UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL, MÓDULO DE
ELASTICIDADE, CARGA DE RUPTURA E PARÂMETROS DE COR
DE RESINAS ACRÍLICAS UTILIZADAS PARA RESTAURAÇÕES
PROVISÓRIAS COM FIBRA DE VIDRO**

Rodrigo Gonçalves Soares

Ribeirão Preto
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL, MÓDULO DE
ELASTICIDADE, CARGA DE RUPTURA E PARÂMETROS DE COR
DE RESINAS ACRÍLICAS UTILIZADAS PARA RESTAURAÇÕES
PROVISÓRIAS COM FIBRA DE VIDRO**

Rodrigo Gonçalves Soares

Orientador: Profa. Dra. Iara Augusta Orsi

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Odontologia de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do título
de Mestre em Odontologia, área de
Concentração – Reabilitação Oral**

Ribeirão Preto

2009

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Soares, Rodrigo Gonçalves

Avaliação da resistência flexural, módulo de elasticidade e parâmetros de cor de resinas acrílicas utilizadas para restaurações provisórias com fibra de vidro. Ribeirão Preto, 2009.

87p. : Il.; 28 cm

Orientadora: Orsi, Iara Augusta.

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Reabilitação Oral.

1. Restauração provisória 2. Resina acrílica 3. Fibra de vidro silanizada 4. Alteração de cor, 5. Resistência flexural, 6. Módulo de elasticidade, 7. Carga de ruptura.

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO AUTOR: RODRIGO GONÇALVES SOARES

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL, MÓDULO DE ELASTICIDADE, CARGA DE RUPTURA E PARÂMETROS DE COR DE RESINAS ACRÍLICAS UTILIZADAS PARA RESTAURAÇÕES PROVISÓRIAS COM FIBRA DE VIDRO

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração – Reabilitação Oral

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____ **Assinatura:** _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____ **Assinatura:** _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____ **Assinatura:** _____

**“Só sabemos com exatidão quando sabemos
pouco; à medida que vamos adquirindo
conhecimentos, instala-se a dúvida”**

Johann Goethe

DEDICATÓRIA

À Deu Deus, permanente luz do meu caminho.

**Aos meus pais, Luzia e Florindo, exemplos de carinho e
Renúncia a favor dos filhos, que foram e ainda o são peça
chave de Minha formação.**

**Acreditaram, contribuíram e compartilharam
Com a idealização de meus sonhos, sem permitir
que nada me faltasse.**

**Ao meu irmão, Rogério, companheiro de perseverança
E busca por realizações pessoais. O fato de ser meu irmão
já basta para os meus motivos de orgulho e alegria.**

**À minha cunhada, Regiane, e meu sobrinho, Felipe. A presença de vocês
foi constante em meus pensamentos.**

**O afeto e a disponibilidade de vocês me alimenta de um sentimento de gratidão
imensurável.**

**Fazemos juntos, parte de um todo, e é a vocês que dedico este
Trabalho.**

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Profa. Dra. Iara Augusta Orsi, entusiasta nata, que me estendeu a mão quando eu mais precisei, teve paciência e sabedoria para guiar o meu caminho na direção correta, meu carinho, admiração e respeito.

“Há mulheres que lutam um dia;

e por isso são boas;

Há aquelas que lutam muitos dias;

E por isso são muito boas;

Há aquelas que lutam anos;

E são melhores ainda;

Porém há aquelas que lutam toda vida;

Essas são imprescindíveis”

Bertold Brecht

Ao Prof. Dr. Heitor Panzeri pela atenção e por ter cedido às fibras de vidro para a realização deste trabalho.

A Dra. Camila Tirapelli pela amizade, companhia, ensinamentos e confiança. Agradeço com veemência a sua ajuda e amizade.

Ao amigo Ms. André Luis Botelho, por ter colaborando em parte da execução desse trabalho. A você, minha profunda gratidão e amizade.

Ao amigo Dr. Fabrício Mariano Mundim pela amizade, e por ter colaborado em parte da execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores da FORP- USP. Especialmente aos do Departamento de Reabilitação Oral e Prótese. Muitíssimo obrigado pela disponibilidade, amizade e principalmente pela imprescindível contribuição na minha formação.

À minha família em Jaboticabal - SP, pela referência de uma vida simples e consistente.

A todos os funcionários da FORP- USP. Especialmente aos Srs. Edson, Ricardo, Francisco, pela dedicação que sempre prontamente me atenderam.

Aos meus colegas e amigos de Curso de Pós-Graduação: Diogo Rodrigues Cruvinel, Rander Moreira Macedo, Marina Xavier Pisani e Flávio Carriço.

E as amigas Ana Paula Godoi, Juliana, Rômulo, Letícia, Cesar, Francisco. Muito obrigado pelo convívio e por poder aprender com vocês.

As pessoas amigas como Ana Paula Farina, Douglas Cecchin, Daniel Galafassi, Diogo Rodrigues Cruvinel, André Luis Botelho. Obrigado por terem participado desta etapa da minha vida e por amenizarem o fenômeno “saudades de casa”. A vocês, minha profunda gratidão e amizade.

Aos alunos de graduação da FORP-USP, com quem pude aprender durante a realização do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino – PAE.

A Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, FORP- USP. Por ter me recebido na graduação e pós-graduação.

Muito obrigado por possibilitar a mim e a demais brasileiros uma formação profissional sólida e de qualidade.

A Capes, pelo apoio financeiro tornando exeqüível este trabalho. Muito obrigado ainda a todas as pessoas que tenham auxiliado direta ou indiretamente este projeto.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Restauração provisória é uma importante fase da reabilitação bucal com prótese parcial fixa, deve fornecer proteção pulpar e periodontal, apresentar integridade marginal e estética, ter durabilidade suficiente para resistir às forças mastigatórias. Pacientes com bruxismo ou aqueles cujo tratamento requer períodos longos de uso das restaurações provisórias necessitam de material com melhores propriedades mecânicas. Vários métodos têm sido empregados para reforçar próteses fixas provisórias, como fios metálicos, reforço metálico e incorporação de diferentes tipos de fibras, como carbono, polietileno e vidro, nas resinas para restaurações provisórias. O objetivo desse estudo foi avaliar alteração de cor e propriedades mecânicas de resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura em resinas acrílicas com incorporação de fibras de vidro silanizadas. Para avaliação de cor foram confeccionados quarenta corpos-de-prova circulares (15 x 3mm) de cada marca comercial de resina acrílica quimicamente ativada, usada para confecção de restaurações provisórias, Dencor (Clássico Ltda., São Paulo-SP, Brasil), Duralay (Reliance, Worth-IL, EUA) e Trim Plus II (Bosworth Company, Skokie-IL, EUA), sendo vinte corpos-de-prova controles, e vinte experimentais, com adição de 10% em peso de fibras de vidro moídas (Reforplás S/A, São Paulo, SP, Brasil). Após a realização do acabamento superficial dos corpos-de-prova com lixas de carborundum e feltros era realizada a avaliação dos componentes de cor (L^* , a^* , b^*) em espectrocolorímetro portátil (BYK-Gardner GmbH, Gerestried, Alemanha), com três mensurações em cada corpo-de-prova. Para os ensaios de resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura foram confeccionados 40 corpos-de-prova retangulares (10mm de comprimento, 65mm de largura e 3mm de espessura) de cada marca de resina, sendo vinte do grupo controle e vinte do experimental (com fibras). Os corpos-de-prova foram testados em uma máquina de ensaios universal (Emic DL 2000[®], Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), usando três, com velocidade de 5mm/min. Os dados foram analisados estatisticamente, usando testes paramétricos e não paramétricos, de acordo com a distribuição da amostra. Todos os componentes de cor (L^* , a^* e b^*) foram alterados após a incorporação de fibras de vidro, com exceção do componente b^* da resina Duralay. Para o ensaio de resistência flexural, a análise de variância evidenciou significância estatística ($p<0,01$) apenas para o fator resinas (Duralay: 85,748 N/mm² ($\pm$ 8,04), Trim Plus: 86,860 N/mm² ($\pm$ 7,73) e Dencor: 97,400 N/mm² ($\pm$ 8,18)). Na avaliação do módulo de elasticidade, a análise de variância mostrou significância estatística ($p<0,01$) para o fator tratamentos, sem fibra: 2572,138 MPa ($\pm$ 290,92) e com fibras: 3446,691 MPa ($\pm$ 411,13), e para a interação, evidenciando que a incorporação de fibras

aumentou o módulo de elasticidade das três resinas avaliadas. Na carga de ruptura, a análise de Variância evidenciou significância estatística ($p < 0,01$) para os fatores tratamentos, sem fibras: 482,607 N ($\pm 53,18322$) e com fibras: 557,53 N ($\pm 59,49652$), resinas Duralay: 494,06 N ($\pm 86,63$), Trim Plus: 525,177 N ($\pm 42,85$) e Dencor: 540,971 N ($\pm 58,40$). Conclui-se que a incorporação de fibras provocou alterações nos componentes de cor e aumentou ambos, módulo de elasticidade e carga de ruptura, contudo não alterou a resistência flexural.

