizada na superfície rugosa do compósito original (Yesilyurt *et al*, 2009) para ligação com a matriz orgânica do compósito reparador (Rodrigues *et al*, 2009).

Recentemente foram lançados os adesivos universais (Fornazari *et al*, 2017) com capacidade de união a vários substratos. Estes adesivos podem ser usados em restaurações diretas e indiretas com as técnicas de condicionamento seletivo do esmalte, de condicionamento ácido total ou de autocondicionamento, dependendo da situação clínica e das preferências do operador (Alex, 2015). A sua composição inclui, para além dos monómeros funcionais de metacrilato convencionais, monómeros 10-metacrilóiloxidecil dihidrogênio fosfato (10-MDP) (Yoshida *et al*, 2012). O monómero 10-MDP tem 2 grupos

funcionais, um grupo ácido fosfórico (Piascik *et al*, 2012) hidrofílico numa extremidade, capaz de se ligar quimicamente aos tecidos dentários, metais e zircónia, e um grupo metacrilato hidrofóbico na outra extremidade, com capacidade de união química a restaurações e cimentos à base de metacrilato (Alex, 2015). Faltam estudos sobre o impacto dos adesivos universais na resistência adesiva na reparação de compósitos (Tantbirojn *et al*, 2015).

Teste de resistência adesiva à microtração (μ TBS)

A resistência adesiva é tipicamente medida a partir do teste de microtração. A área de adesão testada é de cerca de 1mm^2 ou menos.

Após o procedimento adesivo, é necessária uma preparação adicional do espécime, a qual torna o teste mais laborioso e sensível à técnica. A preparação dos espécimes em formato de palito é mais fácil e rápida do que nos formatos de ampulheta e haltere (Sano *et al*, 1994). Além disso, verifica-se uma maior distribuição de *stress* no palito do que nos outros dois formatos (Ghassemieh, 2008).

As fraturas de palitos pré-teste, frequentemente registadas, não devem ser excluídas da análise estatística. A atribuição de um valor de resistência adesiva de 0 MPa a cada fratura pré-teste penaliza o material, pelo que outra abordagem é a atribuição de um valor pré-determinado.

Embora difícil de provar cientificamente, o teste de μ TBS parece discriminar melhor o desempenho dos adesivos do que o teste de resistência adesiva ao microcisalhamento (μ SBS). Além disso, o teste de μ SBS resulta numa distribuição de *stress* não uniforme nos espécimes (Sano *et al*, 1994).

2. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar a capacidade de reparação de compósitos. Este objetivo geral foi concretizado no objetivo específico de determinar o efeito da aplicação de um adesivo universal, comparativamente a um adesivo convencional, na resistência adesiva à tração às 24 horas, na reparação de um compósito microhíbrido não envelhecido. Assim, a hipótese nula testada foi que a resistência adesiva à tração às 24 horas não é influenciada pela aplicação de um adesivo universal, comparativamente a um adesivo convencional, na reparação de um compósito microhíbrido não envelhecido.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na Tabela 1 encontra-se informação relativa aos materiais utilizados neste estudo. Todos os materiais foram utilizados de acordo com as recomendações dos fabricantes.

Material		Lote	Validade
ENAMEL plus HRi	Cor UD5	2016000315	01-2021
	Cor UD1	2016006121	08-2021
Total Etch		U34526	01-2018
OptiBond™ FL		6278580	08-2018
Adhese® Universal		U42605	10-2017

Tabela 1 – Informações relativas aos materiais utilizados no estudo.

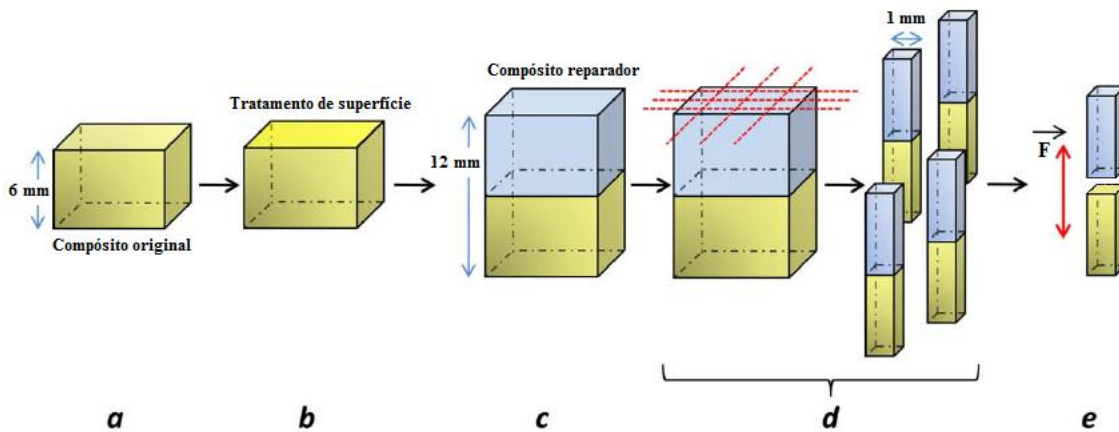


Fig. 1 – Representação esquemática da preparação dos espécimes para o teste de μ TBS.

