

Trabalho de Conclusão de Curso

INTERFACE DE UNIÃO ENTRE RESINA COMPOSTA E RESINA ACRÍLICA ATIVADA QUIMICAMENTE – COMPORTAMENTO MECÂNICO E INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

Jaqueline LeonardiPazinato

Universidade Federal de Santa Catarina

Curso de Graduação em Odontologia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

Jaqueline LeonardiPazinato

INTERFACE DE UNIÃO ENTRE RESINA COMPOSTA E RESINA ACRÍLICA
ATIVADA QUIMICAMENTE – COMPORTAMENTO MECÂNICO E
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

Trabalho apresentado à
Universidade Federal de Santa
Catarina, como requisito para a
conclusão do Curso de Graduação em
Odontologia.

Orientadora: Prof^ªDr^a Thais
Marques Simek Vega Gonçalves

Florianópolis

2016

Jaqueline LeonardiPazinato

**INTERFACE DE UNIÃO ENTRE RESINA COMPOSTA E RESINA ACRÍLICA
ATIVADA QUIMICAMENTE – COMPORTAMENTO MECÂNICO E
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 19 de outubro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof.^a, Dr. Thais Marques Simek Vega Gonçalves
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^o Dr. Luís André MendonçaMezzomo
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr.^a Karla Nunes Teixeira

Dedico este trabalho à minha querida irmã, Luiza LeonardiPazinato, de quem senti saudades diárias durante estes cinco anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, **Marlene LeonardiPazinato** e **OdalgiroPazinato**, por todos os momentos de incentivo, amor e carinho que tive não apenas durante a graduação, mas durante toda a vida. Obrigada pela oportunidade que me deram de estudar e poder escolher uma profissão.

À minha orientadora, Prof^aDr^a**Thais Marques Simek Vega Gonçalves**, pela dedicação infinita, pela paciência com as minhas dificuldades e pelo exemplo de profissional que és para mim.

À Dra^a**Karla Nunes Teixeira**, por compartilhar comigo seus conhecimentos especialmente na metodologia desta pesquisa, pelo tempo dedicado, pela paciência, carinho e bom humor de sempre.

Aos professores **Luís André Mendonça Mezzomo** e **AnaluciaGeblerPhilippi** e aos demais participantes do projeto de pesquisa e extensão “Longevidade e Previsibilidade das Próteses Dentárias”, obrigada por todo o aprendizado adquirido nas tardes de projeto.

À minha parceira de pesquisa e de vida, **Tamara Eduarda Hess Borba**, obrigada por estes cinco anos ao meu lado, a tua amizade foi muito importante nesta caminhada.

Ao meu namorado, **Victor Márcio dos Santos**, por todos os momentos de carinho e compreensão.

À minha amiga **Rayani Ruiz**, por todos os semestres em que formamos dupla na clínica e por todos os momentos de companheirismo que tivemos.

Às minhas amigas **Amanda Cristina Cipriani**, **Camilla Villela Papaleo** e **Nicolle Rodrigues Souza** por fazer meus dias sempre mais alegres, pelo convívio diário, pelo ombro amigo que sempre foram para mim.

Aos demais professores e colegas da Universidade Federal de Santa Catarina, meus sinceros agradecimentos pelas contribuições na minha formação.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

Objetivo: Avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva entre resina composta convencional (RC) e resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ) após aplicação de diferentes tratamentos de superfície.

Materiais e Métodos: Após cálculo amostral de estudo piloto, foram confeccionados 62 blocos de RAAQ (Alike, GC America), com rugosidade superficial padronizada. Foi aplicado jateamento prévio com óxido de alumínio em metade da amostra. Os blocos foram aleatoriamente divididos e receberam seguintes tratamentos, isolados e associados (aplicação de monômero de metilmetacrilato (MMA) por 180s, um adesivo convencional (Scotchbond 3M ESPE) e outro específico para compósitos (Composite Primer, GC Europe)). Duas marcas comerciais (GC Inc. e 3M ESPE) de RCs convencionais foram testadas. Cilindros (2mm de diâmetro) foram confeccionados em RC da marca compatível ao adesivo testado. O teste de cisalhamento foi realizado em Máquina de Ensaio Universal (Instron 4444), com tensão crescente e velocidade constante (0,5 mm/min) até a ruptura. A tensão máxima foi registrada em N e transformada em MPa. O tipo de falha (adesiva ou mista) foi avaliado visualmente com lente de aumento (3.5 X). Os dados foram analisados por Análise de Variância Fatorial, seguido de Tukey ($\alpha=0.05$)

Resultados: Houve diferença nos efeitos principais ($p<0.05$), porém as interações não foram significantes ($p>0.05$). A aplicação do MMA previamente ao adesivo aumentou a resistência de união da interface ($p<0.0001$) para ambos os adesivos ($p=0.37$). O uso isolado do primer para compósitos (Composite Primer, GC Europe) aumentou a resistência adesiva ($p<0.0001$), sendo os resultados semelhantes à associação MMA e ambos os adesivos ($p>0.05$). A RC Solare (GC Europa) teve comportamento mecânico superior ($12,4 \pm 6,12$ MPa) ao da RC Z350 (3M Espe) ($7,73 \pm 5,91$ MPa) ($p<0,0001$). O jateamento aumentou a resistência ao cisalhamento ($p<0.0001$). A falha adesiva foi predominante nos grupos, entretanto, a resistência de união nas falhas mistas ($19,03 \pm 4,0$ MPa) foi maior que nas falhas adesivas ($10,66 \pm 6,15$ MPa) ($p<0.0001$).

Conclusão: A aplicação de MMA (180s) seguida de adesivo melhora o comportamento mecânico da interface. O uso isolado do primer adesivo (GC Europe) aumenta a resistência adesiva da interface.

Palavras-chave: Resina Acrílica; Resina Composta; Adesão; Provisórios

ABSTRACT

Objective: To evaluate the mechanical behavior of the adhesive interface between conventional composite resin (CR) and chemically activated acrylic resin (PMMA), after the application of different surface treatments.

Materials and Methods: After sample calculation of pilot study, 62 acrylic resin blocks (Alike, GC America) were made with standard surface roughness. After ultrasonic bath, half of the sample received aluminum oxide sandblast. Blocks were randomly divided and the following surface treatments were tested, alone or combined (application of methyl methacrylate monomer (MMA) for 180s and adhesive systems (conventional and specific to composites)). Two trademarks (GC Inc. and 3M ESPE) of adhesives and composite resins were tested. Cylinders (2mm diameter) of composite resin, compatible to the adhesive brand tested, were made. The shear bond strength was tested in Universal Testing Machine (Instron 4444) with increasing tension and constant speed (0.5 mm / min) until rupture. The value of maximum strength was recorded in N and transformed into MPa. The type of failure (adhesive or mixed) was visually assessed with magnifying lens (3.5 X). Data were analyzed by Factorial Analysis of Variance, followed by Tukey ($\alpha = 0.05$)

Results: There were differences in all main effects (surface treatment, type of failure and sandblasting) ($p < 0.05$), but the interactions were not significant ($p \geq 0.05$). The application of MMA prior to the adhesive agent increased the shear bond strength ($p < 0.0001$), for both adhesive agents ($p = 0.37$). The sole application of the composite primer (Composite primer, GC Europe) increased the bonding strength ($p < 0.0001$), being the results similar to the association of MMA and both adhesives ($p > 0.05$). The CR Solare (GC Europa) presented better mechanical behavior ($12,4 \pm 6,12$ MPa) when compared to the CR Z350 (3M Espe) ($7,73 \pm 5,91$ MPa) ($p < 0,0001$). Sandblasting increased the shear bond strength ($p < 0.0001$). The adhesive failure was prevalent in all groups, however, the shear bond strength of mixed failures (19.03 ± 4.0 MPa) was considerably higher than those of adhesive failures (10.66 ± 6.15 MPa) ($p < 0.0001$).

Conclusion: The surface treatment, of which the combined application of MMA 180s followed by an adhesive system improved the mechanical behavior of the adhesive interface. The exclusive use of adhesive primer (GC Europe) also increased the shear bond strength of the bonding interface.

Keywords: Acrylic Resin; Composite resin; Accession; Provisional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química do polimetilmetacrilato (PMMA).....	22
Figura 2: Cadeias poliméricas interpenetradas.....	22
Figura 3: Disposição química das resinas bis-GMA e UEDMA, usadas como resinas básicas (matriz).....	23
Figura 4: Acréscimo de resina composta para conformação do perfil de emergência de restauração provisória de RAAQ.....	23
Figura 5: Bloco de RAAQ (Alike, GC America Inc), incluído em cilindro de PVC preenchido com RAAQ incolor (Resina Auto TDV, TDV Dental Ltda.).....	29
Figura 6: Politriz metalográfica do Laboratório de Pós Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.....	30
Figura 7: Blocos submetidos ao banho ultrassônico.	30
Figura 8: Condicionamento da superfície com monômero de metilmetacrilato (MMA) (Alike, GC America Inc.) por 180 segundos	31
Figura 9: Aplicação do Primer Adesivo para Compósito de forma ativa com microbrush.	31
Figura 10: Aplicação do Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe).	31
Figura 11: Fotopolimerização do Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe).....	32
Figura 12: Inserção da RC (Gaenial Universal Flow, GC America Inc.) no cilindro. ...	32
Figura 13: Incrementos de RC convencional (Solare, GC America Inc.) e RC de baixa consistência (Gaenial Universal Flow, GC America Inc) após retirada dos cilindros. ...	33
Figura 14: Cilindros de RC convencional (Solare, GC America Inc) e RC de baixa consistência (Gaenial Universal Flow, GC America Inc.) nos diâmetros de 1 mm (microcisalhamento) e 2 mm (cisalhamento).	33
Figura 15: Máquina Universal de Ensaios (Instron 4444) com fio de aço 0,025mm para tração do corpo de prova.	34
Figura 16: Corpo de prova sendo tracionado por fio de aço 0,025mm em Máquina Universal de Ensaios.	34
Figura 17: Matriz de 6 centímetros para padronização da distância do jateamento.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média (\pm desvio padrão) de resistência de união (Mpa) segundo o tratamento de superfície.....	35
Tabela 2: Composição dos grupos do estudo experimental.	39
Tabela 3: Análise de variância fatorial considerando o tratamento de superfície aplicado, bem como o tipo de falha observado e a aplicação do jateamento com óxido de alumínio.	41
Tabela 4: Resultados médios (\pm desvio padrão) de resistência adesiva (MPa), para cada tratamento de superfície.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistência de união média (MPa), segundo o tratamento de superfície e o teste mecânico utilizado.....	36
Gráfico 2: Módulo de Weibull correspondente aos diferentes tratamentos de superfície.	37
Gráfico 3: Gráfico do módulo de Weibull avaliando os testes de microcisalhamento e cisalhamento.	37
Gráfico 4: Módulo de Weibull aplicado aos diferentes tratamentos de superfície.....	43
Gráfico 5: Comparação entre a aplicação e não aplicação do jateamento de óxido de alumínio em cada grupo de tratamento de superfície.	43
Gráfico 6: Módulo de Weibull aplicado ao jateamento com óxido de alumínio isoladamente.	44
Gráfico 7: Comparação entre os tratamentos de superfície e os tipos de falha.	45
Gráfico 8: Relação entre o uso de jateamento com óxido de alumínio e o tipo de falha encontrada.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RAAQ – Resina Acrílica Ativada Quimicamente