Palavras-chave: restauração provisória, resina acrílica, fibras de vidro silanizadas, alteração de cor, resistência flexural, módulo de elasticidade, carga de ruptura.

ABSTRACT

Provisional restoration is an important rehabilitation phase in fixed prosthodontic therapy, it should provide pulpal and periodontal protection, showing marginal integrity and esthetics, should also have enough durability in order to resist to the forces of mastication. Patients with bruxism or those, whose treatment require long-term use of provisional restorations, need material with better mechanical properties. Several methods have been applied to reinforce fixed partial dentures, as well as metal wires, metal reinforcement and the application of different types of fibers, such as carbon, polyethylene and glass in the resins for temporary restorations. The aim of this study was to evaluate the color change as well as the mechanical properties of flexural strength, elastic modulus and load rupture in acrylic resin with silanized glass fibers. In order to evaluate the color, it was fabricated forty circular specimens (15 x 3mm) of each commercial brand of the resins chemically activated, used to make provisional restorations, Dencor (Clássico Ltda., São Paulo-SP, Brasil), Duralay (Reliance, Worth-IL, EUA) e Trim Plus II (Bosworth Company, Skokie-IL, EUA). Twenty specimens were control and the other twenty were experimental with an addition of 10% in glass fiber weights (Reforplás S/A, São Paulo, SP, Brasil). After the superficial finishing of the specimens with silicon carbide paper and rag wheel, it was done an evaluation of the color parameters (L^* , a^* , b^*) with a portable spectrophotometer (BYK-Gardner GmbH, Gerestried, Alemanha), in three measures in each specimens. For the flexural strength, elastic modulus and load rupture, forty rectangular specimens were fabricated (10mm in length, 65mm wide and 3mm of thickness) of each resin brand and twenty were experimental with fibers. The specimens were tested on an universal machine (Emic DL 2000[®], Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), using a 3-point bending testing device at a crosshead speed of 5 mm/min. The data was statistically analyzed using parametric and non-parametric tests, according to the sample distribution. All the color parameter (L^* , a^* e b^*) were altered after putting glass fibers, except the parameter b^* from resin Duralay. For flexural resistance, the variance analyzes showed significance statistic ($p < 0,01$) just for the resins (Duralay: 85,748 N/mm² ($\pm 8,04$) ,Trim Plus: 86,860 N/mm² ($\pm 7,73$) and Dencor: 97,400 N/mm² ($\pm 8,18$)). In the elastic modulus evaluation, the variance analyses showed significance statistic ($p < 0,01$) for the treatment factors, without fibers (2572,138 MPa ($\pm 290,92$)) and with fibers (3446,691 ($\pm 411,13$)). Regarding the interaction, it showed that the incorporation of the fibers increased the elastic modulus in the three resins analyzed. Regarding the

load rupture, the variance analyzed showed significance statistic of ($p < 0,01$) for the treatment factors with fibers: 482,607 N ($\pm 53,18322$) and without fibers: 557,53 N ($\pm 59,49652$), resins (Duralay: 494,06 N ($\pm 86,63$), Trim Plus: 525,177 N ($\pm 42,85$) e Dencor: 540,971 N ($\pm 58,40$). The results of this study indicated that the incorporation of the fibers caused alterations in the color components and increased both elastic modulus and load rupture; therefore, it didn't increase the flexural resistance.

Key Words: provisional restoration, acrylic resin, silanized glass fibers, color change, flexural strength, elastic modulus and load rupture.

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

1 Introdução	15
2 Revisão da Literatura	18
2.1 Resina Acrílica	19
2.1.1 Materiais empregados para a confecção de próteses provisórias	20
2.1.2 Propriedades	22
2.1.2.1 Alteração de cor	22
2.1.2.2 Resistência flexural	23
2.1.2.3 Módulo de elasticidade	24
2.1.2.4 Carga de Ruptura	24
2.2 Fibras de reforço	24
2.2.1 Fibra de carbono	25
2.2.2 Fibra de aramida (Kevlar)	25
2.2.3 Fibra de Polietileno	25
2.2.4 Fibras de Vidro	26
2.3 Artigos Relacionados	26
3 Proposição	36
4 Material e Métodos	38
4.1 Ensaio para avaliação dos parâmetros de cor	40
4.1.1 Confecção dos corpos-de-prova de cor	40
4.1.2 Mensuração da cor	42

4.2 Ensaio de módulo de elasticidade, resistência transversa e carga de ruptura.....	42
4.2.1 Confecção dos corpos-de-prova.....	42
4.2.2 Avaliação da resistência transversa, módulo de elasticidade e carga de ruptura.....	44
4.2.2.1 Resistência flexural.....	45
4.2.2.2 Módulo de elasticidade.....	46
4.2.2.3 Carga de Ruptura	46
5 Resultados.....	47
5.1 Análise dos Parâmetros de Cor.....	48
5.2 Resistência Flexural.....	49
5.3 Módulo de Elasticidade.....	50
5.4 Carga de Ruptura.....	52
6 Discussão.....	55
7 Conclusões.....	63
8 Referências.....	65
Apêndices.....	72

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

O tratamento com restaurações provisórias é uma fase importante dos procedimentos restauradores com prótese parcial fixa, as quais devem fornecer proteção pulpar para os dentes com vitalidade, estabilidade de posição dos dentes pilares, fornecer resistência e retenção, devolver as funções mastigatória e de oclusão, manter a saúde periodontal, fornecer estética e apresentar integridade marginal.

A qualidade das restaurações provisórias depende de adequada adaptação marginal, estética, rigidez e resistência (VALLITTU, 1998).

O material ideal para confecção dessas restaurações provisórias deveria ter elevada resistência mecânica, estabilidade dimensional, estética e adaptação marginal adequada e facilidade no manuseio (GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008).

Restaurações provisórias anteriores requerem maior demanda estética, devendo ser selecionadas resinas com a cor mais próxima dos elementos dentais remanescentes, enquanto as da região posterior necessitam de melhores propriedades mecânicas para resistirem às forças oclusais.

Resistência à fratura e adaptação marginal são dois parâmetros relacionados ao material, importantes para o desempenho clínico. Resistência à fratura fornece uma estimativa do comportamento da restauração sob forças mastigatórias, e adaptação marginal é uma medida da contração de polimerização de um material quando a restauração provisória é cimentada no elemento dental por um longo período de tempo (GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008).

Tratamento protético extenso requer restaurações provisórias com elevada resistência mecânica e estabilidade de cor, para uso a longo prazo (BALKENHOL *et al.*, 2008). Quando restaurações substituem muitos elementos dentais, com longos espaços protéticos, a resistência e estabilidade da prótese são críticas, podendo ocorrer fraturas (GALINDO; SOLTYS; GRASER, 1998; EISENBURGER *et al.*, 2008), as quais podem resultar do impacto, fadiga ou degradação do material (FOO *et al.*, 2001).

Os materiais empregados na confecção de restaurações provisórias são polimetilmetacrilato (PMMA), polietilmetacrilato (PEMA), bis-acril metacrilato, polivinil metacrilato, uretano metacrilato e resina microfilamentada (HAMZA *et al.*, 2004; SHAM *et al.*, 2004; GULER; KURT; KULUNK, 2005; GULER *et al.*, 2005), os quais apresentam reduzida resistência mecânica, principalmente quando usados por longos períodos de tempo (SAMADZADEH *et al.*, 1997).

Polietil e polimetilmetacrilato (PEMA e PMMA) autopolimerizáveis são os materiais de escolha para confecção de restaurações provisórias pelas técnicas direta e direta-indireta (GIVENS *et al.* 2008). Esses materiais devem resistir às cargas mastigatórias, principalmente para próteses parciais fixas com extensas áreas anodônticas, para uso a longo prazo ou para pacientes com hábitos parafuncionais (GEERTS; OVERTURF; OBERHOLZER, 2008), contudo apresentam limitações, particularmente relacionadas às resistências flexural e ao impacto (JAGGER *et al.*, 2002).

A resistência à fratura de restaurações provisórias está diretamente relacionada à resistência flexural (TACIR *et al.*, 2006) e módulo de elasticidade, sendo essas propriedades de interesse clínico.

A elevada incidência de fraturas de restaurações provisórias confeccionadas desses materiais e a necessidade de constantes reparos têm levado ao uso de diferentes métodos para reforçar esses materiais, incluindo o uso de fios metálicos, reforços metálicos linguais/palatinos e diferentes tipos de fibras, como carbono, polietileno e vidro (HAMZA *et al.*, 2004).