3.1. Preparação dos blocos

Foram preparados 3 paralelepípedos em compósito microhíbrido, usando moldes de plástico graduados com 8 mm de largura, 6 mm de altura e 8 mm de profundidade (Figs. 1a e 2).

Cada camada de 2 mm de compósito ENAMEL plus HRi (Micerium S.p.A., Avegno (GE) Italy), cor UD5, foi colocada horizontalmente no molde com uma espátula de inserção e um brunidor e polymerizada durante 40 segundos com um fotopolimerizador LED (Elipar™ S10, 3M ESPE, Germany) cuja ponta foi colocada o mais próximo possível do compósito sem criar zonas de sombra. A intensidade do fotopolimerizador foi de 1200 mW/cm^2 , a qual foi verificada com um radiômetro (Modelo 100 da Demetron Kerr, USA). O último incremento de compósito foi coberto com uma matriz de acetato

antes da fotopolimerização para se obter uma superfície plana e uniforme e para prevenir a formação de uma camada inibida pelo oxigênio.

Cada bloco de compósito foi removido do molde e cada uma das suas faces foi fotopolimerizada durante 40 segundos para assegurar uma polimerização mais uniforme e completa.

Os blocos foram conservados num recipiente de plástico fechado em água destilada numa estufa (TK/L 4105, EHRET GmbH & CO. KG, Germany) a 37°C durante 24 horas para simular um procedimento de reparação precoce.

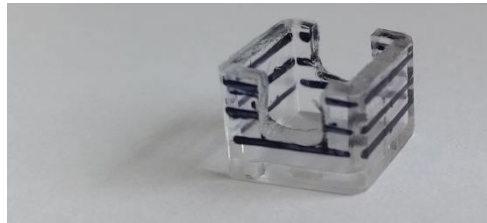


Fig. 2 – Molde utilizado para a preparação de um bloco.

3.2. Tratamento de superfície

Para remoção da camada degradada na superfície adesiva de cada bloco de compósito, procedeu-se à abrasão com papel de carbureto de silício (SiC) de grão 800 (CarbiMet®, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) durante 10 segundos sob refrigeração com água, numa máquina polidora (DAP-U, Struers, Denmark) (Fig. 3). De seguida, cada bloco foi lavado com água e seco com jato de ar.



Fig. 3 – Remoção da camada degradada superficial com papel SiC de grão 800.

Posteriormente, as superfícies adesivas foram jateadas com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) com um tamanho de 50 μm (Danville Engineering Inc, Danville, CA, USA) durante 10 segundos. A ponta foi posicionada a 10 mm de distância e perpendicularmente à superfície do bloco. Procedeu-se à lavagem com água e secagem com jato de ar.

Para fins de limpeza, foi aplicado ácido fosfórico a 37% em gel (Total Etch, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) durante 30 segundos em cada superfície adesiva. Procedeu-se à lavagem com água e secagem com jato de ar.

Os blocos de compósito foram divididos aleatoriamente em três grupos de acordo com a aplicação de adesivo:

- Grupo 1 – Nenhum adesivo (controlo negativo);
- Grupo 2 – Adesivo convencional;
- Grupo 3 – Adesivo universal.

O adesivo convencional OptiBond™ FL (Kerr, Scafati, SA, Italy), sem o *primer* dentinário, foi aplicado de forma passiva numa camada fina e fotopolimerizado durante 20 segundos na superfície adesiva do bloco.

O adesivo universal Adhese® Universal (Ivoclar Vivadent Inc., Amherst, NY, USA) foi aplicado ativamente com um leve movimento de fricção durante 20 segundos, depois dispersado com jato de ar até resultar numa camada fina, imóvel e brilhante e finalmente fotopolimerizado durante 10 segundos na superfície adesiva do bloco.

3.3. Reparação

Cada paralelepípedo de compósito foi inserido num novo molde com a mesma largura e profundidade mas com o dobro da altura (Fig. 4). A restante metade do molde foi preenchida com o mesmo compósito mas de cor UD1 (claramente distinta da cor do compósito original para facilitar a caracterização da fratura). Foi aplicada a mesma técnica descrita para o primeiro conjunto de blocos. Assim, o compósito reparador foi adicionado em três camadas e fotopolimerizado com o mesmo dispositivo durante 40 segundos por camada. O último incremento de compósito foi coberto com uma matriz de acetato antes da fotopolimerização.