RC – Resina Composta

PMMA – Polimetilmetacrilato

UEDMA – Uretanodimetacrilato

IPN – Interpenetrating Polymer Network

MMA – Metilmetacrilato

Bis-GMA – BisfenoGlicidilmetacrilato

TEGDMA – TrietilenoglicolDimetacrilato

Mpa – Megapascal

N – Newtons

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Jat. Al₂O₃ – Jateamento com Óxido de Alumínio

s – Segundos

µm – Micrometro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Resinas Odontológicas.....	21
2.2 Interface adesiva entre RAAQ e RC.....	24
3. OBJETIVOS.....	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1 Estudo Piloto	29
4.2 Estudo experimental.....	38
5. RESULTADOS	41
6. DISCUSSÃO.....	47
7. CONCLUSÕES.....	51
8. REFERÊNCIAS	52

1.INTRODUÇÃO

A cárie e a doença periodontal são as principais causas do edentulismo total e/ou parcial, bem como da perda de parte da estrutura dental, seguidos pelo traumatismo dentário.^{1, 2} A reposição dos elementos dentais ausentes ou de parte da estrutura dental por meio de tratamentos reabilitadores visa restaurar a função e a estética das estruturas perdidas, podendo ser realizados de forma direta ou indireta.³ Quando uma pequena reconstrução anatômica é necessária, a indicação recai sobre materiais de uso direto como, por exemplo, as resinas compostas fotoativadas (RC). Por outro lado, grandes destruições coronárias, assim como a ausência de múltiplos dentes necessitam de uma abordagem reabilitadora diferenciada, que envolve a aplicação de materiais capazes de resistir aos esforços mastigatórios, além de apresentarem bons resultados estéticos. Metais nobres e ligas metálicas, resinas de uso indireto, aliado às cerâmicas de uso odontológico são bons exemplos de materiais com essas características. Dentre as restaurações confeccionadas de forma indireta podemos destacar as reconstruções parciais do tipo inlays/onlays, coroas parciais e as reconstruções totais, variando-se desde coroas totais unitárias e próteses fixas de extensões variadas até próteses removíveis totais e parciais, confeccionadas sobre dentes ou implantes.^{4, 5}

Independente do tipo de restauração indireta, todo tratamento reabilitador apresenta três fases distintas, que podem variar segundo a complexidade do caso, incluindo o diagnóstico e planejamento do tratamento, a devolução das referências de normalidade, também conhecida por temporização ou fase de provisórios e a execução da restauração propriamente. Neste sentido, as restaurações provisórias são úteis para auxiliar o correto diagnóstico, pois permitem a visualização e correção dos parâmetros estéticos e funcionais de modo a obter um ótimo resultado clínico antes mesmo da conclusão definitiva do tratamento.

As restaurações provisórias devem proteger os tecidos dentais contra microorganismos invasores, saliva e alimentos, que podem penetrar nos túbulos dentinários, visando proporcionar conforto, além de proteger a polpa dental de injúrias térmicas. Uma adequada adaptação marginal mantém o preparo cervical e a saúde periodontal, prevenindo a inflamação gengival que pode levar a alterações no nível ósseo e conseqüente recessão da margem gengival.⁶ Na implantodontia, os procedimentos de condicionamento gengival podem ser efetuados previamente, durante

ou após a instalação dos implantes, com o intuito de maximizar os resultados estéticos dos tecidos moles periimplantares. A fase de modelamento gengival pelos provisórios, secundária à reabertura, visa contribuir para a conquista de uma adequada harmonia entre os tecidos moles e o perfil de emergência da futura prótese definitiva.⁷ Biologicamente os materiais provisórios não devem ser irritantes, tóxicos ou alergênicos.⁶

A restauração fixa provisória pode ser confeccionada sobre um modelo ou diretamente sobre o dente preparado, devendo estar bem adaptada em toda a extensão do término cervical. Uma vez cimentada com material adequado, a restauração provisória permite adequada função mastigatória e fonética, além de devolver a estética, proteger o complexo dentino-pulpar, prevenir a movimentação dentária, manter a estabilidade oclusal e promover a saúde dos tecidos periodontais e de suporte.^{8,9}

O término cervical é uma região bastante crítica, pois, muitas vezes, por razões estéticas, o limite do preparo estende-se para a região intra-sulcular, dificultando a moldagem e conseqüente adaptação da restauração definitiva. Nestes casos, as restaurações provisórias são uma importante ferramenta de condicionamento dos tecidos moles a fim de alcançar um perfil de emergência aceitável de acordo com a topografia local do tecido gengival. Portanto, as restaurações provisórias devem ser cuidadosamente confeccionadas e reembasadas periodicamente para permitir o afastamento dos tecidos e a manutenção do condicionamento tecidual e a saúde do periodonto, facilitando assim a moldagem definitiva do preparo.^{4,10}

Diferentes técnicas têm sido preconizadas para a fabricação de restaurações provisórias, porém o material mais utilizado em grande parte delas é a RAAQ.^{5,11} A resina acrílica é geralmente fornecida na forma de pó e líquido, sendo o líquido constituído de metacrilato de metila (MMA) e o pó composto por microesferas de polimetacrilato de metila (polímero), polimerizadas industrialmente, além de agentes de ligação cruzada e plastificantes.⁴ Infelizmente, apesar da facilidade de utilização, as restaurações provisórias confeccionadas em RAAQ possuem limitações inerentes à técnica e ao material. A reação química que ocorre durante a polimerização da RAAQ, após a manipulação do monômero (líquido) e polímero (pó), produz cadeias poliméricas responsáveis pela rigidez e resistência do material.⁵ Entretanto, essa mesma reação química gera, como subprodutos, calor e contração, com conseqüente alteração dimensional do material, características extremamente deletérias às restaurações

provisórias, tanto em curto quanto em longo prazo.^{11, 12} As restaurações provisórias, em sua maioria, são confeccionadas logo após o preparo dental, sendo a confecção da restauração provisória diretamente sobre o preparo a única opção viável muitas vezes. Nestes casos, a reação exotérmica da polimerização da RAAQ pode agredir o complexo dentino-pulpar dos dentes vitais.³ Para reduzir o trauma térmico, diversos autores^{3, 4, 8, 10} recomendam a remoção da restauração provisória do preparo após a polimerização inicial da resina acrílica, permitindo que a definitiva polimerização ocorra extraoralmente. Em contrapartida, a polimerização deste tipo de resina fora do preparo dental aumenta a distorção da restauração que, em adição à alta contração de polimerização, inerente ao material, prejudica o assentamento correto da restauração provisória e resulta na formação de fendas marginais na região do término cervical. Essa desadaptação marginal permite a infiltração e o acúmulo de biofilme, com conseqüente comprometimento do tecido dental e periodontal, degradação do cimento provisório e deslocamento frequente da restauração ou até mesmo o desenvolvimento de cárie no remanescente dental.^{4, 6, 10} Em relação aos tecidos periodontais, o acúmulo de biofilme na fenda marginal aumenta a inflamação do tecido com conseqüente sangramento e/ou retração gengival, além de prejudicar as etapas subsequentes do tratamento com potencial deletério em relação à estética final do caso^{4, 7, 8}.

Diversas técnicas de reembasamento e diferentes materiais têm sido aplicados de forma a minimizar a desadaptação tanto interna quanto marginal das restaurações provisórias. O material mais utilizado na prática clínica para tal procedimento é a própria RAAQ que, apesar de suas limitações, apresenta uma boa adesão com a restauração provisória, visto que ambas apresentam a mesma composição química.^{5, 11} Em contrapartida, esse material é extremamente poroso e apresenta tempo de trabalho e manipulação limitados, visto sua polimerização ser ativada quimicamente. Essas particularidades da RAAQ podem ter efeitos importantes em regiões críticas como as áreas sub-gengivais, onde a lisura superficial e a adaptação correta das restaurações provisórias são fatores decisivos à manutenção da saúde dos tecidos periodontais^{4, 7, 8}.

Uma alternativa ao reembasamento do provisório com RAAQ seria a utilização da resina composta, visto que esse material apresenta diversas vantagens incluindo a facilidade de manipulação e maior controle na aplicação, baixa contração de polimerização, maior lisura superficial e melhor reprodução de detalhes anatômicos, o que propicia melhores resultados estéticos e maior saúde dos tecidos periodontais.^{15, 16}

Em adição, as resinas compostas estão disponíveis no mercado em diferentes consistências, podendo ser utilizadas tanto as resinas de baixa consistência em casos de pequenas correções no término, quanto aquelas de consistência regular nos casos de desajustes cervicais mais significativos.^{6, 15} Outra indicação bastante interessante ao uso das resinas compostas sobre RAAQ seria a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes, o que permite o condicionamento da papila gengival com consequente melhora do resultado estético final.¹³

Apesar de todas as vantagens do reembasamento direto com resina composta em restaurações provisórias de RAAQ, a existência de uma interface de união entre esses materiais, que apresentam composições químicas diversas, poderia ter comportamentos mecânicos distintos, o que poderia fragilizar a interface de união e interferir no desempenho clínico das próteses devido à percolação, ao manchamento, e até mesmo à ruptura desta interface.

Na literatura, alguns estudos iniciais^{13, 14} avaliaram a interface de união entre a resina composta e resina acrílica de dentes artificiais, revelando resultados contraditórios. De acordo com Papazoglou e Vasilas, 1999,¹⁴ o condicionamento da superfície do dente artificial com MMA por 180 segundos aumenta consideravelmente a resistência de união da interface. Por outro lado, Verganiet al. 2000¹³ demonstrou não haver influência da aplicação prévia do MMA (180s) na resistência de união da interface. Os autores¹³ relatam que o tratamento com MMA parece não promover suficiente grau de ativação na superfície do dente artificial para reagir com a resina composta. Presença de contaminantes, o baixo grau de molhabilidade do compósito resinoso de alta viscosidade e a manutenção de uma camada de resina acrílica altamente polida do dente artificial poderiam ter influenciado os resultados encontrados.¹³ Ainda neste sentido, como as RAAQ apresentam maior porosidade e maior contração de polimerização com maior liberação de monômero residual, o comportamento da interface poderia ser totalmente distinto, quando da aplicação de diferentes tratamentos de superfície.