Reforço com fibras fortalecem as restaurações provisórias, e vários estudos demonstraram a superioridade das fibras de vidro (KARAAGACLIOGLU *et al.*, 2008; SAMPATH; RAMACHANDRA, 2008). Fibras de vidro silanizadas são as fibras de escolha devido à substancial melhora nas propriedades de resistências flexural, ao impacto e à fadiga bem como melhor qualidade estética (TACIR *et al.*, 2006; DOGAN *et al.*, 2008)

O comprimento do espaço protético e a quantidade de fibras afetam significativamente a carga de fratura. Precisamente colocadas e orientadas fibras de vidro impregnadas aumentam a resistência à fratura, se as fibras forem orientadas ao acaso as propriedades mecânicas são as mesmas em todas as direções (VALLITTU, 1999).

Os estudos sobre reforço de resina acrílica salientam o emprego de fibras de vidro de diferentes arquiteturas e tratamentos não havendo pesquisas sobre o uso de fibras particuladas em resinas acrílicas autopolimerizáveis. Assim, o objetivo desse estudo foi comparar os parâmetros de cor, propriedades de resistência flexural e módulo de elasticidade, e carga de ruptura de resinas acrílicas autopolimerizáveis, polimetil e polietilmetacrilato, com e sem adição de fibras de vidro particuladas e silanizadas.

2 Revisão da Literatura

2 REVISÃO DA LITERATURA

O tratamento com restaurações provisórias é uma parte integral dos procedimentos restauradores com próteses parciais fixas (BALKENHOL *et al.*, 2008), devem preencher os requisitos biológicos, mecânicos e estéticos (IRELAND *et al.* 1998; MICHALAKIS *et al.* 2006; GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008; HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DAWSON, 2005)

As próteses fixas provisórias devem satisfazer os critérios de:

- a. proteção pulpar por meio do isolamento e selamento, protegendo o órgão pulpar de agressões extrínsecas;
- b. proteção do elemento dental contra cáries;
- c. fornecer função, conforto e estética (cor, forma, contorno, textura superficial e perfil de emergência)
- d. avaliação do paralelismo entre os dentes pilares;
- e. manutenção da saúde periodontal;
- f. prevenir a migração dos elementos pilares;
- g. avaliação da dimensão vertical, fonética e função mastigatória;
- h. estabilizar a mobilidade dental durante os períodos de terapia periodontal e preservação;
- i. auxiliar na determinação do prognóstico de dentes pilares questionáveis durante o plano de tratamento protético;
- j. avaliar e orientar a higienização (BURNS; BECK; NELSON, 2003; KOUMJIAN; NIMMO, 1990; MICHALAKIS *et al.* 2006; EISENBURGER *et al.*, 2008).

Na confecção de restaurações provisórias de longos espaços protéticos deve-se levar em consideração as funções dessas restaurações e o material empregado para confeccioná-las. A manutenção das restaurações por longos períodos pode apresentar problemas significantes para o paciente e profissional. A fratura de restaurações provisórias pode desencadear movimentos dentais, promovendo alterações na função e estética, levando desconforto ao paciente e provocando prejuízos ao tratamento reabilitador (IRELAND *et al.* 1998).

2.1 Resinas acrílicas

Para a confecção de próteses fixas provisórias, o material mais comumente empregado desde meados de 1940 é o polimetilmetacrilato de metila (ANUSAVICE, 1999b; CHEN;

LIANG; YEN, 2001; BURNS; BECK; NELSON, 2003; CÖKELILER, 2007; JOHN; GANGADHAR; SHAH, 2001; DAGAR *et al.*, 2008), que é um polímero não metálico, produzido sinteticamente a partir de compostos orgânicos (ANUSAVICE, 1999b). O poli (metil metacrilato de metila) é formado a partir de um polímero (poly=muitos; mer=unidade) e um monômero (monômero, mono = singular) que são agrupados por meio de uma reação química denominada de polimerização (ANUSAVICE, 1999b). As ligações que unem as unidades são as ligações covalentes primárias, que são ligações muito fortes (O'BRIEN, 1997).

As resinas acrílicas são derivadas do etileno e contém um grupamento vinil na sua fórmula estrutural. O iniciador mais usado nas resinas autopolimerizáveis é o peróxido de benzoíla, que é ativado por uma amina terciária. A amina terciária reduz a energia térmica para quebrar o iniciador dentro de radicais livres, temperatura ambiente, iniciando assim a reação de polimerização (BALKENHOL *et al.*, 2008).

2.1.1 Materiais empregados para a confecção de próteses provisórias

Muitos tipos de resinas acrílicas estão disponíveis para a confecção de próteses provisórias como o polimetilmetacrilato, o polietilmetacrilato, epimina, n-polibutil metacrilato ou outros tipos ou combinações de metacrilatos (BURNS; BECK; NELSON, 2003; VALLITTU, 1998).

Dentre os materiais comumente utilizados para a confecção de próteses provisórias há os metil metacrilatos (PMMA) e os etil metacrilatos (PEMA).

O componente líquido da resina acrílica é composto pó metil-metacrilato, N,N-dimetil-para -toluidina ou N,N-dihidroxietil-para-toluidina e hidroquinona. O polímero ou pó do polimetilmetacrilato é composto por polimetil-metacrilato, peróxido de benzoíla e pigmentos biocompatíveis (CRAIG; POWERS, 2004).

De acordo com Franklin; Wood; Bubb (2005), a composição do pó do polimetilmetacrilato deve ser de 93% de polímero e 0,4% de peróxido de benzoíla, e o monômero de 6% de etileno glicol dimetacrilato e 0,006% de hidroquinona.

As resinas a base de metil metacrilato (PMMA) apresentam como vantagens: a) durabilidade, estabilidade de cor e estética relativamente boas durante período reduzido de tempo, boa adaptação marginal, facilidade no polimento e reparo e baixo custo; como desvantagens apresentam: elevada reação exotérmica, contração de polimerização relativamente alta, irritação pulpar associada com o monômero residual e reação exotérmica e

forte odor (BURNS; BECK; NELSON, 2003; CHEN; LIANG; YEN, 2001; CHRISTENSEN, 2003; JOHN; GANGADHAR; SHAH, 2001; VALLITTU, 1998).

A composição do polietilmetacrilato (PEMA) é muito semelhante ao do PMMA, cujo componente principal é o etil metacrilato, que no pó encontra-se na forma de partículas pré-polimerizadas de polimetilmetacrilato. O monômero pode ser n-butilmetacrilato ou isobutilmetacrilato. É uma resina acrílica diferenciada, que apresenta baixíssima contração de polimerização e liberação de calor, por isso é o material indicado para confecção de restaurações pela técnica direta. Sua polimerização final pode ocorrer tanto no interior cavidade oral quanto externamente, pois o material não contrai a ponto de ficar retido nos preparos.

As vantagens da resina à base de etil metacrilato são: reação exotérmica menor que PMMA, baixa contração de polimerização, boa adaptação marginal, resistência moderada, boas características de manipulação, polimento adequado, facilidade para reparo e baixo custo. Como desvantagens apresentam menor estabilidade de cor, com descoloração em um período superior a duas semanas, menor resistência às tensões, baixa dureza superficial e resistência ao desgaste, e menor durabilidade (BURNS; BECK; NELSON, 2003; CHRISTENSEN, 2003; VALLITTU, 1998).

O PMMA apresenta vantagens em relação ao PEMA nas seguintes propriedades: maior dureza, maior resistência ao desgaste e maior resistência flexural. Já o PEMA apresenta vantagens em relação ao PMMA nas seguintes propriedades: menor aumento de temperatura durante a polimerização, menor rugosidade e maior estabilidade de cor e ao manchamento (BURNS; BECK; NELSON, 2003).

Segundo Burns; Beck; Nelson (2003) o etil metacrilato (PEMA) é mais vantajoso em relação ao metil metacrilato para a fabricação de próteses provisórias diretamente e para regiões edêntulas menos extensas.

Adaptação marginal adequada, baixa condutividade térmica, não irritante aos tecidos pulpare e gengivais, facilidade de higienização e de reparo são características extremamente importantes para o sucesso dos resultados do tratamento com restaurações provisórias (BURNS; BECK; NELSON, 2003).

A escolha do material utilizado para a confecção de prótese provisória deve ser baseada na aplicação clínica deste material levando em consideração as propriedades físicas, mecânicas, facilidade de manipulação e biocompatibilidade. Além disso, a escolha do material deve levar em consideração a menor quantidade de monômero residual, menor reação exotérmica de polimerização e menor contração de polimerização, que poderiam

causar injúrias aos tecidos pulpares e gengivais e desadaptação das restaurações provisórias (BURNS, BECK, NELSON, 2003).

Pesquisas de materiais que preencham os requisitos necessários para utilização no meio bucal estão em constante desenvolvimento, por meio de alterações na composição das resinas acrílicas e também pela incorporação de reforços que possam melhorar as propriedades do material (O'BRIEN, 1997).

2.1.2 Propriedades

Algumas propriedades são importantes na seleção do material utilizado para a confecção de restaurações provisórias, dentre as quais estabilidade de cor, resistência mecânica, incluindo resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura.