Cada bloco de compósito foi então removido do molde e cada uma das suas faces foi fotopolimerizada durante 40 segundos. Desta forma, obtiveram-se 3 paralelepípedos com 12 mm de altura (Fig. 1c).

Cada bloco foi conservado num recipiente de plástico fechado em água destilada na estufa a 37°C durante 24 horas.

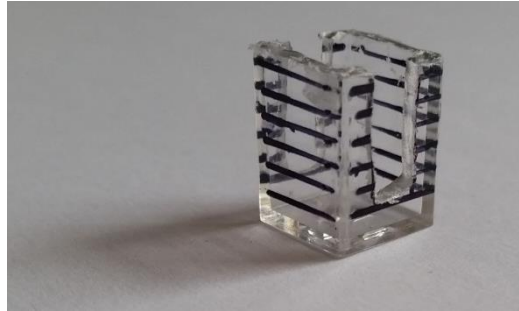


Fig. 4 – Molde utilizado para a reparação.

3.4. Preparação do bloco para determinação da resistência coesiva

Foi preparado separadamente 1 paralelepípedo em compósito – grupo 4.

Um molde de plástico graduado com 8 mm de largura, 12 mm de altura e 8 mm de profundidade foi preenchido com o compósito de cor UD5 seguindo a mesma técnica incremental e tempo de polimerização descritos anteriormente.

O bloco também foi armazenado num recipiente de plástico fechado em água destilada na estufa a 37°C durante 24 horas antes do teste.

A preparação deste bloco teve como finalidade a determinação da resistência coesiva do compósito (grupo controlo positivo).

3.5. Teste de resistência adesiva à microtração (μ TBS)

Cada bloco foi fixado com cola de cianoacrilato (737 black magic toughened adhesive, Permabond, UK) num cilindro de resina acrílica autopolimerizável, que foi montado numa máquina de corte (IsoMet® 1000 Precision Saw, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) equipada com um disco diamantado (IsoMet™ Diamond Wafering Blades – 10,2cm x 0,3mm – Series 15HC, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA).

Cada paralelepípedo foi seccionado perpendicularmente à interface adesiva nos eixos x e y , com o cuidado de não deixar o disco chegar ao cilindro de acrílico, para formar palitos com uma área de secção transversal de aproximadamente 1 mm² (Fig. 1d, 5 e 6).

Realizou-se um corte final na base de cada bloco de modo a separar os palitos. Todos os cortes foram efetuados a baixa velocidade e sob refrigeração constante com água.

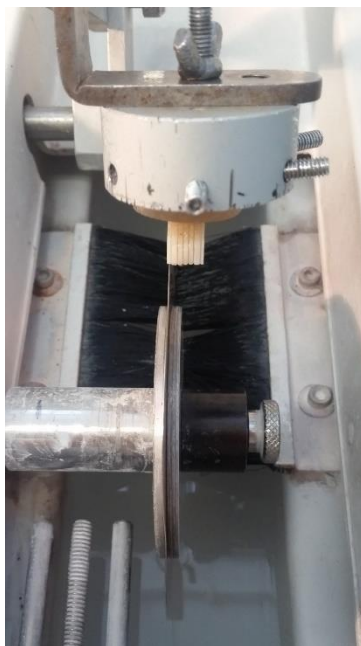


Fig. 5 – Corte do bloco.

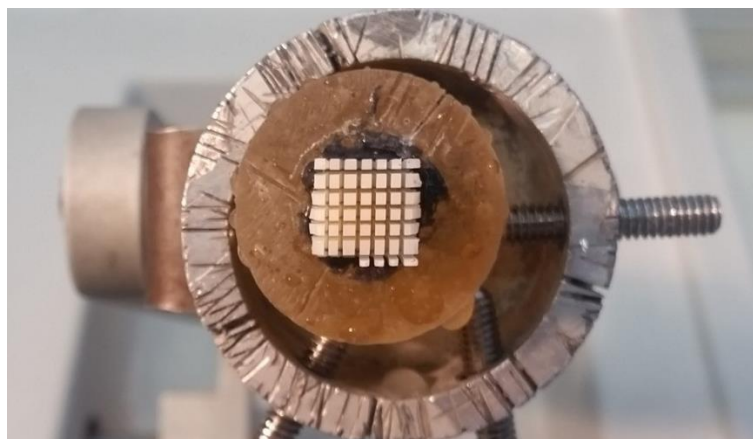


Fig. 6 – Bloco cortado nos eixos x e y.