Apesar dos resultados de ambos os estudos serem bastante promissores, a resina composta foi aplicada sobre dentes artificiais que são confeccionados com resina acrílica prensada, de polimerização lenta e térmica. Desta forma, apresentam maior número de ligações cruzadas, e consequentemente maior resistênciamecânica e lisura superficial, o que poderia contribuir para os resultados encontrados. Como a RAAQ

apresenta maior porosidade e maior contração de polimerização com maior liberação de monômero residual, o comportamento desta interface poderia ser totalmente distinto daquele observado em estudos prévios. Entretanto, até o presente momento, não foram encontrados estudos que avaliassem tal interface quando da utilização da RAAQ como substrato.

Tendo em vista a quantidade limitada de informações relacionadas ao assunto e a relevância clínica do tema, justifica-se a realização do presente estudo, com o intuito de estudar diferentes tratamentos de superfície que, aplicados sobre a superfície da RAAQ, poderiam melhorar o comportamento mecânico da interface adesiva RAAQ/RC.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resinas Odontológicas

A RAAQ é um material bastante versátil e muito utilizado na Odontologia, podendo-se destacar a confecção de bases de próteses parciais e totais, placas mio-relaxantes, moldes individuais, padrões de fundição, próteses provisórias imediatas, coroas provisórias, dentes artificiais, reparo de próteses totais, aparelhos ortodônticos, entre outros.¹⁵ Esse material resinoso é geralmente oferecido em forma de pó e líquido, sendo o constituinte principal do líquido o metacrilato de metila, também conhecido por monômero. Uma pequena quantidade de hidroquinona (inibidor) também está presente no líquido para evitar a polimerização espontânea durante o seu armazenamento. Dependendo do uso a qual se destina, podem ser acrescentados agentes de ligação cruzada e plastificantes. Na RAAQ, o líquido contém também um ativador químico que, geralmente, é uma amina terciária. O pó é composto por microesferas de polimetacrilato de metila (polímero) polimerizadas industrialmente.^{15, 16}

Na polimerização da RAAQ são formadas pérolas de polimetilmetacrilato (PMMA) através de ligações cruzadas. A estrutura química do PMMA pode ser observada na figura 1. Entre as pérolas de PMMA e a matriz polimérica reticulada, existe uma camada intermediária chamada de rede de polímeros semi-interpenetrante (IPN- Interpenetrating Polymer Network), conforme mostra a figura 2. As cadeias poliméricas interpenetradas são estruturas formadas quando uma rede de polímeros é cruzada no interior de uma outra rede tridimensional ocupada por um segundo polímero cruzado. Assim, as redes cruzadas, coexistem no mesmo volume do espaço (uma retida fisicamente dentro da outra) e não podem ser dissociadas sem que ocorra a ruptura das ligações químicas, o que resulta em propriedades físicas melhoradas para os materiais poliméricos.¹⁷

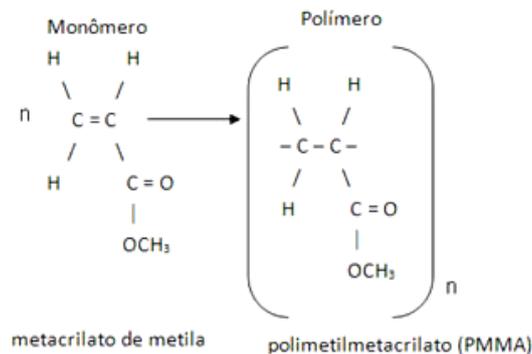


Figura 1: Estrutura química do polimetilmetacrilato (PMMA)

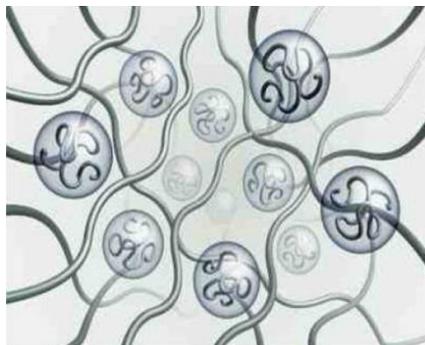


Figura 2: Cadeias poliméricas interpenetradas

Fonte: Vita Zahnfabrikapud TEIXEIRA, 2012.

Outro tipo de resina amplamente utilizado na odontologia é a resina composta (RC). Suas principais aplicações são em restaurações diretas para preenchimento de cavidades dentárias causadas por cárie ou fraturas, para correção de anatomia dental, uso em tratamentos ortodônticos fixos, restaurações visando aumento da dimensão vertical, entre outros.

As resinas compostas modernas contêm inúmeros componentes, sendo que os principais constituintes são a matriz orgânica, as partículas de carga inorgânicas e os agentes de união. A matriz orgânica é constituída de monômeros, inibidores, modificadores de cor e o sistema iniciador/ativador. Os monômeros mais comuns empregados na matriz são o bis-GMA e o uretanodimetacrilato (UEDMA), cuja estrutura molecular está exposta na figura 3.

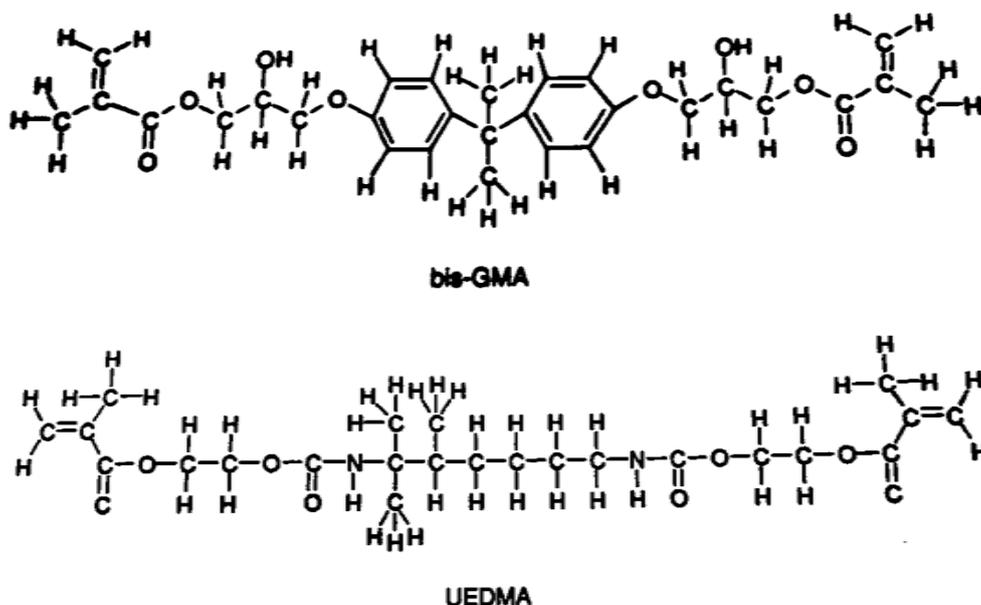


Figura 3: Disposição química das resinas bis-GMA e UEDMA, usadas como resinas básicas (matriz)

A utilização interessante para a resina composta fotoativada seria o reparo e o reembasamento de restaurações provisórias confeccionadas em RAAQ, ou mesmo durante a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes (figura 4), pois, podem ser realizadas de forma direta e em consultório, permitindo melhor controle do tempo clínico e a maior reprodução de detalhes de regiões críticas como o término cervical do preparo dental. Por sua polimerização ocorrer através da luz, e não de uma reação exotérmica, não há necessidade de remoção do provisório durante sua confecção para proteção pulpar, evitando assim a ocorrência de contração e consequente distorção do material. Porém, o sucesso clínico da técnica ocorre quando há a interface de união se mantém estável ao longo do tempo.¹⁸



Figura 4: Acréscimo de resina composta para conformação do perfil de emergência de restauração provisória de RAAQ.

2.2 Interface adesiva entre RAAQ e RC

A opção pela resina composta para o reparo e reembasamento de restaurações provisórias em RAAQ e para conformação do perfil de emergência na implantodontia tem como possível limitação a diferença de composição entre esses dois materiais, o que poderia alterar a performance clínica da interface ao longo do tempo. A força de ligação entre os dois materiais é dependente da capacidade de criar ligações químicas, mecânicas ou físicas na sua interface. Uma forte ligação entre a RAAQ e a resina composta é de importância vital para o sucesso clínico, principalmente em regiões críticas como o término cervical de restaurações subgingivais.¹⁹ Seguindo esse raciocínio, Papazoglou e Vasilas (1999)¹⁴ afirmam que é possível a ocorrência de alguma união química entre resina acrílica e composta.

Estudos prévios^{13, 15, 19-21}, avaliando a interface de união entre dentes artificiais de resina acrílica e resina composta sugerem que o mecanismo de ligação da resina dos dentes artificiais e a resina composta baseia-se na dissolução da superfície do dente por monômeros e posterior formação de ligações secundárias de IPN. Durante a formação dessas ligações, o polímero é dissolvido pelas moléculas de solvente do monômero, que transforma o polímero em um gel, facilitando a união dos materiais.^{15, 19}

Alguns estudos^{13, 19-21} avaliaram a união de dentes artificiais e resina acrílica termopolimerizável como forma de melhorar a união de dentes artificiais e a resina da base das próteses. Nesses estudos^{13, 19-21} são descritos tratamentos mecânicos e químicos incluindo a confecção de chanfros e canaletas, polimento da superfície, abrasão a ar com alta energia, aplicação de monômero, solventes não polimerizáveis e até mesmo a silanização.¹⁹

Em 1987, Stameisen e Ruffino¹⁸ descreveram uma técnica de reparo para dentes perdidos ou quebrados de próteses, utilizando-se compósitos diretos, demonstrando a importância de um agente de ligação, para proporcionar melhor união entre a resina acrílica e composta. O procedimento consistia em tornar áspera a superfície da resina acrílica. Esse procedimento visa remover qualquer resíduo de placa ou reparos anteriores, além de aumentar a área de superfície para o estabelecimento de uma ligação adesiva mais eficiente. Após, o substrato foi revestido com um agente de ligação bisfenolglicidil metacrilato (BIS-GMA) não viscoso, diluído com monômero de metacrilato. A baixa viscosidade permitiu uma melhor umectação e intimidade da

superfície de contato. Foi então selecionada e aplicada uma resina híbrida macroparticulada, selecionada devido sua maior resistência à tensão e ao desgaste em comparação com uma microparticulada. Depois de dar o formato adequado a restauração com brocas, foi realizado o ajuste oclusal e finalizou-se com o acabamento e polimento da restauração. Este relato de caso foi um dos primeiros a descrever a associação entre RAAQ e a resina composta.