2.1.2.1 Alteração de cor

A cor e as propriedades ópticas da resina acrílica são estáveis sob condições normais, favorecendo-a como material de escolha para confecção de restaurações provisórias (ANUSAVICE, 1999b).

A descoloração ou manchamento dos materiais utilizados para restaurações provisórias resulta na insatisfação do paciente (HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DAWSON, 2005) e custo adicional para a substituição das mesmas. Isso é particularmente problemático quando próteses provisórias são confeccionadas para restabelecimento da dimensão vertical e/ou procedimentos reabilitadores extensos, estão sujeitas a prolongados períodos de exposição a substâncias corantes durante o tratamento, necessitando assim serem substituídas. Na região anterior a preocupação com estética é muito maior do que na região posterior, por isso é importante que o material não apresente alterações de cor (BURNS, BECK, NELSON, 2003).

O grau de mudança de cor pode ser afetado por alguns fatores, incluindo polimerização incompleta, absorção de água, reatividade química, dieta e medicamentos, (HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DAWSON, 2005), rugosidade superficial e higiene bucal (GULER; KURT; KULUNK, 2005; GULER et al. 2005).

Para realizar a mensuração da alteração de cor foram desenvolvidos aparelhos como o espectrofotômetro e o colorímetro, que padronizam as medidas tornando a interpretação mais objetiva, precisa e reprodutível (O'BRIEN, 1997). Por meio destes aparelhos é possível avaliar a alteração de cor de um dado material seguindo um sistema de coordenadas denominado

de CIELAB, em que o parâmetro L^* refere-se à luminosidade do objeto, o a^* refere-se à variação de cor entre o vermelho e o verde e o b^* a variação entre o amarelo e o azul. Os valores positivos de a^* indicam um deslocamento para o vermelho, e os valores negativos indicam um deslocamento para o verde. Valores positivos de b^* indicam um deslocamento para o amarelo, quando o valor for negativo indicam um deslocamento para o azul. O L^* varia de zero, mais escuro, a cem, mais claro (WANG et al., 1996; HASELTON, DIAZ-ARNOLD, DAWSON, 2005).

2.1.2.2 Resistência flexural

A resistência flexural representa a resistência máxima ao dobramento de um material antes que ocorra fratura. Clinicamente, a fratura de próteses está relacionada com esforços mastigatórios excessivos (DOGAN et al., 2008). A resistência depende da composição da resina, da técnica de processamento e do meio em que a resina ficará exposta (ANUSAVICE, 1999b). A resistência a fratura das restaurações provisórias estão diretamente relacionadas com a resistência flexural e é uma importante preocupação clínica (TACIR et al., 2006; UZUN, KEYF, 2003). Falha flexural dos materiais para base de próteses é considerado a principal falha clínica e tem sido explicada pelo desenvolvimento de trincas microscópicas em regiões de concentração de tensões (DOGAN et al., 2008). Em regiões edêntulas mais extensas há a necessidade de materiais mais resistentes para suportarem maiores tensões do que em regiões com menores espaços (BURNS; BECK; NELSON, 2003).

O módulo de ruptura, também denominado de resistência transversa ou resistência flexional é avaliado por meio de um teste de três pontos (ALANDER; LASSILA; VALLITTU, 2005), que mede a tensão de tração/compressão e de cisalhamento. Os valores em Mega Pascal (MPa) dependem da distância entre os suportes, da largura e espessura quando os corpos-de-prova são retangulares e do diâmetro e espessura quando são circulares (ALANDER; LASSILA; VALLITTU, 2005). Quando os materiais são submetidos a este teste, forma-se uma tensão de compressão na região superior do material analisado, e na região inferior forma-se uma tensão de tração, ou também comumente denominada de alongamento (ANUSAVICE, 1999a).

2.1.2.3 Módulo de elasticidade

A rigidez é uma propriedade extremamente importante que deve estar presente nos materiais odontológicos e está diretamente relacionada ao sucesso do tratamento protético com restaurações provisórias. O módulo de elasticidade é avaliado pela curva da porção elástica de um gráfico tensão/deformação e é relativo à rigidez necessária para fornecer conforto ao paciente durante a mastigação sem que este material seja flexionado. O ideal seria que as resinas, utilizadas para a confecção de restaurações unitárias e próteses parciais fixas, fossem resistentes e rígidas, porém não friáveis. Porque quanto menor a deformação para uma dada tensão, maior será o valor do módulo de elasticidade (ANUSAVICE, 1999a).

Essencialmente, falhas mecânicas avaliam as mudanças no módulo de elasticidade como um indicador de falha irreversível nos materiais não viscoelásticos (DYER *et al.*, 2005).

2.1.2.4 Carga de ruptura

Carga de ruptura é uma propriedade que avalia a fratura de um material por meio de uma máquina de ensaios universais. Fratura dos materiais utilizados para a confecção de próteses fixas provisórias é um problema comum (FOO *et al.*, 2001; DAGAR *et al.*, 2008), aumentando o tempo e custo do tratamento reabilitador. A fratura normalmente ocorre quando o material for submetido ao impacto, degradação ou fadiga, principalmente quando for utilizado por longos períodos com esforços mastigatórios excessivos (BURNS; BECK; NELSON, 2003; STIPHO; TALIC, 2001; DOGAN *et al.*, 2008). A carga de ruptura é afetada pelo comprimento da restauração (PFEIFFER; GRUBE, 2006).

A fratura é um inconveniente para o paciente, tanto na parte funcional quanto estética, e pode ser perigoso caso o paciente venha a engolir a parte fraturada (FRANKLIN; WOOD; BUBB, 2005). Esta fratura pode ser reduzida por meio de um aumento na carga de ruptura do material (FOO *et al.*, 2001; DOGAN *et al.*, 2008). O aumento nesta propriedade pode ser promovido pela incorporação de diferentes tipos de reforços como as fibras.

2.2 Fibras de reforço

Para superar as limitações mecânicas, como baixa rigidez, resistência ao impacto e à fratura dos polímeros de próteses parciais fixas provisórias, fibras de carbono, aramida, polietileno, nylon e vidro têm sido propostas como materiais de reforço (CHEN, LIANG,

YEN, 2001; CÖKELILER, 2007; FOO *et al.*, 2001; FREGONESI; CAMPOS; PANZERI, 1990 a; FREGONESI; CAMPOS; PANZERI, 1990b; FREGONESI; CAMPOS; PANZERI, 1990c; JOHN; GANGADHAR; SHAH, 2001; KANIE *et al.*, 2000; KEYF; UZUN; MUTLU, 2003; KIM; WATTS, 2004; O'BRIEN, 1997; STIPHO, TALIC, 2001; TACIR *et al.*, 2006; UZUN; KEYF; 2001; UZUN, 2003; VALLITTU; LASSILA; LAPPALAINEN, 1994; DAGAR *et al.*, 2008; DOGAN *et al.*, 2008; GAROUSHI, VALLITTU, 2006)

2.2.1 Fibra de carbono

Fibras de carbono são biocompatíveis e melhoram as resistências flexural, à fadiga e ao impacto, melhoram também a deflexão e módulo de elasticidade das resinas à base de PMMA (KEYF; UZUN; MUTLU, 2003), no entanto, problemas clínicos, incluindo dificuldade de polimento e estética insatisfatória ainda persistem (TACIR *et al.*, 2006), restringindo o uso nas faces vestibulares das próteses (O'BRIEN, 1997; KEYF; UZUN; MUTLU, 2003; CHEN; LIANG; YEN, 2001; KANIE *et al.*, 2000).

2.2.2 Fibra de aramida (Kevlar)

Fibras do tipo Kevlar apresentam rigidez elevada, resistência ao impacto (PFEIFFER; GRUBE, 2006) e ao manchamento, mas são de difícil manipulação (KEYF; UZUN; MUTLU, 2003; FOO *et al.*, 2001), aumentando as propriedades mecânicas das próteses, também comprometem a estética das próteses (KANIE *et al.*, 2000).

2.2.3 Fibra de Polietileno

As fibras de tecido de polietileno são mais estéticas, porém sua utilização pode ser impraticável para o laboratório de prótese devido ao processo de polimerização, preparo e posicionamento das camadas de tecido das fibras na resina acrílica (TACIR *et al.*, 2006). As fibras de polietileno não fornecem adequado aumento na resistência flexural, pois não há adesão entre as fibras e a matriz polimérica, além de ser um material mais rugoso, podendo acumular maior quantidade de biofilme que os demais tipos de fibras (GAROUSHI; VALLITTU, 2006) o que tem limitado o seu uso como reforço de resina acrílica (KEYF; UZUN; MUTLU, 2003; KANIE *et al.*, 2000).