A caracterização dos palitos por grupo pode ser consultada na Tabela 2.

Grupo	Fraturas pré-teste	Palitos testados
1	2	27
2	1	28
3	2	27
4	1	28

Tabela 2 – Caracterização dos palitos por grupo.

Os testes de μ TBS foram realizados imediatamente após o corte dos palitos. Cada palito foi fixado num *jig* de Geraldelli com a cola de cianoacrilato, com o cuidado de deixar a interface livre de cola e na região de separação das duas metades do *jig*, com uma orientação paralela à da força a ser exercida durante o teste (Fig. 7a). Cada palito foi submetido a uma força de tração com uma célula de carga de 1 kN a uma velocidade de 1mm/min até à fratura na máquina de teste universal (4500, Instron, Grove City, PA, USA) (Fig. 1e e 7b).

Registou-se o valor da força no momento da fratura, em kiloNewton (kN), o qual foi calculado pelo programa Series IX (Series IX Automated Materials Testing System, versão 8.34.00, n° série 21744H, Instron Corporation, Grove City, PA, USA). Mediram-se ambos os lados da secção transversal no local da fratura de cada palito com uma craveira digital (Fischer Darex®, France), para o cálculo da área de adesão em mm². A partir destes valores, foi calculada a resistência adesiva em MegaPascal (MPa) de cada palito.

A mesma técnica foi usada para determinar a resistência coesiva dos espécimes do grupo 4.

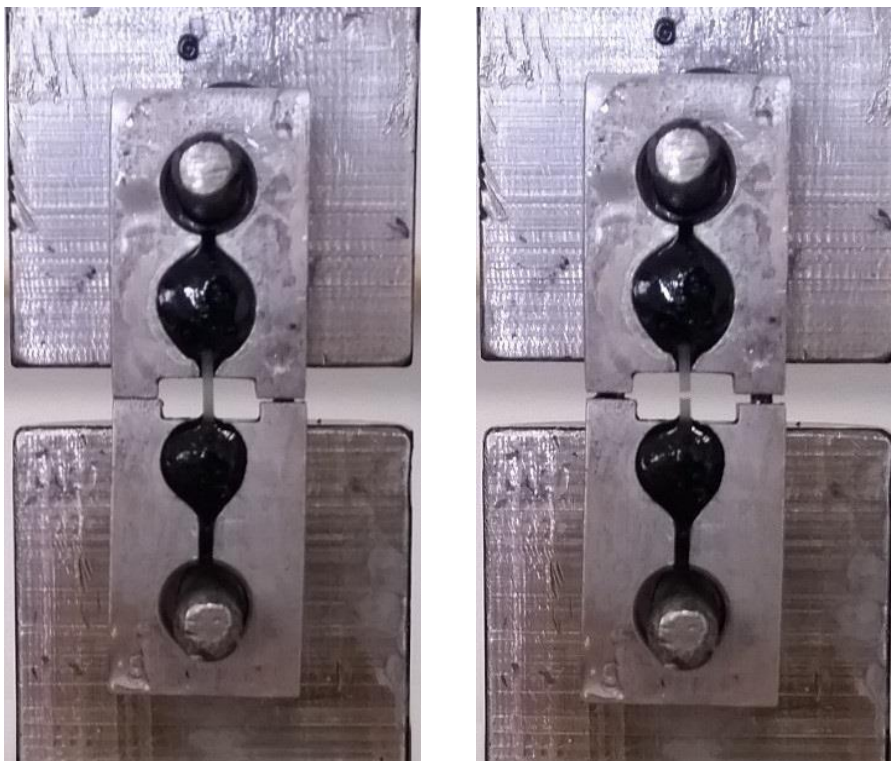


Fig. 7 – (a) Palito preparado para iniciar o teste de microtração; (b) Palito fraturado após ter sido sujeito a uma força de tração.

3.6. Padrão de fratura

Cada fratura foi observada ao microscópio ótico (Nikon, Japão) com uma ampliação de 10x e classificada como: coesiva no compósito original (CO); adesiva (A), na interface adesiva; coesiva no compósito reparador (CR); ou mista (M), combinação de padrões de fratura.

3.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o programa IBM SPSS Statistics 23 for Mac (SPSS Inc, Chicago, IL, USA), com um nível de significância estatística de 5%.

Todos os palitos que fraturaram antes do teste foram incluídos na análise estatística com um valor de resistência adesiva de metade do valor de pré-carga de 1 kN, ou seja, $(0,5 \text{ kN}) (0,5 \text{ mm}^2)^{-1} = 1 \text{ MPa}$ (Vachirammon *et al*, 2008).