Vallittu, Lassila e Lappalainen (1994),²¹ verificaram a resistência transversal de reparos com RAAQ em resina acrílica termopolimerizável e observaram que a força de adesão aumentou 20%, quando a superfície foi tratada com MMA por 180 segundos. A inspeção visual indicou uma redução no número de fraturas adesivas, que ocorreu em todos os espécimes sem tratamento e em apenas 17% dos espécimes que tiveram a superfície tratada com MMA durante 180 segundos. Neste estudo foi utilizado PMMA termicamente ativado para a confecção dos espécimes, feito sempre na mesma proporção de pó e líquido e em seguida vertido em um molde de alumínio para completar polimerização. Foram confeccionados 12 espécimes para cada tratamento de superfície analisado. A superfície dos espécimes foi polida e o processo de reparo foi realizado dentro do mesmo molde de alumínio em que os espécimes foram confeccionados, em seguida foram mantidos em água durante 4 dias. Os tempos de aplicação do MMA como tratamento de superfície foram de 0, 5, 60 e 180 segundos. Todos os espécimes tiveram suas falhas analisadas com microscópio óptico, onde se concluiu que o número de falhas adesivas foi menor no grupo que recebeu tratamento de MMA durante 180 segundos. Alguns espécimes foram analisados em microscopia eletrônica de varredura, a partir dos quais sugere-se que o MMA promove um aumento da molhabilidade da superfície, facilitando a adesão dos materiais.

Um estudo realizado por Vergani et al. (2000),¹³ avaliou o efeito de três tratamentos de superfície sobre a força de cisalhamento entre a resina composta fotoativada e dentes artificiais de resina acrílica. Estes tratamentos foram: MMA isoladamente por 180s, adesivo dentinário (Scotchbond) isoladamente e a associação dos dois primeiros (MMA seguido de adesivo). O estudo mostrou que o uso apenas de MMA por 180s não geram sítios ativos reagentes suficientes para aumentar a resistência de união entre as resinas. Da mesma forma, o uso de adesivos dentinários isoladamente, também não promove uma união adesiva adequada entre os dois materiais. Desse modo, a combinação da aplicação do MMA, seguido do adesivo parece ser a opção mais

eficiente. Segundo os autores, a ligação entre a resina acrílica e composta intermediada pelo adesivo, ocorreria pela união entre os grupamentos metacrilatos do dente de estoque e do adesivo, que possuem, em sua composição, metilmetacrilato e uretano-dimetacrilato, os quais também poderia atuar auxiliando a união da resina composta ao dente artificial.

Kimpara et al. (2008)²² demonstrou que o tratamento da superfície do dente artificial de resina acrílica com MMA por 180s foi capaz de causar menor taxa de microinfiltração na interface quando comparado ao tratamento de com ácido fosfórico a 37%. Neste estudo, que teve por objetivo analisar a taxa de microinfiltração entre dentes artificiais de resina acrílica e resina composta, foram confeccionados 36 corpos de prova simulando próteses em resina acrílica com dentes artificiais fixados. As superfícies oclusais receberam como tratamento de superfície MMA ou ácido fosfórico 37%, além disso foram usadas duas marcas diferentes de resina composta. Após armazenagem água a 37 °C por 24 horas, os corpos de prova foram imersos em solução tamponada de azul de metileno 0,5% durante 2 horas, e seccionados em 2 eixos, para realização das leituras de infiltração. As mensurações foram realizadas em estereomicroscópio com aumento de 12,5 vezes e a média de infiltração para cada grupo foi obtida. A aplicação de metilmetacrilato exerceu efeito positivo nas amostras em comparação ao condicionamento com ácido fosfórico a 37%. Entretanto, ambos os tratamentos de superfície propostos não se mostraram capazes de evitar a ocorrência de infiltração na interface resina composta e dente artificial de resina acrílica.

Em um estudo realizado por Perea et al. (2015),²³ foi avaliada a profundidade de dissolução de diferentes sistemas monoméricos, aplicados com diferentes tempos em dentes artificiais de resina acrílica de diversas marcas comerciais. Foram utilizados os tempos de 1, 5, 15 e 60 minutos. Os resultados do estudo mostraram que a profundidade de dissolução da superfície, condicionada com MMA, aumentou proporcionalmente ao tempo de exposição ao produto.

Apesar de alguns estudos^{13, 19-21}, avaliando dentes artificiais em resina acrílica, apresentarem resultados bastante interessantes em relação à resistência mecânica da interface adesiva entre resina composta e acrílica, não há embasamento científico suficiente para afirmar que o comportamento da interface quando do uso da RAAQ seja semelhante. Como a resina acrílica dos dentes artificiais sofre polimerização lenta e controlada, o número de ligações cruzadas é bastante superior quando comparada à

RAAQ, o que poderia influenciar na performance da interface de união. Assim, devido à escassez de estudos e a importância da manutenção da união entre essas resinas, especialmente em restaurações subgingivais, torna-se essencial avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva entre RAAQ e resina composta, avaliando-se também a influência de diferentes tratamentos de superfície.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva formada entre a RC convencional e a RAAQ.

3.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva (RAAQ/RC), variando-se o tratamento de superfície aplicado à RAAQ.

- Definir qual o tratamento de superfície é mais eficiente no aumento da resistência adesiva na interface RAAQ/RC.

- Sugerir uma técnica clínica para casos de união entre RAAQ e RC como em reembasamento e/ou reparos de restaurações provisórias, ou mesmo durante a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Estudo Piloto

Foi realizado um estudo piloto, com a finalidade de definir a metodologia a ser empregada. Neste estudo piloto foram confeccionados 35 blocos em RAAQ (Alike, GC AmericaInc, Costa Mesa, Califórnia, EUA). Para a obtenção de blocos padronizados, um bloco mestre com aresta de 1 centímetro foi impresso em poliuretano em impressora tridimensional. Esse bloco foi incluído em silicone de adição para confecção de molde mestre. A partir de então, a RAAQ (Alike, GC AmericaInc, Costa Mesa, Califórnia, EUA) foi vertida no molde mestre e levada em pressão constante de 20 bar por 20 minutos para a completa polimerização e redução de porosidades internas. Cada bloco foi então removido do molde mestre e feito o acabamento nas arestas. Para facilitar o polimento da superfície e a consequente padronização da rugosidade superficial, cada bloco de RAAQ foi então incluído em cilindros de PVC preenchidos com RAAQ incolor (Resina Auto TDV, TDV Dental Ltda, Pomerode, Santa Catarina, Brasil) (Figura 5).



Figura 5: Bloco de RAAQ (Alike, GC AmericaInc), incluído em cilindro de PVC preenchido com RAAQ incolor (Resina Auto TDV, TDV Dental Ltda.).

A superfície dos blocos foi polida em polirizmetalográfica com sequência padrão de lixas (lixas d'água de granulação 220, 400, 600 e 1200) (Figura 6). Cada lixa foi aplicada por 10 minutos de forma a padronizar a rugosidade de superfície.

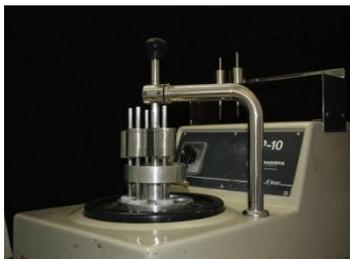


Figura 6: Politriz metalográfica do Laboratório de Pós Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina

A rugosidade de superfície foi padronizada, com auxílio de rugosímetro digital. Foram realizadas três mensurações de rugosidade em pontos diferentes da superfície, sendo a média das três medidas considerada para avaliação do bloco. A rugosidade média de $0,16 \pm 0,10 \mu\text{m}$ foi considerada como forma de padronização dos blocos. Os blocos foram então submetidos ao banho ultrassônico por 10 minutos (Figura 7), seguidos de secagem em papel absorvente.



Figura 7: Blocos submetidos ao banho ultrassônico.

Em seguida, os blocos foram aleatoriamente distribuídos em três grupos segundo o tratamento de superfície aplicado. O primeiro grupo recebeu tratamento apenas com aplicação de MMA (Alike, GC America Inc.). O MMA foi aplicado com o auxílio de uma pinça e bolinha de algodão, mantida em contato com a superfície da RAAQ por 180 segundos (Figura 8).



Figura 8: Condicionamento da superfície com monômero de metilmetacrilato (MMA) (Alike, GC AmericaInc.) por 180 segundos

Os blocos do segundo grupo tiveram a superfície tratada apenas com Primer Adesivo específico para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc., Leuven, Bélgica.), que foi aplicado de forma ativa com auxílio de microbrush (Figuras 9 e 10)



Figura 9: Aplicação do Primer Adesivo para Compósito (CompositePrimer, GC Europe).



Figura 10: Aplicação do Primer Adesivo para Compósito de forma ativa com microbrush.

Foram então aplicados leves jatos de ar para a remoção dos excessos e o primer foi fotoativado por 40 segundos (Figura 11).



Figura 11: Fotopolimerização do Primer Adesivo para Compósito (CompositePrimer, GC Europe).

O último grupo recebeu ambos os tratamentos na sequência, sendo primeiro realizada a aplicação de MMA por 3 minutos, secagem com jatos de ar, seguido da aplicação do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe) da mesma forma como descrito anteriormente.

Após os tratamentos de superfície, cada bloco recebeu quatro espécimes de RC (Figura 12), sendo confeccionados dois cilindros de RC convencional (Solare, GC America Inc.) e dois cilindros de RC de baixa consistência (Gaenial Universal Flow, GC AmericaInc), sendo esses últimos, parte integrante de um segundo estudo. Os cilindros nos quais a RC foi inserida foram impressos em impressora tridimensional. Na figura 13, pode-se notar que os cilindros apresentavam dois diâmetros distintos (transparente com 1mm e vermelho com 2 mm). Esses dois diâmetros foram utilizados de modo a permitir a realização dos testes de cisalhamento e microcisalhamento no mesmo bloco de RAAQ.



Figura 12: Inserção da RC (Gaenial Universal Flow, GC AmericaInc.) no cilindro.

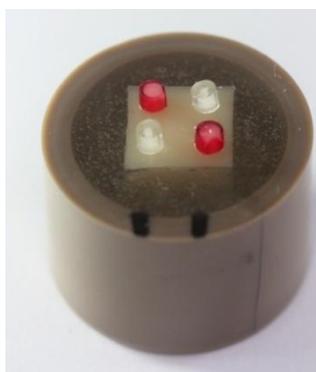


Figura 13: Cilindros de RC convencional (Solare, GC AmericaInc) e RC de baixa consistência (Gaenial Universal Flow, GC AmericaInc.) nos diâmetros de 1 mm (microcisalhamento) e 2 mm (cisalhamento).