2.2.4 Fibra de Vidro

Os principais constituintes são sílica, alumínio e magnésio, e podem ser contínuas ou descontínuas. Apresentam estética superior, translucidez, e menor adesão de biofilme, maior facilidade de manipulação, adequada adesão à matriz de polimetilmetacrilato (PMMA), biocompatibilidade e estabilidade no meio bucal, propriedades mecânicas elevadas e capacidade para união aos tecidos dentais tornaram a fibra de vidro o material de escolha para o reforço de resinas acrílicas (KEYF, UZUN, MUTLU, 2003; TACIR *et al.*, 2006; VALLITTU; RUYTER; EKSTRAND, 1998; UZUN, 2003; DOGAN *et al.*, 2008; SAMPATH; RAMACHANDRA, 2008; GAROUSHI; VALLITTU, 2006). Além disso, as fibras de vidro possuem baixo coeficiente de dilatação térmica, manutenção das propriedades em temperaturas elevadas e baixo custo (VALLITTU; RUYTER; EKSTRAND, 1998). A posição, impregnação, adesão, quantidade e direção das fibras e o grau de conversão de adesão entre as fibras e o polímero afetam o grau de reforço (HAMZA *et al.*, 2004; PFEIFFER; GRUBE, 2006; VALLITTU, 1998; EISENBURGER *et al.*, 2008; GAROUSHI; VALLITTU, 2006).

O efeito do reforço com fibras é baseado na transferência de tensões da matriz polimérica às fibras de vidro, evitando a propagação de trincas (GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008). Fibras tratadas superficialmente apresentam maior molhabilidade e conseqüentemente aumento da energia livre superficial e melhor união com a matriz do polímero. Fibras de vidro pré-impregnadas com silano são as mais utilizadas e têm sido amplamente estudadas, com o objetivo de aperfeiçoamento de suas propriedades mecânicas, uma vez que são de fácil manipulação e têm baixo custo.

2.3 Artigos Relacionados

Vallittu (1994) fez um estudo para determinar se a contração de polimerização do polimetilmetacrilato com fibras, do tipo contínua, afetava a resistência à fratura de resinas acrílicas reforçadas com fibras de vidro. Utilizou resina acrílica termopolimerizável e fibras de vidro do tipo E-glass contínuas. Após a confecção, os corpos-de-prova foram armazenados em água por 2 semanas antes do teste mecânico. Concluiu que a redução da contração de polimerização da resina com fibra contínua aumentou a resistência à fratura. A contração de polimerização da resina reforçada pode ser reduzida pela imersão das fibras na mistura do polímero e monômero antes da polimerização.

Vallittu, Lassila, Lappalainen (1994) determinaram a influência na resistência transversa de resinas acrílicas termopolimerizáveis reforçadas com elevada concentração de fibras de vidro, e compararam a resistência à fadiga de corpos-de-prova não reforçados e reforçados com fibras de vidro contínua.. Os resultados evidenciaram que a incorporação de fibras de vidro contínuas na resina acrílica para base de prótese total, aumentou significativamente as resistências transversa e à fadiga.

Em 1997, Samadzadeh et al., avaliaram o efeito do tratamento com plasma de fibras em tecido de polietileno (Ribbond) na resistência à fratura de polimetilmetacrilato e uma resina para restauração provisória com dupla polimerização (Provipont Dc). Verificaram que prótese fixa confeccionada com resina para restaurações provisórias de polimerização dupla e reforçada com Ribbond apresentou aumento da resistência à fratura. O reforço com Ribbond alterou o modo da fratura do material de dupla polimerização (Providont DC) sob carga de compressão, onde a união pântico pilar permaneceu intacta; contudo não houve aumento da resistência à fratura da prótese confeccionada com resina PMMA reforçada com a mesma fibra. Concluíram que o uso de fibras de polietileno tratadas com plasma é um método eficaz de reforço das restaurações parciais fixas.

Vallittu e Narva (1997) compararam a resistência ao impacto de resina autopolimerizável com fibra de vidro e com fibras de vidro e fibra de aramida. Após a polimerização os corpos-de-prova foram estocados em água a 37 °C por trinta dias antes do teste de resistência ao impacto o qual foi determinado por um pêndulo tipo Charpy. Houve diferença significativa entre os grupos, o grupo sem reforço apresentou menor resistência ao impacto em relação ao grupo com reforço de fibra de vidro. Os grupos com fibra de vidro não tratada, fibra de vidro silanizada e fibra de aramida não apresentaram diferença estatisticamente significativa na resistência ao impacto, não havendo correlação entre o tipo de reforço adicionado. Concluíram que o reforço com fibra de vidro aumentou consideravelmente a resistência ao impacto da resina autopolimerizável..

Vallittu, Ruyter, Ekstrand (1998) avaliaram as propriedades flexurais de polímeros para base de próteses reforçadas com fibras de vidro, tipo E-glass, e à base de sílica. Foram confeccionados corpos-de-prova com resinas auto e termopolimerizável sem e com reforço de fibra, os quais foram estocados por 48 semanas em água destilada. Concluíram que o armazenamento em água diminuiu a resistência transversa e o módulo flexural das resinas avaliadas sem reforço. A redução da resistência transversa da resina reforçada com sílica foi maior que a reforçada com E-glass. A adesão da matriz polimérica à superfície da fibra de

sílica foi reduzida pela armazenagem em água, considerando que a menor redução foi observada para a adesão entre a matriz polimérica e a fibra do tipo E-glass.

Com o propósito de avaliar a união dos compósitos reforçados com fibras em pilares com *inlays*, Göhring; Mörmann; Lutz (1999), realizaram um estudo *in vivo* em 15 pacientes com ausência dental parcial, onde os pânticos foram unidos aos dentes adjacentes ao espaço anodôntico por meio de *inlays*. Os pacientes foram reavaliados após doze meses à instalação das próteses. Não houve fratura dos pânticos, dos dentes pilares com *inlays* ou das margens das *inlays*. Não foram detectadas cáries secundárias nem mudança de posição da restauração. Para dois pacientes ocorreu um aumento de sensibilidade no começo do tratamento, porém após um ano já não havia sensibilidade alguma. Com esses resultados os autores concluíram que os compósitos reforçados por fibras utilizados para unir pânticos às *inlays* foram satisfatórios após avaliação de doze meses.

Vallittu (1999) determinou as propriedades flexurais do reforço (*stick* e *stick net*) de resinas termo e autopolimerizáveis utilizadas para confecção de restaurações provisórias e bases de próteses totais. A impregnação das fibras com resina foi examinada por meio de microscopia eletrônica de varredura, e a quantidade de fibras foi determinada pela análise da combustão. Previamente ao teste, os corpos-de-prova foram estocados em água a 37 °C e armazenados por 50 horas. Verificaram que as fibras (*stick* e *stick net*) estavam bem incorporadas na matriz resinosa do polímero e que o reforço *stick* aumentou consideravelmente a resistência transversa e módulo transversal dos polímeros enquanto o reforço com *stick net* aumentou a carga de fratura dos polímeros.

Kanie et al (2000) investigaram o efeito da espessura dos corpos-de-prova nas resistências flexural e ao impacto de resinas reforçadas com três tipos de fibras de vidro, silanizadas e não silanizadas. O teste de resistência flexural foi realizado em máquina de ensaio universal e o teste de impacto em máquina com um pêndulo acoplado em uma haste. A colocação de fibra de vidro nos corpos-de-prova com 1 e 2 mm de espessura apresentaram maiores valores de resistências flexural e ao impacto que os sem o reforço. Concluíram que o reforço com fibra de vidro teve um efeito significativo na espessura dos corpos-de-prova, tornando-os mais resistentes.

Chen, Liang, Yen (2001) avaliaram o emprego de três tipos de fibras (Poliéster, Kevlar e Vidro) com diferentes comprimentos (2, 4 e 6 mm) e incorporação de 1%, 2% e 3% em peso de fibras. Os corpos-de-prova com (65x10x2,5mm) após acabamento e polimento foram armazenados em água a 37°C por 50 horas para posterior realização dos testes flexural e de dureza. Os resultados evidenciaram aumento da resistência ao impacto com a

incorporação de fibras de vidro, contudo para a resistência à flexão e dureza não houveram diferenças significantes entre os corpos-de-prova com e sem reforço. Concluíram que as fibras de poliéster foram melhores que as de vidro em relação às propriedades mecânicas e melhores do que as fibras Kevlar, sendo, portanto a melhor escolha para o reforço de resinas acrílicas.

Keyf e Uzun (2001) avaliaram o efeito na resistência transversa, deflexão máxima e módulo de elasticidade de corpos-de-prova confeccionados com resinas acrílicas para restaurações provisórias com diferentes concentrações de fibras (0,5%, 1% e 1,5%). Os corpos-de-prova com 0,5% de fibra apresentaram os valores mais elevados de resistência transversa, enquanto os com 1,5% os menores valores. Resinas com 1% e 1,5% eram ligeiramente mais frágeis que as com 0,5% e aquelas sem reforço. Corpos-de-prova com 0,5% de fibra mostraram maior deflexão que os com 1% e 1,5%; e os com 1% de fibra eram menos resistentes que os do grupo controle. A incorporação de fibras na resina acrílica aumentou a resistência transversa, porém esta foi reduzida com elevadas concentrações de fibras.