Os valores de resistência adesiva foram analisados primeiramente de forma descritiva para obter a média e o desvio padrão de cada grupo.

De seguida, a normalidade dos dados foi comprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors em todos os grupos ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Grupo	Statistic	df	Sig.
1	,158	29	,062
2	,136	29	,183
3	,158	29	,064
4	,085	29	,200

Tabela 3 – Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors.

Também a homogeneidade da variância foi comprovada pelo teste de Levene ($p > 0,05$) (Tabela 4) .

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,713	3	112	,546

Tabela 4 – Teste de homogeneidade da variância de Levene.

Desta forma, cumpriram-se os critérios necessários para a aplicação do teste paramétrico *one-way* ANOVA.

4. RESULTADOS

Os valores médios e de desvio padrão de resistência adesiva de cada grupo encontram-se na Tabela 5.

Grupo	N	Média (MPa)	Desvio padrão (MPa)
1	29	48,8252	19,77752
2	29	42,1659	13,99437
3	29	45,6315	18,26562
4	29	51,2232	16,67051

Tabela 5 – Valores médios e de desvio padrão de resistência adesiva (MPa) por grupo.

O valor médio de resistência coesiva (grupo 4) foi o maior registado. O valor médio mais alto de resistência adesiva foi observado no grupo 1 (controlo negativo), seguido do grupo 3 (adesivo universal) e por último do grupo 2 (adesivo convencional).

A partir destes valores, foi calculada a resistência adesiva de reparação em relação à resistência coesiva do compósito (Gráfico 1).

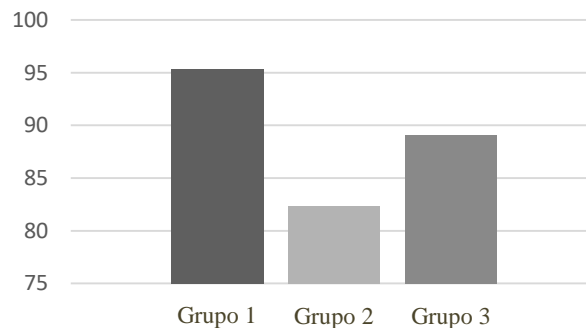


Gráfico 1 – Resistência adesiva em relação à resistência coesiva (%).

O teste *one-way* ANOVA revelou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para a resistência adesiva ($p > 0,05$) (Tabela 6).

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Entre grupos	1345,674	3	448,558	1,497	,219

Tabela 6 – Teste *one-way* ANOVA.

No Gráfico 2 é apresentada a quantidade de fraturas de cada padrão por grupo.

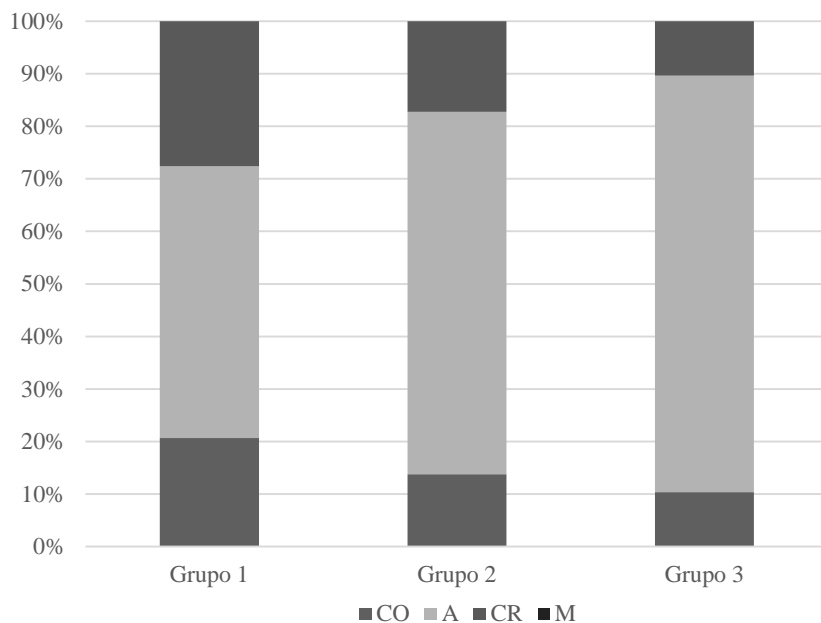


Gráfico 2 – Padrão de fratura (%) por grupo.

Não se registaram fraturas mistas. O padrão de fratura predominante em todos os grupos foi o adesivo. O maior número de fraturas adesivas foi observado no grupo 3 (79,31%), seguido do grupo 2 (68,97%) e por último do grupo 1 (51,72%).