Após a fotoativação da RC por 40 segundos, os cilindros foram cuidadosamente removidos com auxílio de uma lâmina de bisturi de modo a expor a região onde seria aplicado o teste mecânico (Figura 14).

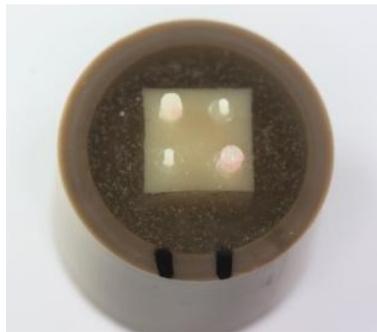


Figura 14: Incrementos de RC convencional (Solare, GC AmericaInc.) e RC de baixa consistência (Gaenial Universal Flow, GC AmericaInc) após retirada dos cilindros.

Os espécimes foram testados individualmente em Máquina Universal de Ensaios (Instron 4444, USA). Todos os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório da Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Como ilustrado nas figuras 15 e 16, um fio de aço de 0,025 mm de espessura foi utilizado para tracionar os corpos de prova, com tensão crescente e velocidade constante (0,5 mm/min) até a ruptura. O valor de tensão máxima foi registrado em N e transformado posteriormente para MPa segundo a área de superfície de cada teste. O tipo de falha ocorrida (adesiva, coesiva ou mista), foi então avaliado visualmente com auxílio de lupa (aumento de 3.5 x).



Figura 15: Máquina Universal de Ensaio (Instron 4444) com fio de aço 0,025mm para tração do corpo de prova.



Figura 16: Corpo de prova sendo tracionado por fio de aço 0,025mm em Máquina Universal de Ensaio.

4.1.1. Resultados do Estudo Piloto

Foram realizadas três medidas de rugosidade superficial com o auxílio do rugosímetro digital em pontos diferentes da superfície do bloco.

Cada medida de rugosidade deveria variar entre 0,10 e 0,16 μm . Caso alguma medida estivesse muito alterada, a medida era refeita. Nos casos de rugosidade média acima de 0,16 μm , o bloco era lixado novamente com a sequência de lixas até que a rugosidade padrão fosse obtida. A rugosidade média final dos blocos foi 0,13 μm .

A análise estatística dos resultados de resistência adesiva foi realizada com auxílio do programa IBM SPSS (v. 20, Armonk, NY), onde foi realizada Análise de Variância (ANOVA) fatorial seguido dos testes de Tukey HSD e Bonferroni para comparação múltipla dos tratamentos ($\alpha=0,05$). A tabela 1 apresenta os valores de média

e desvio padrão de resistência da união dos corpos de prova, de acordo com o tratamento de superfície realizado e o teste mecânico aplicado.

Tabela 1: Média (\pm desvio padrão) de resistência de união (Mpa) segundo o tratamento de superfície.

Tratamento	Média	N
MMA 180s	1,63 (\pm 2,91) A	27
Primer Adesivo Para Compósito (GC Europe)	1,56 (\pm 4,0) A	29
MMA 180s + Primer Adesivo Para Compósito (GC Europe)	8,46 (\pm 5,53) B	14

Média seguida por diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos ($p < 0,001$). ANOVA Fatorial seguido de Tuckey HSD ($\alpha = 0,05$).

O grupo que recebeu como tratamento de superfície a associação MMA 180s e Primer Adesivo (Composite Primer, GC Europe) apresentou resistência de união significativamente maior que os demais grupos ($p < 0,0001$) (Tabela 1).

Quando analisado o teste mecânico de forma isolada, não houve diferença significativa entre os testes de microcisalhamento e cisalhamento convencional ($p = 0,064$). No gráfico 1 fica evidente o comportamento semelhante da interface adesiva para ambos os testes. Pode-se observar também a influência positiva do tratamento de superfície aplicado no grupo MMA 180s e Primer Adesivo para Compósito no aumento da resistência de união entre as resinas ($p < 0,001$).

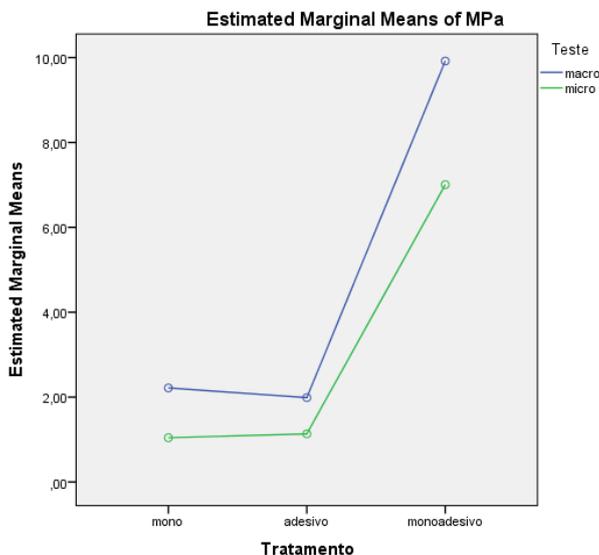


Gráfico 1: Resistência de união média (MPa), segundo o tratamento de superfície e o teste mecânico utilizado

Foi também realizada a análise dos dados por meio o cálculo do Módulo de Weibull, que consiste em uma distribuição de probabilidade contínua. No gráfico 2 é possível observar que, para os grupos tratados com apenas MMA (180 s) e adesivo isoladamente, uma força de aproximadamente 20 MPa já seria suficiente para deslocar 100% dos corpos de prova. Quando analisado o grupo MMA 180s associado ao Primer Adesivo (Composite Primer, GC Europe), essa força seria de aproximadamente 35 MPa, o que é significativamente superior em comparação aos demais grupos.

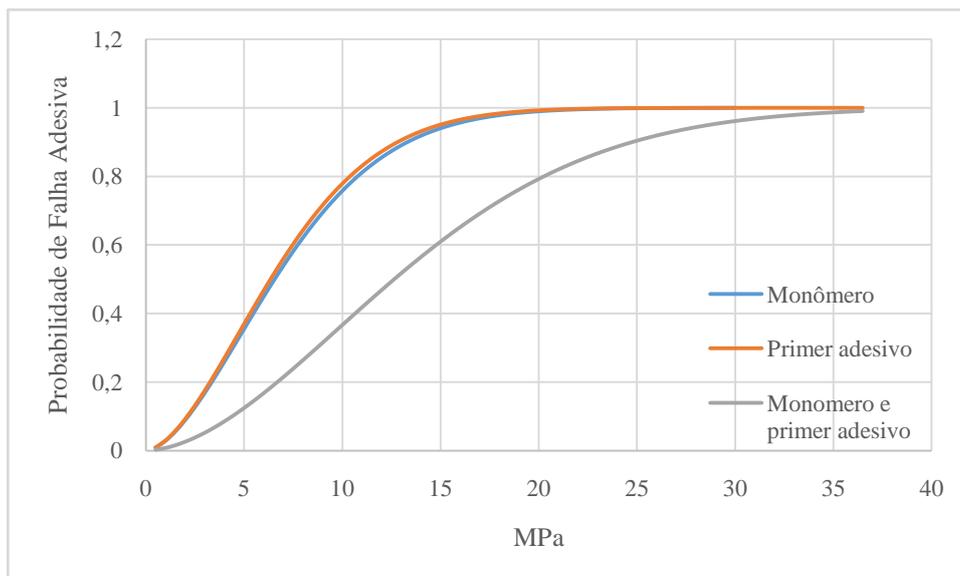


Gráfico 2: Módulo de Weibull correspondente aos diferentes tratamentos de superfície.

Esse mesmo cálculo do Módulo de Weibull foi realizado avaliando-se a performance dos resultados segundo o teste mecânico realizado. No gráfico 3, pode-se observar que o comportamento dos espécimes é semelhante em ambos os testes.

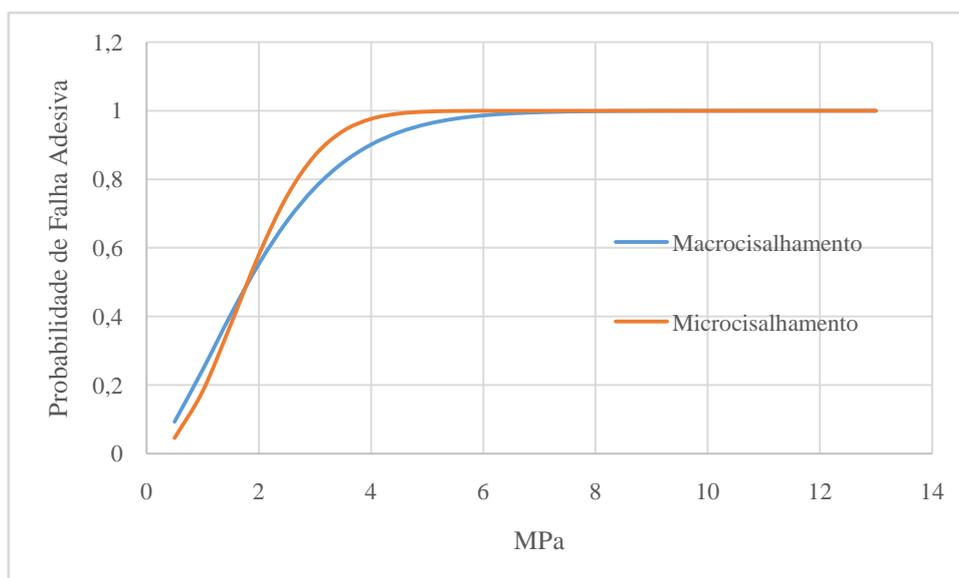


Gráfico 3: Gráfico do módulo de Weibull avaliando os testes de microcisalhamento e cisalhamento.

4.1.2. Considerações do estudo piloto

Com os resultados observados no estudo piloto, chegou-se à conclusão de que o teste de cisalhamento convencional seria o teste mais apropriado para avaliar a resistência adesiva da interface, visto que não foi observada diferença estatística significativa entre os dois testes ($p=0,064$) e os espécimes são mais fáceis de serem confeccionados, pois a inserção da RC é facilitada pelo maior diâmetro do cilindro.

Em acréscimo, optou-se por realizar o teste de cisalhamento com a presença dos cilindros guia, já que a força aplicada para a remoção dos mesmos poderia afetar a resistência de adesão da resina.

4.2 Estudo experimental

A confecção dos corpos de prova para a realização dos grupos experimentais se manteve da mesma forma descrita no estudo piloto.