Jagger et al., em 2001, investigaram o efeito da adição de fibras, trituradas (0,75 mm diâmetro) e contínuas (de 45 mm comprimento), nas propriedades de polimetilmetacrilato usado para a confecção de bases de próteses totais. Após os testes de resistência transversa e de impacto verificaram que a adição de fibras trituradas ou contínuas na superfície tratada da resina acrílica não melhorou as resistências transversa e ao impacto.

Foo et al. (2001) avaliaram o efeito do reforço com fibra de poliaramida, de diferentes comprimentos, na resistência transversa de três resinas termopolimerizáveis (Acron, Lucitone e Microlon) à base de polimetilmetacrilato (PMMA). Os resultados evidenciaram que a incorporação de fibras poliaramida não resultou em aumento da resistência flexural.

John; Gangadhar; Shah, (2001) compararam a resistência flexural do polimetilmetacrilato (PMMA) reforçado com fibras de vidro, aramida e nylon. Todos os corpos-de-prova reforçados mostraram melhor resistência flexural que os não reforçados, sendo que os reforçados com fibras de vidro apresentaram os maiores valores de resistência flexural. Concluíram que as fibras de vidro devem ser as preferidas em relação às avaliadas, pois previnem fraturas de próteses provisórias.

Jagger et al., em 2003, analisaram o efeito da adição de uma fibra experimental (0,75 mm de diâmetro) nas propriedades de resistência transversa e módulo de elasticidade de resina acrílica termopolimerizável, para reparo de bases de próteses totais. Verificaram que na região do reparo houve redução significativa dos módulos de elasticidade e ruptura, podendo ser devido à que concentração de tensões. A adição de uma camada de fibra não tratada na resina à base de polimetilmetacrilato diminuiu significativamente o módulo de ruptura. A

adição de duas camadas não tratadas produziu um ligeiro aumento do módulo de ruptura, contudo não foi estatisticamente significativa. A adição de fibras com superfícies tratadas (emulsão em látex estireno butadieno) não apresentou diferenças em relação às fibras não tratadas na propriedade de resistência transversa.

Bayraktara; Duranb; Guvener (2003) compararam o conteúdo de monômero residual de resinas termo e autopolimerizáveis e por microondas com e sem adição de fibras de reforço. Sob o ponto de vista clínico, concentração de 1% de monômero residual não provoca reações adversas na mucosa de pacientes com sensibilidade a essa substância. As resinas termopolimerizáveis para bases de próteses totais, com reforço de fibras de vidro, não excederam esse nível. A impregnação das fibras na mistura do polímero e monômero pode prevenir o excesso de monômero residual. A resina autopolimerizável apresentou maiores valores de monômero residual excedendo o nível de 1%. Por isso, os autores sugeriram um processamento da resina autopolimerizável em água a 60 °C, pois nesta temperatura há menor formação de monômero residual.

Keyf; Uzun; Mutlu, em 2003, analisaram as propriedades de resistência transversa, deflexão máxima e módulo de elasticidade de dois tipos de tratamento (hema-monômero e ar atmosférico) da superfície das fibras de vidro, usadas como reforço de resinas à base de polimetilmetacrilato. A vantagem desse processo é uma simples derivação do passo sem o uso de complicados agentes químicos ou o uso de agentes destrutivos, que podem comprometer a integridade da superfície. Detectaram diferenças estatisticamente significantes na resistência transversa e deflexão máxima entre os grupos analisados, com o grupo contendo o HEMA monômero apresentando os maiores valores, contudo a diferença entre os módulos de elasticidade não foram estatisticamente significantes. O exame visual das fraturas dos corpos-de-prova mostrou algumas fibras salientes na superfície fraturada e a análise por microscopia eletrônica de varredura evidenciou união adequada entre as fibras à matriz do polímero na maioria dos grupos.

Kim e Watts (2004) avaliaram a resistência ao impacto de próteses totais superiores confeccionadas com resinas acrílicas reforçadas com malha de fibra de vidro E-glass. Os autores verificaram que houve aumento da resistência ao impacto da resina acrílica reforçada com fibras de vidro E-glass, em relação ao grupo controle.

Hamza et al. (2004) compararam o efeito de seis tipos de fibras na tenacidade de fratura e resistência flexural de resinas à base de polimetilmetacrilato (PMMA), polietilmetacrilato (PEMA), e bis-acril, para confecção de restaurações provisórias. Verificaram que a tenacidade de fratura do PMMA reforçado com Fibrestick,

Construct Ribbond Triaxial, e Ribbond foi significativamente mais elevada que o grupo controle (PMMA sem fibras). No entanto o Fibrenet e Ribbond THD não apresentaram diferenças significantes. A resistência flexural do PMMA reforçado com Fibrestick, Ribbond THM, Ribbond, Ribbond Triaxial e Construct foram significativamente maiores que a do PMMA sem reforço, no entanto os corpos-de-prova de Fibrenet não foram significativamente diferentes das resinas sem reforço. A tenacidade de fratura do PEMA reforçado com Fibrestick, Construct, Ribbond Triaxial, Fibrenet e Ribbond THM foi significativamente mais elevada que a do grupo sem reforço. A resistência flexural do PEMA reforçado com Construct, Fibrestick, Ribbond e Ribbond THM foi significativamente mais elevada que o PEMA sem reforço, no entanto Fibrenet e Ribbond Triaxial não tiveram diferenças significantes em relação aos sem reforço. Os autores concluíram que o uso de fibras é um método eficaz para aumentar a tenacidade de fratura e resistência flexural de resinas para confecção de restaurações provisórias. Os tratamentos de superfície das fibras influenciaram na tenacidade de fratura e resistência flexural das resinas.

Alander; Lassila; Vallittu (2005) fizeram um estudo para determinar experimentalmente a resistência e módulo flexural de compósitos reforçados com fibras com diferentes formatos (retangulares e circulares), diâmetros e comprimentos. Corpos-de-prova retangulares foram confeccionados variando os comprimentos (10mm, 14mm, 17mm e 20mm) e mantendo a largura (2mm) e a espessura (2mm) constantes, com fibras de vidro, 47% em volume, com diâmetro de 21 μm e impregnadas com resinas do tipo polimetilmetacrilato (PMMA) e bisfenol a-glicidil dimetacrilato (BisGMA), e corpos-de-prova circulares com diferentes diâmetros (1,5 mm, 2,2 mm e 2,8 mm) e com 65% em volume de fibras de vidro impregnadas (21 μm de diâmetro). Os resultados revelaram que os valores das propriedades de resistência flexural e módulo flexural dos corpos-de-prova retangulares foram maiores no grupo com 20 mm de comprimento e menores no grupo com 10 mm. Para os circulares os valores de resistência flexural e módulo flexural foram maiores para o grupo com 1,5 mm diâmetro e os menores valores para o grupo com 2,8 mm. Baseados nestes resultados, concluíram que o volume de fibra é um parâmetro essencial para a interpretação dos valores de resistência e módulo flexurais.

Jokstad; Gokçe; Hjorsjo, em 2005, fizeram uma revisão sistemática sobre o uso de fibras para reforço de resinas para confecção de restaurações provisórias. Verificaram pesquisas clínicas adequadas que demonstraram a vantagem da incorporação de fibras na vida útil da prótese e redução dos custos.

Franklin; Wood; Bubb (2005) avaliaram o efeito da adição de fragmentos de vidro em resinas para confecção de base de prótese, na capacidade de polimento e resistência à fratura. Fragmentos de vidro têm sido usados como agente de reforço para muitos polímeros industriais, mas ainda não havia sido testado em resinas para base de próteses. Utilizaram 5%, 10% e 20% de fragmentos de vidro, os quais foram primeiramente incorporados ao polímero, e em seguida adicionados ao monômero. Após a polimerização, os corpos-de-prova foram acondicionados em recipientes com 100% de umidade e mantidos em estufa à 37°C, antes da realização dos testes. Verificaram que os grupos com elevada quantidade de fragmentos de vidro revelaram uma superfície com aparência granulosa. E que os fragmentos de vidro são polidos junto com a matriz do polímero. A resistência à fratura aumentou em torno de 52% a 69% nos corpos-de-prova com reforço. A análise estatística revelou que a resistência à fratura do grupo com 5% foi mais elevada em relação aos grupos com 10% e 20%. Os autores afirmaram que os fragmentos de vidro usados nesse estudo podem ser adicionados às resinas à base de PMMA para confecção de bases de próteses totais, pois melhoram a resistência à fratura. Nesse estudo a carga de fratura foi significante mais elevada no grupo com fragmentos de vidro, e a melhora nas propriedades foi alcançada com o uso de o agente de união silano, que oferece potencial a mais de resistir às forças, além da melhora das propriedades da resina.