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi investigar a influência da aplicação de um adesivo universal, comparativamente a um adesivo convencional, na resistência adesiva de um compósito reparado. A hipótese nula foi aceite, uma vez que não foram registadas diferenças estatisticamente significativas entre os dois tipos de adesivos.

Os resultados da resistência adesiva estão de acordo com o estudo de Fornazari e colaboradores publicado este ano, apesar de se encontrarem diferenças entre os protocolos. De facto, estes autores verificaram que os valores médios de resistência adesiva obtidos com o adesivo Scotchbond Universal (3M ESPE) não diferem significativamente face aos valores obtidos com o adesivo convencional Heliobond (Ivoclar Vivadent). A ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os dois tipos de adesivos utilizados no presente estudo pode ser justificada pelo facto dos testes de μ TBS terem sido feitos 24 horas após os procedimentos de reparação sem permitir o envelhecimento dos espécimes. A absorção de água e a degradação hidrolítica da interface adesiva ao longo do tempo tem sido implicada como uma das principais causas de falha da adesão (De Munck *et al*, 2013). A presença de 10-MDP, o mais hidrofóbico de todos os monómeros funcionais tipicamente utilizados em adesivos dentários (Suh, 2013), no adesivo universal, é responsável pela sua capacidade de tornar a interface adesiva mais resistente à biodegradação (Yoshida *et al*, 2012) permitindo uma maior durabilidade da adesão. Assim, é necessário um estudo com a simulação das condições intra-orais a longo prazo para avaliar a durabilidade da união química entre os compósitos promovida por adesivos universais com 10-MDP.

É importante destacar que, à semelhança do estudo de Fornazari *et al* (2017), a aplicação de adesivo universal apresentou uma média de forças de adesão superior à do protocolo com o adesivo convencional. Esta diferença, embora não seja estatisticamente significativa em nenhum dos estudos, talvez possa ser atribuída a uma desidratação mais eficaz do compósito original quando o adesivo Adhese® Universal é aplicado, o que pode eventualmente aumentar a capacidade de molhamento da superfície do compósito e a penetração desta resina mais hidrofóbica nas micro-retenções mecânicas. Este adesivo contém solventes (água e etanol) que dadas as suas propriedades de volatilização, removem consigo a água residual da superfície. O tratamento com o adesivo hidrofóbico OptiBond™ FL não incluiu o *primer* dentinário hidrofílico correspondente. Uma

cuidadosa secagem com ar do compósito rugoso, após a lavagem com água, não pareceu deixar o compósito com uma superfície que é adequadamente molhada por este adesivo hidrofóbico. Assim, o uso de um *primer* pode não ser limitado apenas a situações clínicas com dentina exposta no local de reparação. Outro fator que pode ajudar a explicar a maior penetração do adesivo universal na superfície rugosa a ser reparada é a diferença no modo de aplicação dos dois adesivos avaliados. De acordo com as recomendações do fabricante, o OptiBond™ FL deve ser aplicado passivamente na superfície tratada, enquanto o Adhese® Universal deve ser aplicado de forma dinâmica com um leve movimento de fricção durante 20 segundos.

Embora ainda não tenha sido avaliada *in vivo*, foi relatado que a resistência adesiva necessária para uma reparação clinicamente satisfatória deve ser de pelo menos 18 a 20 MPa (Hannig *et al*, 2006). Neste estudo, todos os grupos ultrapassaram estes valores. Assim, os resultados sugerem que ambos os adesivos aplicados produzem uma resistência adesiva de reparação clinicamente adequada.

Relativamente ao padrão de fratura, no presente estudo *in vitro*, verificou-se que em todos os grupos a maioria das fraturas foi adesiva. Esta predominância de fraturas adesivas revela-se importante na interpretação dos resultados dos testes de microtração, uma vez que as fraturas coesivas em compósito não são representativas de situações clínicas (Sano *et al.*, 1994).

Os autores Fornazari e colaboradores (2017) chegaram a resultados diferentes do estudo atual. De facto, nesse estudo a maioria das fraturas registadas foi coesiva. Esta diferença pode ser atribuída a dificuldades técnicas durante o teste de resistência ao cisalhamento que resultaram na deslocação do *stress* para o compósito original. Estudos anteriores recomendaram o teste de μ TBS afirmando que produz fraturas na interface adesiva (Della Bona *et al*, 2003).

Um aspeto importante a respeito deste protocolo de estudo é a inclusão de ambos os grupos controlo negativo e positivo. Apenas alguns estudos incluíram os dois grupos controlo (Shahdad & Kennedy, 1998; Bonstein *et al*, 2005). Um controlo negativo e um controlo positivo são, no entanto, essenciais para comparar e relacionar os resultados do estudo das diferentes técnicas de reparação. O controlo negativo é necessário para

determinar o efeito das diferentes técnicas de reparação. Por outro lado, o controlo positivo apresenta o potencial de reparação relativo à resistência coesiva do material.