Todos os blocos tiveram sua rugosidade de superfície testada, da mesma maneira realizada no estudo piloto, sendo utilizados apenas os blocos com rugosidade média obtida entre 0,10 e 0,16 μm . A média geral das rugosidades de superfície dos blocos foi de 0,14 μm e o desvio padrão foi de 0,01 μm .

Para o estudo final foram utilizados 62 blocos de RAAQ, que, após banho ultrassônico, foram aleatoriamente divididos nos grupos experimentais variando-se o tratamento de superfície, as marcas comerciais dos produtos testados e a consistência da RC testada. Após o tratamento de superfície, dois cilindros de RC convencional e dois cilindros de RC do tipo flow foram aderidos e polimerizados, sendo que os resultados destes dois últimos foram tabulados e analisados em um segundo estudo. A composição dos grupos experimentais está descrita abaixo na tabela 2:

Tabela 2: Composição dos grupos do estudo experimental.

Monômero	Jateamento		Adesivo	RC
	Al ₂ O			
180s	NA		NA	RC Z350 (3M ESPE)
NA	NA		Scotchbond (3M ESPE)	RC Z350 (3M ESPE)
180s	NA		Scotchbond (3M ESPE)	RC Z350 (3M ESPE)
180s	Com		NA	RC Z350 (3M ESPE)
NA	Com		Scotchbond (3M ESPE)	RC Z350 (3M ESPE)
180s	Com		Scotchbond (3M ESPE)	RC Z350 (3M ESPE)
180s	NA		NA	RC Solare (GC Europa)
NA	NA		Composite Prime (GC Europa)	RC Solare (GC Europa)
180s	NA		Composite Prime (GC Europa)	RC Solare (GC Europa)
180s	Com		NA	RC Solare (GC Europa)
NA	Com		Composite Prime(GC Europa)	RC Solare (GC Europa)
180s	Com		Composite Prime (GC Europa)	RC Solare (GC Europa)

S: segundo, NA: Não aplicado, Óxido de Alumínio (Al₂O)

O jateamento das superfícies com óxido de alumínio foi realizado com auxílio de um jateador manual, a 6 centímetros de distância da superfície do corpo de prova. Para padronizar a aplicação e a distância em todos os grupos foi confeccionada uma matriz, em resina acrílica, com 6 centímetros de altura, onde a ponta do jateador era posicionada (figura 17).

**Figura 17:** Matriz de 6 centímetros para padronização da distância do jateamento

Os tratamentos de superfície com aplicação de MMA (180s) e adesivos, isoladamente e em conjunto, foram realizados da mesma forma como descrito no estudo piloto, tomando-se o cuidado de sempre confeccionar os espécimes de RC correspondente à marca do adesivo utilizada no tratamento superficial.

Os espécimes foram então testados individualmente em Máquina de Ensaio Universal (Instron 4444, USA). Todos os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório de Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Como descrito no estudo piloto, um fio de aço de 0,025mm de espessura foi utilizado para tracionar os corpos de prova, com tensão crescente e velocidade constante (0,5 mm/min) até a ruptura. O valor de tensão máxima foi registrado em N e transformado posteriormente em MPa. O tipo de falha ocorrida (adesiva, coesiva ou mista), foi então avaliado visualmente com auxílio de lupa.

A análise estatística dos resultados de resistência adesiva foi realizada com auxílio do programa IBM SPSS (v.20, Armonk, NY), onde foi realizada ANOVA fatorial seguido dos testes de Tukey HSD e Bonferroni para comparações múltiplas ($\alpha=0,05$).

5. RESULTADOS

Na tabela 3, abaixo, estão descritos os resultados da ANOVA Fatorial, considerando-se como variável dependente a resistência de união (MPa) e, como fatores, o tratamento de superfície, o tipo de falha observado e a aplicação prévia do jateamento com óxido de alumínio. Pode-se observar que todos os efeitos principais foram significativos ($p < 0.05$), porém as interações não foram significantes ($p \geq 0.05$). Na tabela 4 estão dispostos os valores médios (\pm desvio padrão) de resistência adesiva (MPa), observados em cada grupo.

Tabela 3: Análise de variância fatorial considerando o tratamento de superfície aplicado, bem como o tipo de falha observado e a aplicação do jateamento com óxido de alumínio.

Variável	F Valor	P Valor
Tratamento	16,134	0,000
Falha	7,910	0,006
Jateamento	22,336	0,000
Tratamento x Falha	2,228	0,113
Tratamento x Jateamento	0,324	0,898
Falha x Jateamento	-	-
Tratamento x Falha	-	-

A tabela 4 mostra os valores médios de resistência adesiva (MPa), observados em cada grupo.

Tabela 4: Resultados médios (\pm desvio padrão) de resistência adesiva (MPa), para cada tratamento de superfície.

Grupo	Média
MMA 180s (3M Espe)	2,79 (\pm 1,39) A
Adesivo (3M Espe)	3,95 (\pm 2,79) AB
MMA 180s (GC Europe)	6,41 (\pm 5,14) BC
Primer Adesivo (GC Europe)	8,05 (\pm 4,70) CD
MMA 180s + Adesivo (3M Espe)	9,55 (\pm 4,02) D
MMA 180s + Primer Adesivo (GC Europe)	13,85 (\pm 3,07) D

Média seguida por diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos ($p < 0,001$). ANOVA Fatorial seguido de Tuckey HSD ($\alpha = 0,05$).

Em relação ao tratamento de superfície, a aplicação de monômero previamente ao adesivo aumentou consideravelmente a resistência adesiva da interface ($p < 0.0001$), independentemente do tipo de adesivo aplicado ($p = 0.37$). O uso do primer específico para Compósitos desenvolvido pela GC Europa também aumentou a resistência adesiva da interface ($p < 0.0001$), sendo os resultados semelhantes aos observados quando da aplicação associada de MMA e ambos os adesivos ($p > 0.005$). Pode-se também observar que a RC Solare (GC Europa) apresenta um comportamento mecânico superior quando comparado à RC Z350 (3M ESPE) ($p < 0.0001$).

Através da avaliação dos resultados utilizando-se o cálculo do Módulo de Weibull, que consiste em uma distribuição de probabilidade contínua, o comportamento da interface adesiva após os tratamentos fica bastante evidente. No gráfico 4 é possível observar que, para os grupos tratados com apenas MMA (180s) ou com o adesivo Scotchbond (3M ESPE) isoladamente, uma força de aproximadamente 35MPa seria suficiente para deslocar 100% dos corpos de prova. Já nos grupos onde foi realizado tratamento de superfície com o Primer Adesivo (Composite Primer, GC Europe) ou com a associação MMA 180s e adesivo Scotchbond (3M ESPE) esse valor aumenta consideravelmente. Entretanto, analisando o grupo MMA 180s e Primer Adesivo (Composite Primer, GC Europe), essa força fica significativamente maior do que em todos os demais grupos, sendo que uma força de 180 MPa, superior à resistência de união à dentina e, portanto, clinicamente não praticável, seria capaz de deslocar apenas 25% dos corpos de prova.

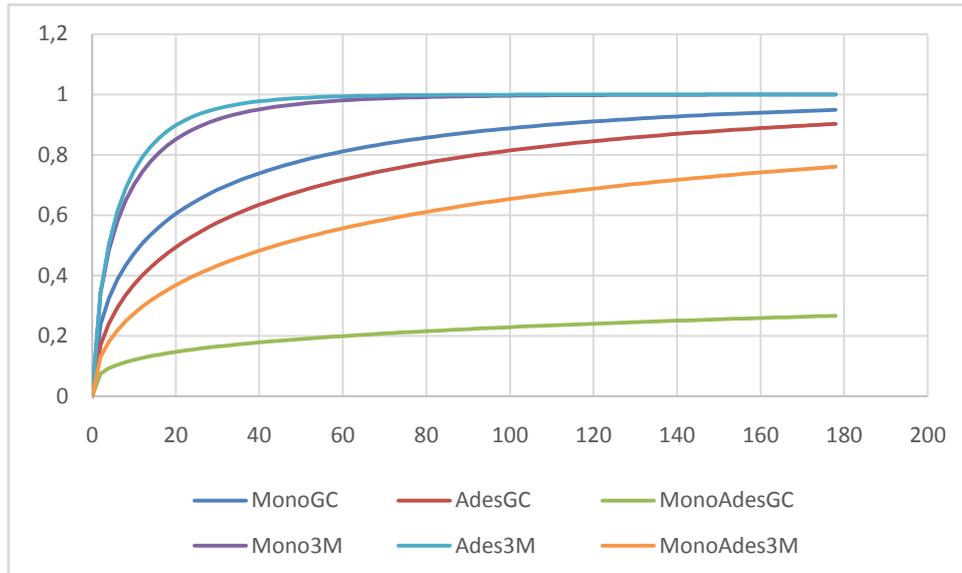


Gráfico 4: Módulo de Weibull aplicado aos diferentes tratamentos de superfície.

No Gráfico 5, pode-se observar a influência do jateamento com óxido de alumínio sobre a resistência adesiva nos diferentes tratamentos de superfície aplicados. Pode-se notar que o uso do jateamento foi significativo, porém não foi observado interação entre os fatores tratamento e jateamento ($p=0.89$).

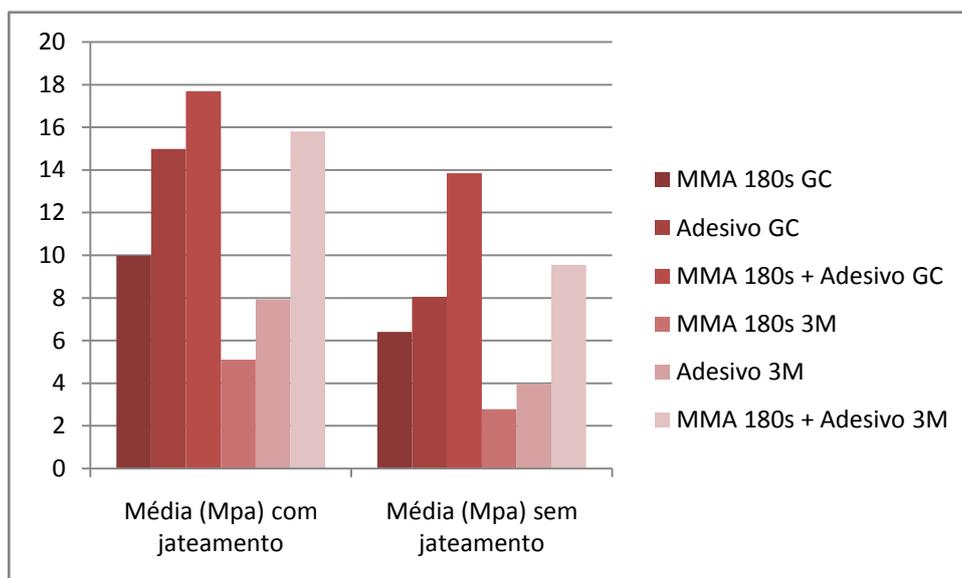


Gráfico 5: Comparação entre a aplicação e não aplicação do jateamento de óxido de alumínio em cada grupo de tratamento de superfície.