Minami *et al.*, em 2005, avaliaram a carga flexural máxima de resinas acrílicas para bases de próteses totais, reparadas com resinas autopolimerizáveis com vários sistemas de reforços (três fios metálicos de aço inoxidável com diferentes diâmetros 1,2 mm, 1,4 mm, 1,6 mm, um fio metálico de cobalto-cromo-níquel com 1,2 mm diâmetro, um fio de titânio puro com 1,2mm diâmetro e fibra de vidro tipo tecido), após a termociclagem. Cada material de reforço foi colocado em uma cavidade preparada no centro do corpo-de-prova (70x10x3mm). Os corpos-de-prova foram estocados em água destilada a 37°C por 24 horas e levados à máquina de ensaio universal para a realização do teste. Os corpos-de-prova reforçados com fios (1,2 mm diâmetro) de aço inoxidável e de cobalto-cromo-níquel apresentaram os maiores valores de carga de fratura quando comparados com os sem reforço. O uso de fio de titânio puro e fibra de vidro não alteraram a carga de fratura.

Tacir *et al.*, realizou um estudo em 2006, no qual comparou a resistência flexural de dois polímeros (polimetilmetacrilato termopolimerizável e processado por microondas) para confecção de base de próteses totais com e sem a adição de fibras. Os corpos-de-prova foram comparados em quatro grupos: 1) confeccionados com resina termopolimerizável QC-20; 2) confeccionados com resina QC-20 e incorporação de 2% em peso de fibra de vidro (Glass

Fiber), com tamanho de 10 a 15µm; 3) confeccionados com QC-20 e incorporação de fragmentos de policarbonato; e 4) os corpos-de-prova foram confeccionados com resina processada por microondas Shera-Med MW 2000 e fibras de vidro (Glass Fiber) com tamanho de 10 a 15µm. Os corpos-de-prova foram armazenados em água em temperatura ambiente por cinco semanas previamente ao teste. Os grupos de resinas QC-20 e Shera-Med MW 2000 reforçados com fibras apresentaram valores de resistência flexural menores que os não reforçados. Segundo os autores, quando resinas acrílicas de alto impacto são necessárias, o reforço com fibras deve ser evitado.

Pfeiffer e Grube (2006) determinaram a resistência à fratura de próteses fixas provisórias, com pânticos de diferentes alturas (4,3 e 5,8 mm), confeccionadas com diferentes materiais (Promysan Star; Promisan Star com vita Zeta, fibra de polietileno não impregnada; Ribbond com Sinfony; uma fibra impregnada Targis/Vectris e Biodent, uma resina acrílica à base de polimetilmetacrilato, como grupo controle) na região de molares. As próteses, confeccionadas com os diferentes materiais, foram submetidas à termociclagem (5°C e 55°C, e 5000 ciclos e 30 segundos em cada banho). Após esse procedimento, foram cimentadas com um cimento provisório (Temp Bond) nos pilares e realizado o teste de resistência à fratura. As próteses confeccionadas com Targis/Vectris, com ambas as alturas, apresentaram os maiores valores em relação aos demais materiais. Os autores concluíram que o tipo de material tem influência significativa na resistência à fratura, no entanto a altura do pântico não afetou significativamente esta propriedade.

Cökeliler *et al.* (2007) avaliaram o efeito de fibras de vidro E-glass tratadas com plasma nas propriedades mecânicas de resinas acrílicas à base de polimetilmetacrilato. Foram utilizadas fibras com 12 µm de diâmetro e 30 cm comprimento e incorporação de 1 % em peso nas resinas acrílicas. Os corpos-de-prova, confeccionados com diferentes tipos de monômeros (HEMA, TEGDME, EDA), foram submetidos ao teste de resistência flexural e posteriormente análise das fraturas em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Os valores da resistência flexural do grupo EDA foram significativamente maiores que os dos demais grupos; o tratamento com plasma nas fibras de vidro incorporadas às resinas acrílicas manipuladas com monômero HEMA não afetou a composição química da superfície plana da fibra de vidro. Os corpos-de-prova confeccionados com monômero TEGDME e EDA apresentaram, respectivamente, pequena e pronunciada alteração na composição superficial. A análise por MEV evidenciou diferentes alterações superficiais das fibras de vidro de acordo com o monômero utilizado. Salientaram o uso de monômero EDA provocou maior

rugosidade na superfície da fibra, sendo o procedimento eficaz no aumento da resistência flexural.

Ganzarolli *et al.*, no ano de 2007, avaliaram a adaptação interna, porosidade, força transversa e de impacto de três polímeros para base de prótese, que foram processadas por diferentes métodos: polimerização convencional por calor de banho de água, por calor de microondas e pela injeção de resina no molde. Concluíram que a adaptação interna, porosidade, força transversa e força de impacto variaram de acordo com o tipo de resina e a técnica de processamento. A técnica de injeção de resina mostrou a melhor adaptação interna, porém a mais alta porosidade. A resina convencional com polimerização convencional teve a menor porosidade, porém teve menor força transversa e força ao impacto do que as resinas para injeção no molde ou por calor de energia de microondas. A resina polimerizada convencionalmente exibiu a pior porosidade, ela também mostrou os mais baixos valores para força transversa e força ao impacto, que não apoiou a hipótese que a porosidade e força são inversamente proporcionais. Isso pode ser explicado pela diferença de espessura dos espécimes submetidos à força mecânica e porosidade por causa da formação de poros variados em função do volume da espessura de resina. A técnica de injeção de resina e resina polimerizada por microondas mostraram forças transversas e força ao impacto similares como há relatos prévios. Força transversa é relacionada à eficácia da polimerização e subsequente formação de cadeias curtas de polímeros com baixo peso molecular. De acordo com o fabricante, as propriedades mecânicas boas da resina injetada no molde derivam de uma dupla polimerização e por suas pequenas partículas. Embora, Phoenix mostrou que o módulo flexural para as resinas por termopolimerizáveis por calor de banho de água e por microondas foram mais altas quando os materiais foram comprimidos comparados com os que foram injetados. Além desses efeitos da técnica de processamento, a composição do material pode ter influenciado nos resultados de força transversa e força de impacto. Diferentemente dos outros materiais testados, a polimerização da resina convencional não tem agente de união cruzada em sua composição e apresentou os mais baixos valores de força ao impacto e força transversa.

Garoushi; Vallittu; Lassila, (2008) avaliaram o efeito do reforço de fibras de vidro (E-glass), 22,5% em peso e comprimento de 3 mm, em matrizes poliméricas à base de BisGMA e TEGDMA, por meio da tensão de contração e microinfiltração de restaurações e pânticos provisórios. As restaurações confeccionadas com compósito experimental BisGMA com fibra de vidro apresentou menor tensão de contração e microinfiltração em relação aos grupos TEGDMA com fibra e BisGMA e TEGDMA sem fibras. Concluíram que as matrizes

poliméricas à base de BisGMA com fibras de vidro melhoraram a tensão de contração e os valores de microinfiltração marginal em relação aos demais grupos, possibilitando melhor desempenho destas restaurações em regiões de elevadas tensões.

Obukuro; Takahashi; Shimizu, (2008), investigaram o efeito de diferentes diâmetros (7, 10, 13, 16, 20, 25, 30 e 45 μm) de fibras de vidro (Asahi Fiber Glass) na resistência flexural e módulo de elasticidade de compósitos à base de Uretano dimetacrilato e Trietilenoglicol dimatacrlato na proporção de 1:1 em peso (grupo A) e à base de 2-dimetil-aminoetil metacrilato (grupo B). Os corpos-de-prova (2x2x2,5 mm) foram preparados pela incorporação de fibras na resina acrílica. A resistência flexural do grupo A foi aumentou com o aumento do diâmetro, assim como o módulo de elasticidade. Para o grupo B a maior resistência flexural foi alcançada com corpos-de-prova de 20, 25 e 30 μm , e o módulo de elasticidade foi semelhante para todos os diâmetros. Concluíram que as fibras de vidro foram melhores impregnadas pelo grupo, pois as fibras no grupo B não foram bem distribuídas na matriz resinosa, afetando a resistência flexural e o módulo de elasticidade negativamente.

Os estudos realizados utilizaram diferentes tipos de fibras, com comprimentos e espessuras variados, as quais são de difícil manuseio, pois podem se deslocar durante a confecção das restaurações provisórias, localizando-se em áreas que não propiciam o fortalecimento dessas restaurações. Não há pesquisas sobre o uso de fibras particuladas, as quais facilitam o manuseio e confecção das restaurações, podendo fortalecer toda a restauração provisória e, não somente, áreas específicas.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do reforço de fibras de vidro em resinas acrílicas autopolimerizáveis utilizadas para a confecção de coroas provisórias por meio dos ensaios de:

- 1.1 cor;
- 1.2 resistência flexural;
- 1.3 módulo de elasticidade;
- 1.4 carga de ruptura.