A maior limitação deste trabalho foi a falta de estudos sobre o impacto dos adesivos universais na resistência adesiva na reparação de compósitos, o que não permitiu a comparação de resultados.

Além disso, não pode ser efetuada uma comparação direta dos valores dos parâmetros avaliados neste tudo com os valores obtidos por outros autores, na medida em que as respetivas condições experimentais não são iguais.

Ainda, o facto de se ter utilizado uma marca específica de compósito e adesivo também levanta algumas questões no que toca à possibilidade de generalização dos resultados.

À semelhança de outros estudos, foi utilizado o mesmo compósito para efetuar a reparação (Rathke *et al*, 2009). Quando uma resina adesiva é utilizada como um agente de união, a química da matriz da resina adesiva pode ser mais importante do que a química da matriz do compósito reparador. Por outro lado, em muitos casos a composição do compósito a ser reparado é desconhecida (Yesilyurt *et al*, 2009), pelo que se propõem estudos adicionais com um compósito reparador diferente do compósito original.

A reparação de compósitos é uma técnica minimamente invasiva que preserva a estrutura dentária sã e aumenta a longevidade das restaurações. No entanto, a retenção micromecânica e a união química entre o compósito reparador e o original devem ser maximizadas para garantir uma reparação eficaz.

Este estudo foi realizado *in vitro*; portanto, é difícil estender os resultados às situações clínicas. Sugere-se que, em estudos futuros, a resistência adesiva de reparação de compósitos microhíbridos seja avaliada *in vivo* onde sejam expostos aos efeitos das alterações de pH e temperatura, enzimas salivares e ambiente oral.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados deste estudo, é possível concluir que a aplicação de um adesivo universal, comparativamente a um adesivo convencional, não influencia a resistência adesiva à tração às 24 horas, na reparação de um compósito microhíbrido não envelhecido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albers HF. *Tooth Colored Restoratives Principles and Techniques*, 9th ed. Hamilton: BC Decker Inc.; 2002. p. 148-52.
2. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent*. 2015 Jan;36(1):15-26; quiz 28, 40.
3. Akova T, Ozkomur A, Uysal H. Effect of food simulating liquids on the mechanical properties of provisional restorative materials. *Dental Materials* 2006 22(12) 1130-1134.
4. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J Jr, Bush PJ. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *Journal of Adhesive Dentistry* 2005 7(1) 41-49.
5. Burtscher P. Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater* 1993; 9: 218–221.
6. Da Costa TR, Serrano AM, Atman AP, Loguercio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent*. 2012 Jun;40(6):513-21.
7. Dall’Oca S, Papacchini F, Cury AH, Goracci C, Suh BI, Tay FR, Ferrari M. Effect of oxygen inhibition on composite repair strength over time. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007 Forthcoming.
8. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky Jr JJ. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater* 2003;19:693–9.
9. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*. 2003;82(2):136-140.
10. Fawzy AS, El-Askary FS, Amer MA. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired wateraged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite *Journal of Dentistry* 2008 36(12) 969-976.
11. Fernández E, Martín J, Vildósola P, Oliveira Junior OB, Gordan V, Mjor I, Bersezio C, Estay J, de Andrade MF, Moncada G. Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial *Journal of Dentistry* 2015 43(2) 279-286.
12. Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil* 1994;21:441–52.

13. Foitzik M, Attin T. Korrekturfüllung—Möglichkeiten und Durchführung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004 114:1003–1011
14. Fornazari IA, Wille I, Meda EM, Brum RT, Souza EM. Effect of Surface Treatment, Silane, and Universal Adhesive on Microshear Bond Strength of Nanofilled Composite Repairs. *Oper Dent*. 2017 Jul/Aug;42(4):367-374.
15. Ghassemieh E. Evaluation of sources of uncertainties in microtensile bond strength of dental adhesive system for different specimen geometries. *Dent Mater*. 2008 Apr;24(4):536-47. Epub 2007 Aug 13.
16. Gröger G, Rosentritt M, Behr M, Schröder J, Handel G. Dental resin materials in vivo-TEM results after one year: a pilot study. *J Mater Sci Mater Med* 2006;17:825–8.
17. Hannig C, Sebastian L, Hahn P, Attin T. Shear bond strength of repaired adhesive filling materials using different repair procedures. *J Adhes Dent* 2006;8:35–40.
18. Jaffer F, Finer Y, Santerre JP. Interactions between resin monomers and commercial composite resins with human saliva derived esterases. *Biomaterials* 2002;23:1707–19.
19. Klapdohr S, Moszner N. New inorganic components for dental filling composites. *Monatsh Chem* 2005;136:21–45.
20. Lee YK, Lim BS, Rhee SH, et al. Changes of optical properties of dental nano-filled resin composites after curing and thermocycling. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004;71:16–21.
21. Loomans BA, Cardoso MV, Opdam NJ, Roeters FJ, De Munck J, Huysmans MC, Van Meerbeek B. Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J Dent*. 2011 Jul;39(7):499-505.
22. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, & Van Meerbeek B. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dental Materials* 2011 27(7) 701-709.
23. Lucena-Martín C, González-López S, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent* 2001;86:481-8.
24. Mjör IA, Gordan VV. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Oper Dent* 2002;27:528-534.
25. Murdoch-Kinch CA, McLean ME. Minimally invasive dentistry *Journal of the American Dental Association* 2003 134(1) 87-95.

26. Örtengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter I. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil* 2001;28:1106–15.
27. Ozcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GA, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater.* 2007;23:1276–82.
28. Özcan M, Corazza PH, Marocho SM, Barbosa SH, Bottino MA. Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composite: effect of substrate resin type, sur-face conditioning and aging. *Clin Oral Invest* 2013;17:1751-8.
29. Özcan M, Pekkan G. Effect of different adhesion strategies on bond strength of resin composite to composite-dentin complex. *Oper Dent* 2013;38:63-72.
30. Papacchini F, Dall'Oca S, Chieffi N, Goracci C, Sadek FT, Suh BI, Tay FR, & Ferrari M. Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: Effect of surface treatment and oxygen inhibition *Journal of Adhesive Dentistry* 2007 9(1) 25-31.
31. Papacchini F, Monticelli F, Radovic I, Chieffi N, Goracci C, Tay FR, Polimeni A, Ferrari M. The application of hydrogen peroxide in composite repair. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005;82:298-304.
32. Papacchini F, Toledano M, Monticelli F, Osorio R, Radovic I, Polimeni A, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Hydrolytic stability of composite repair bond. *Eur J Oral Sci* 2007;115:417-424.
33. Piascik JR, Swift EJ, Braswell K, Stoner BR. Surface fluorination of zirconia: adhesive bond strength comparison to commercial primers. *Dent Mater* 2012;28:604-8.
34. Rathke A, Tymina Y, Haller B. Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Investig.* 2009 Sep;13(3):317-23.
35. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins. *Clin Oral Investig.* 2011;15:625–33.
36. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent* 2010;3:29-38.

37. Rodrigues Jr SA, Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2009;25:442
38. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994;10:236–40.
39. Sarkar NK. Internal corrosion in dental composite wear *Journal of Biomedical Materials Research* 2000 53(4) 371-380.
40. Shahdad SA, Kennedy JG. Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *J Dent* 1998;26:685–94.
41. Suh BI. *Principles of Adhesive Dentistry: A Theoretical and Clinical Guide for Dentists*. Newtown, PA: Aegis Publications LLC; 2013.
42. Tantbirojn D, Fernando C, Versluis A. Failure strengths of composite additions and repairs *Operative Dentistry* 2015 40(4) 364-371.
43. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: Effect of different adhesion primers *Journal of Dentistry* 2003 31(8) 521-525.
44. Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. Incremental layers bonding of silorane composites: The initial bonding properties. *J Dent*. 2008;36:560–3.
45. Turner CW & Meiers JC. Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-lightcured composite resin *Operative Dentistry* 1993 18(5) 187-194.
46. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, & Mount GJ. Minimal intervention dentistry: A review. FDI Commission Project 1-97 *International Dental Journal* 2000 50(1) 1 12.
47. Vachiramon V, Vargas MA, Pashley DH, Tay FR, Geraldeli S, Qian F, Armstrong SR. Effects of oxalate on dentin bond after 3-month simulated pulpal pressure. *J Dent* 36 (3), 178-185. 2008 Jan 31.
48. Vankerckhoven H, Lambrechts P, van Beylen M, Davidson CL & Vanherle G. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins *Journal of Dental Research* 1982 61(6) 791-795.
49. White JM, & Eakle WS. Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry *Journal of the American Dental Association (Supplement 131)* 2000 13S-19S.

50. Yap AU, Sau CW & Lye KW. Effects of aging on repair bond strengths of a polyacid-modified composite resin *Operative Dentistry* 1999 24(6) 371-376.
51. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent*. 2009;21(4):251-60.
52. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, Osaka A, & Van Meerbeek B. Self assembled nano-layering at the adhesive interface *Journal of Dental Research* 2012 91(4) 376-381.