Na análise do jateamento de forma isolada, pode-se observar a influência positiva sobre a resistência ao cisalhamento do uso do jateamento ($14,41 \pm 0,7$ MPa) quando comparado ao não uso deste procedimento ($7,43 \pm 0,6$ MPa) ($p < 0.0001$).

Aplicando-se esse mesmo cálculo do Módulo de Weibull na comparação entre os grupos com e sem jateamento prévio, (Gráfico 6), podemos observar que uma força de aproximadamente 80 MPa levaria à falha em todos os corpos de prova que não receberam o jateamento. Já o grupo que o jateamento foi aplicado, essa mesma força de 180 MPa acarretaria em falha de aproximadamente 92% dos corpos de prova.

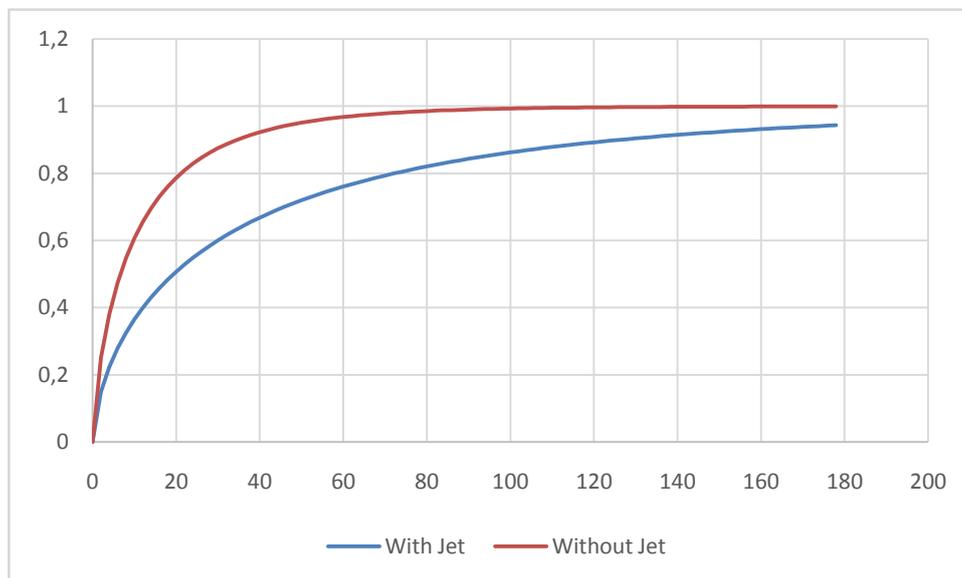


Gráfico 6: Módulo de Weibull aplicado ao jateamento com óxido de alumínio isoladamente.

No Gráfico 7, fica evidente que a maior resistência adesiva foi encontrada nos corpos de prova que sofreram falhas mistas em comparação às falhas adesivas ($p=0.006$), porém não foi observado interação entre os fatores tratamento e tipo de falha ($p=0.11$).

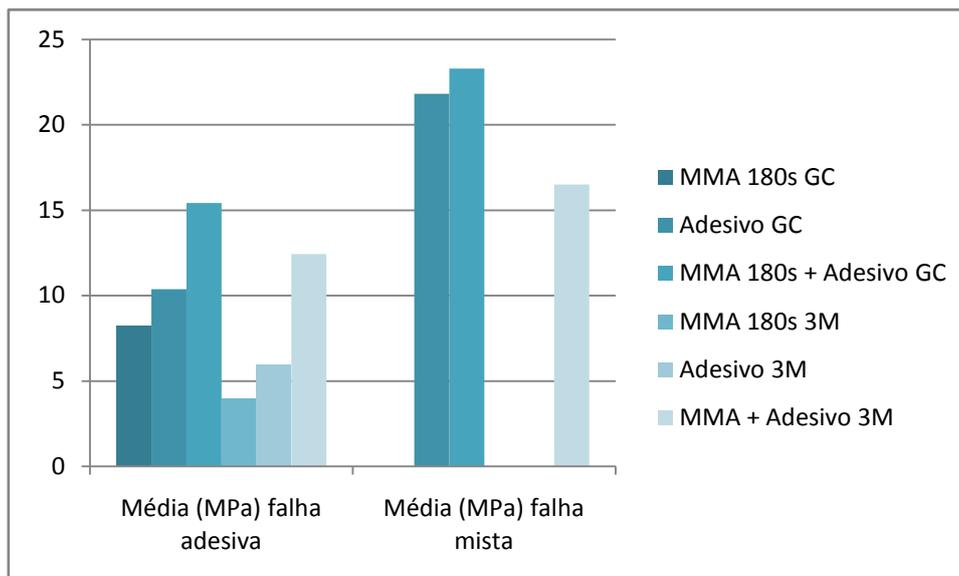


Gráfico 7: Comparação entre os tratamentos de superfície e os tipos de falha.

No Gráfico 8, pode-se também observar que maiores valores de resistência adesiva foram observados nos corpos de prova que receberam o jateamento prévio, apresentando maior incidência de falhas mistas, porém não foi observado interação entre os fatores jateamento e tipo de falha ($p > 0.05$).

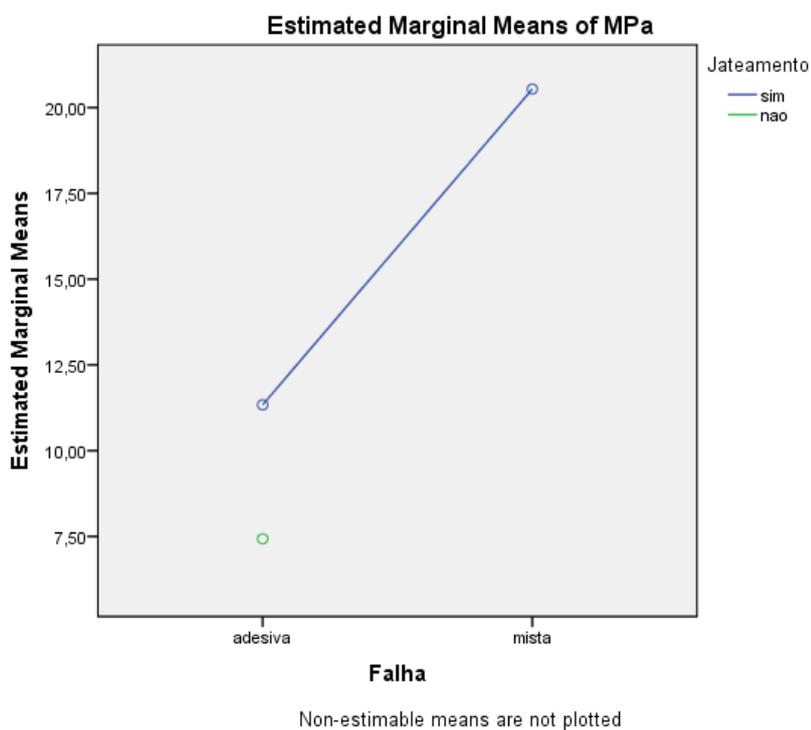


Gráfico 8: Relação entre o uso de jateamento com óxido de alumínio e o tipo de falha encontrada.

Na análise do tipo de falha, a adesiva foi mais prevalente em todos os grupos ($p=0.006$), sendo que o valor médio de resistência observado nas falhas mistas foi consideravelmente maior ($20,54 \pm 1,77$ MPa) quando comparado à falha adesiva ($9,39 \pm 0,41$ MPa) ($p<0,001$).

6. DISCUSSÃO

O reembasamento direto de restaurações provisórias de RAAQ com RC está sendo bastante difundido na prática clínica devido à facilidade de manipulação e controle durante a aplicação visto sua natureza fotoativa. Entretanto, existe uma interface de união entre materiais de diferente composição química, que poderiam apresentar uma união deficiente, comprometendo o desempenho clínico das restaurações. Desta forma, o estabelecimento de um método clínico eficiente de união entre a RAAQ e a RC faz-se necessário e foi o objetivo principal do presente estudo.

Em relação aos tratamentos de superfície propostos, a aplicação associada de MMA por 180s seguida de um agente adesivo foi o método mais eficaz de aumentar a resistência de união da interface adesiva, independentemente do tipo de adesivo. Em relação às marcas comerciais, o uso de forma isolada do primer adesivo específico para compósitos, desenvolvido pela GC (CompositePrimer, GC Europe), foi comparável ao uso associado de MMA e adesivos. Assim, o uso exclusivo de um único produto seria, portanto, bastante interessante para o uso clínico visto que uma etapa bastante demorada do processo poderia ser suprimida.

O uso de MMA como agente condicionante de resina acrílica já se mostrou efetivo em estudos prévios.^{13, 21, 22} O MMA tem um efeito químico sobre a superfície da RAAQ, possibilitando uma maior penetração do adesivo e, conseqüentemente, uma união químico-mecânica entre os substratos.²² Segundo PEREA et al., 2014,¹⁹ a capacidade do MMA dissolver a superfície do dente de resina acrílica pode aumentar a chance de estabelecer uma boa ligação entre a resina do dente e o compósito utilizado. Este mesmo estudo¹⁹ também demonstrou que o tempo de exposição do solvente sobre a resina acrílica influencia a adesão com a RC. Assim, quanto maior o tempo de exposição ao solvente, maior a chance de estabelecer uma ligação estável entre a resina acrílica e o compósito.¹⁹

Entretanto, o estudo de CHATTERJEE et al., 2011,²⁰ revelou que o uso de MMA isoladamente não é capaz de promover sítios ativos suficientes para que ocorra uma adesão efetiva entre a RAAQ e a RC. Nesse estudo²⁰ observou-se o uso associado de MMA seguido da aplicação de um agente adesivo aumentou consideravelmente a força de união entre as resinas, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo. Ainda nesse sentido, um segundo estudo²⁴ testando a união da RC à base de

próteses confeccionada em polimetilmetacrilato (PMMA), concluiu que o uso de um agente de ligação se faz necessário previamente à adesão da RC para aumentar a estabilidade e performance da interface adesiva.

Em relação aos diferentes sistemas adesivos disponíveis no mercado, pouco se sabe sobre a influência de produtos especificamente desenvolvidos de forma a aumentar a adesividade de compósitos como o primer adesivo testado no presente estudo. Um dos primeiros estudos que comparou o uso de MMA e sistemas adesivos modernos foi publicado por VERGANI et al., 2000.¹³ Neste estudo¹³, foi comparado a aplicação isolada e associada de MMA e o adesivo Scotchbond (3M ESPE), ambos na superfície de dentes artificiais de resina acrílica. Segundo os resultados, a maior força de adesão foi também encontrada no grupo que recebeu o MMA seguido do adesivo ($10,66 \pm 2,0$ MPa). Esse resultado foi muito semelhante ao encontrado no presente estudo quando do uso associado de MMA e o sistema adesivo da mesma marca (Scotchbond 3M ESPE) ($9,99 \pm 4,02$ MPa).

O presente estudo é um dos pioneiros a analisar o uso do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe) aplicado em superfícies de RAAQ como substrato e os resultados encontrados foram bastante interessantes. Ficou claro que a aplicação do primer adesivo isoladamente foi equivalente à associação MMA e agente adesivo, independentemente da marca comercial. Provavelmente o primer adesivo da marca GC possui formulação química diferenciada que reage quimicamente com a superfície da RAAQ e provavelmente aumenta a difusão do produto na camada superficial de RAAQ dispensando a preparação previa do substrato pelo MMA. Esse produto poderia então suprimir uma etapa clínica, com conseqüente redução do custo do procedimento e do tempo clínico gasto. Apesar desse resultado ser bastante promissor, estudos futuros avaliando a performance dessa interface adesiva em longo prazo são necessários para comprovar o comportamento clínico desse produto.

Ao analisarmos a aplicação isolada de MMA por 180s, pode-se observar que o a RC da marca GC (RC Solare, GC Europa) ($6,41 \pm 5,14$ MPa) mostrou-se superior quando comparada à RC da marca 3M (Z350, 3M ESPE) ($2,79 \pm 1,39$ MPa). Essa diferença poderia ser em decorrência do substrato de RAAQ, visto que os blocos foram confeccionados com a RAAQ (Alike, GC America) do mesmo fabricante e, provavelmente, apresentam maior compatibilidade química com a RC da mesma marca. Em relação aos valores médios encontrados nos grupos que receberam o tratamento

(MMA ou adesivo) de forma isolada, esses valores são semelhantes aos encontrados no estudo de VERGANI et al., 2000,¹³ onde aproximadamente 4,6 MPa foi mensurada após o tratamento somente com MMA e 5,8 MPa, após a aplicação do adesivo Scotchbond(3M ESPE).

O jateamento com óxido de alumínio se mostrou bastante efetivo, melhorando os resultados da adesão de todos os grupos. Apesar de não haver um grande número de estudos citando o uso de jateamento de óxido de alumínio relacionado à adesão de RAAQ e RC, o uso deste jateamento já é bastante explorado na literatura como tratamento de superfície de cerâmicas, próteses adesivas, núcleos, entre outros, com a finalidade de promover microrretenções mecânicas^{25 26}. O jateamento de partículas de óxido de alumínio visa limpar a superfície dos materiais, produzir uma topografia micro-retentiva e aumentar a área de superfície, bem como promover maior energia de superfície aumentando o grau de molhabilidade da superfície.²⁵ Em uma revisão da literatura²⁶ a respeito da adesão de resina acrílica e RC de baixa viscosidade, a aplicação previa do jateamento com óxido de alumínio, associado à aplicação de MMA e agente adesivo aumentou sobremaneira a performance da interface adesiva. Esses resultados corroboram com os dados encontrados no presente estudo, apesar da diferença de viscosidade da RC utilizadas nos diversos estudos.

A fratura da interface adesiva é bastante prejudicial, principalmente em regiões críticas como o término cervical. Nesse sentido, a avaliação do tipo de falha encontrada é importante pois traduz o comportamento dos materiais quando a tensão é aplicada. Entretanto, os grupos citados como tendo os maiores resultados de resistência adesiva apresentaram também maior número de falhas mistas (adesiva e coesiva). O índice de falha mista também foi maior nos grupos com jateamento de óxido de alumínio do que nos grupos sem o jateamento. Isso vem de encontro com a literatura^{27, 28}, que mostra que, para que uma falha mista ocorra, a força necessária é consideravelmente maior, pois demonstra que a resistência de união da interface foi maior que a de um ou ambos os substratos.

Como principal limitação encontrada neste estudo está o fato de ser um estudo *in vitro*, que possui divergências com as condições do meio bucal, sendo necessários estudos clínicos e a longo prazo para que estes resultados sejam comprovados. Além disso, sugere-se que sejam feitas novas pesquisas utilizando outros tratamentos de

superfície além de outros substratos que sejam interessantes na confecção e reembasamento de restaurações provisórias.

7. CONCLUSÕES

- O tratamento de superfície melhorou o comportamento mecânico da interface adesiva.

- A aplicação de MMA por 180s associado a um agente adesivo e o jateamento prévio da RAAQ aumentaram consideravelmente a resistência de união da interface.

- O uso do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe) de forma isolada também influenciou positivamente o comportamento da interface, sendo os resultados comparáveis à associação MMA e agente adesivo.

- A aplicação isolada do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe) parece ser o método mais indicado para unir RAAQ e RC, pois resulta em alta resistência adesiva da interface, sem a necessidade de aplicação prévia do MMA. Isso reduz o tempo clínico e o custo de procedimento, podendo ser indicado para reembasamentos e/ou reparos de restaurações provisórias, ou mesmo durante a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes.

8. REFERÊNCIAS

1. Kassebaum NJ, Bernabe E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJ and Marcenes W. **Global Burden of Severe Tooth Loss: A Systematic Review and Meta-analysis.***J Dent Res.* 2014; 93: 20S-8S.
2. Jovino-Silveira RC, Caldas Ade F, Jr., de Souza EH and Gusmao ES. **Primary reason for tooth extraction in a Brazilian adult population.***Oral Health Prev Dent.* 2005; 3: 151-7.
3. Goncalves TM, Campos CH and Garcia RC. **Effects of implant-based prostheses on mastication, nutritional intake, and oral health-related quality of life in partially edentulous patients: a paired clinical trial.***Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015; 30: 391-6.
4. Burke FJ, Murray MC and Shortall AC. **Trends in indirect dentistry: 6. Provisional restorations, more than just a temporary.** *Dent Update.* 2005; 32: 443-4, 7-8, 50-2.
5. Burns DR, Beck DA, Nelson SK and Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed P. **A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics.***J Prosthet Dent.* 2003; 90: 474-97.
6. Schwedhelm ER. **Direct technique for the fabrication of acrylic provisional restorations.** *J Contemp Dent Pract.* 2006; 7: 157-73.
7. Gustavo Adolfo Terra Quesada MR, Letícia Jung Franciscatto, Fabíola Rossato Arrais. **Gingival conditioning in order to make the emergence profile on implant-supported prostheses.***Saúde.* Santa Maria 2014, p. 09-18.
8. Moulding MB, Loney RW and Ritsco RG. **Marginal accuracy of provisional restorations fabricated by different techniques.***Int J Prosthodont.* 1994; 7: 468-72.
9. Galindo D, Soltys JL and Graser GN. **Long-term reinforced fixed provisional restorations.***J Prosthet Dent.* 1998; 79: 698-701.
10. Bral M. **Periodontal considerations for provisional restorations.***Dent Clin North Am.* 1989; 33: 457-77.
11. Hammond BD, Cooper JR, 3rd and Lazarchik DA. **Predictable repair of provisional restorations.***J Esthet Restor Dent.* 2009; 21: 19-24; discussion 5.

12. Jansson L, Lavstedt S and Frithiof L. **Relationship between oral health and mortality rate.** *J Clin Periodontol.* 2002; 29: 1029-34.
13. Vergani CE, Machado AL, Giampaolo ET and Pavarina AC. **Effect of surface treatments on the bond strength between composite resin and acrylic resin denture teeth.***Int J Prosthodont.* 2000; 13: 383-6.
14. Papazoglou E and Vasilas AI. **Shear bond strengths for composite and autopolymerized acrylic resins bonded to acrylic resin denture teeth.** *J Prosthet Dent.* 1999; 82: 573-8.
15. Anusavic K P. **Materiais Dentários.** 10 ed. Rio de Janeiro 1998.
16. CANEVAROLO SV. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** 1 ed. São Paulo 2002.
17. Teixeira KN. **Avaliação do grau de infiltração entre dentes acrílicos submetidos a diferentes tratamentos superficiais e a base acrílica de próteses: estudo in vitro.***Odontologia.* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
18. Stameisen AE and Ruffino A. **Replacement of lost or broken denture teeth with composites.***J Prosthet Dent.* 1987; 58: 119-20.
19. Perea L, Matinlinna JP, Tolvanen M, Lassila LV and Vallittu PK. **Monomer priming of denture teeth and its effects on the bond strength of composite resin.** *J Prosthet Dent.* 2014; 112: 257-66.
20. Chatterjee N, Gupta TK and Banerjee A. **A Study on Effect of Surface Treatments on the Shear Bond Strength between Composite Resin and Acrylic Resin Denture Teeth.***J Indian Prosthodont Soc.* 2011; 11: 20-5.
21. Vallittu PK, Lassila VP and Lappalainen R. **Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin.***J Prosthet Dent.* 1994; 72: 639-43.
22. Kimpara ET. **Avaliação da microinfiltração na interface resina composta/dentes artificiais de resina acrílica.***Revista de Odontologia da UNESP.* São José dos Campos 2008, p. 09-13.
23. Perea L, Matinlinna JP, Tolvanen M, Mannocci F, Watson TF and Vallittu PK. **Penetration depth of monomer systems into acrylic resin denture teeth used as pontics.** *J Prosthet Dent.* 2015; 113: 480-7.

24. Bolina J LE, Monaghan P. **Bond strength of resinous materials to prosthodontic polymeric restoratives.***J Dent Res.* 2005; 84.
25. Acar A, Inan O and Halkaci S. **Effects of airborne-particle abrasion, sodium hydroxide anodization, and electrical discharge machining on porcelain adherence to cast commercially pure titanium.***J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007; 82: 267-74.
26. Patras M, Naka O, Doukoudakis S and Pissiotis A. **Management of provisional restorations' deficiencies: a literature review.***J Esthet Restor Dent.* 2012; 24: 26-38.
27. Sehgal M, Bhargava A, Gupta S and Gupta P. **Shear Bond Strengths between Three Different Yttria-Stabilized Zirconia Dental Materials and Veneering Ceramic and Their Susceptibility to Autoclave Induced Low-Temperature Degradation.** *Int J Biomater.* 2016; 2016: 9658689.
28. Rekow ED, Silva NR, Coelho PG, Zhang Y, Guess P and Thompson VP. **Performance of dental ceramics: challenges for improvements.***J Dent Res.* 2011; 90: 937-52.