4 Material e Método

4 MATERIAL E MÉTODO

Para os ensaios de avaliação dos componentes de cor, resistência flexural, módulo de elasticidade, e carga de ruptura foram empregadas as resinas acrílicas autopolimerizáveis Duralay, Trim Plus II e Dencor, na cor 62 (Fig.1, Tabela 1).

Figura1- Resinas acrílicas autopolimerizáveis.

Tabela 1: Composição química das resinas acrílicas autopolimerizáveis.

Nome Comercial	Tipo	Composição		Fabricante
		Polímero	Monômero	
Duralay	Polimetilmetacrilato	Copolímero de metil metacrilato Pigmentos	Metil metacrilato	Reliance Dental Mfg Co, Worth, IL. EUA
Trim plus II	Polietilmetacrilato	Peróxido de Benzoila Polietilene glicol 400 Partículas NOC Monômeros residuais Pigmento mineral e de cádmio TiO_2	Dibutil ftalato Dimetil-p-toluidine I sobutil Metacriltato	Bosworth, Company, Skokie, I L. EUA
Dencôr	Polimetilmetacrilato	Metil metacrilato Pigmentos orgânicos	Metil metacrilato	Clássico Ind. E Com., São Paulo, SP, Brasil.

Para reforçar a resina acrílica foi utilizada fibra de vidro particulada, 0,12 μm (Reforplás S/A, São Paulo, SP, Brasil) tratada superficialmente por resina epóxica e agente silano (Fig. 2). Foi utilizada a proporção de 10% em peso de fibras de vidro (FREGONESI, 1985).

Figura 2- Fibras de vidro.

O polímero da resinas acrílicas e a fibra de vidro particulada foram colocados em recipientes plásticos (Fig. 3a) e pesados em balança de precisão (Mettler Toledo, Micronal S/A, São Paulo, SP, Brasil) (Fig. 3b-c). O pó da fibra de vidro era incorporado ao polímero de cada marca comercial de resina acrílica e após o proporcionamento do monômero era realizada a manipulação.

Figura 3- Dosagem do polímero de resina acrílica e fibra de vidro

4.1 Ensaio para avaliação da alteração de cor

4.1.1 Confeção dos corpos-de-prova

A partir de uma matriz metálica retangular de 15 mm de diâmetro e 4 mm de espessura, foram confeccionados padrões em cera nº 9 (Wilson, Polidental Indústria e Comércio Ltda., São Paulo, Brasil) (Fig 4a), que foram incluídos em mufla com gesso Tipo IV (Durone, Dentsply Ind e Com Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil) (Fig 4b). A mufla foi usada como matriz para a confecção dos corpos-de-prova em resina acrílica autopolimerizável (Fig. 4c).

Figura 4 - Matriz para confecção dos corpos-de-prova: a) matriz metálica com padrões em cera; b) inclusão dos padrões em cera; c) mufla para confecção dos corpos-de-prova.

A mufla era isolada com Cel-Lac (SS White Artigos Dentários Ltda, Rio de Janeiro, Brasil)(Fig. 5a), o monômero, polímero e fibras de vidro eram manipulados, a resina era colocada na mufla, a qual era fechada e realizada a prensagem (prensa hidráulica Midas Dental Products VH, Araraquara, SP, Brasil), com pressão de 1000 KgF (Fig 5b). Após a polimerização da resina, a mufla era aberta (Fig. 5c) e os corpos-de-prova removidos e colocados em recipientes com água destilada.

Figura 5- Confecção dos corpos-de-prova: a)mufla isolada com Cel-Lac, b) prensagem, c)abertura da mufla.

Os corpos-de-prova foram submetidos a desgaste nas faces laterais com broca de tungstênio em peça de mão, para eliminar os excessos de resina, recebeu, em uma das faces, acabamento superficial com lixas de carborundum n^{os} 200, 400, 600, 800 e 1200 (Norton, Indústria e Comercio Limitada, São Paulo-S.P., Brasil) montadas em politriz horizontal (Struers DPU-10, Panambra, São Paulo, SP, Brasil) e a seguir polimento mecânico com feltros e branco de Espanha, para simular as superfícies de uma prótese fixa provisória.

Para o ensaio de cor foram confeccionados 120 corpos-de-prova, os quais foram divididos em três grupos controles, de vinte corpos-de-prova cada um, correspondentes às resinas Duralay, Trim Plus II e Dencor sem fibras, e três grupos experimentais, correspondentes às resinas com reforço de fibras de vidro.

4.1.2 Mensuração da cor

Para a avaliação dos componentes de cor (L^* , a^* , b^*), os corpos-de-prova das diferentes resinas, com e sem fibras, eram colocadas sobre o bloco de fundo padrão branco do Espectocolorímetro portátil (BYK-Gardner GmbH, Gerestried, Alemanha) (Fig. 6) e realizadas três mensurações em cada corpo-de-prova.

Figura 6- Espectocolorímetro portátil.

O padrão de cor foi medido usando o CIE (Comissão Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$ referindo-se à luminosidade (L^*), coordenada com a variação dos valores de 0 (preto) a 100 (branco). Os valores a^* e b^* , coordenadas da cromaticidade, no eixo vermelho-verde e amarelo-azul, respectivamente. O ΔE é calculado pela fórmula:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}, \text{ onde:}$$

($\Delta L = L_1 - L_0$), ($\Delta a = a_1 - a_0$), ($\Delta b = b_1 - b_0$) são as diferenças dos valores em L^* , a^* e b^* antes e após a incorporação de fibras.

A direção da diferença de cor é descrita pelas magnitudes e sinais dos componentes ΔL^* , Δa^* e Δb^* .

4.2 Ensaios de módulo de elasticidade, resistência transversa e carga de ruptura

4.2.1 Confeção dos corpos-de-prova

A partir de uma lâmina de Teflon (Teflon DuPont, Wilmington, Del) de 3 mm de espessura foram recortados retângulos com 65 mm de comprimento e 10 mm de largura (Fig.7a). Esses retângulos foram vaselinados e incluídos em muflas metálicas com gesso tipo

IV (Durone, Dentsply Ind Com Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil), sendo três retângulos em cada mufla (Fig.7b). Após a presa do gesso, a mufla era aberta e os retângulos de teflon removidos (Fig.7c); as muflas agiram como matriz para a confecção dos corpos-de-prova em resina.

Figura 7- Matriz para confecção dos corpos-de-prova: a- retângulos de teflon, b- retângulos incluídos em gesso tipo IV e c- mufla após remoção dos retângulos.

Os corpos-de-prova de prova em resina acrílica foram confeccionados de acordo com as especificações da “International Organization Standardization” (ISO) para os ensaios de resistência à flexão (ISO 10477:1992/Amd 1:1998) (Fig.8).

Figura 8 - Esquema do corpo-de-prova em resina acrílica de acordo com especificação ISO nº 10477: 1992/Amd. 1:1998.

A mufla era isolada com Cel-Lac (SS White Artigos Dentários Ltda, Rio de Janeiro, Brasil), o polímero, monômero e fibras de vidro eram proporcionados e manipulados, a resina era colocada na mufla, prensada e polimerizada de acordo com as instruções do fabricante. Após a polimerização da resina, a mufla era aberta e os corpos-de-prova removidos. Os corpos-de-prova receberam acabamento com broca de tungstênio em peça de mão e lixas de carborundum para eliminar os excessos de resina nas laterais e polimento em uma das faces para simular as superfícies de uma prótese fixa provisória.

Após o polimento os corpos-de-prova eram medidos na largura (Fig 9a) e espessura (Fig 9b) com um paquímetro digital (Modelo SC-6; Mitutoyo Sul America Ltda, Suzano, S.P., Brasil), com precisão de 0,1mm. Este procedimento foi necessário porque após os procedimentos de desgaste e polimento o tamanho original de cada corpo-de-prova poderia ter sido alterado.

Figura 8- Mensuração dos corpos-de-prova: a) largura, b) espessura.

Para este ensaio foram confeccionados sessenta corpos-de-prova para o grupo experimental (com reforço de fibras de vidro) e sessenta para o grupo controle, sendo vinte corpos-de-prova de cada marca comercial de resina, os quais foram mantidos em água destilada, temperatura ambiente, desde a confecção até a realização dos testes, para evitar alterações na resina acrílica.

4.2.2 Avaliação da resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura

O ensaio mecânico para o registro da resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura foi realizado por meio de do teste de carga de três pontos, em uma máquina de ensaio universal (Emic DL 2000[®], Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com célula de carga de 200 N. Os corpos-de-prova eram posicionados na máquina (Fig.9), com distância de 50 mm entre os apoios e velocidade de 5 mm/min, e flexionados até ocorrer a fratura, os valores em quilogramaforça (Kgf) fornecidos pela máquina universal de ensaios foram convertidos em Newtons (1 N = 9,81 Kgf).

Figura 9- corpo-de-prova posicionado na máquina de ensaio universal.

4.2.2.1 Resistência flexural

A resistência flexural, também chamada de resistência transversa ou tensão de ruptura, é a medida de todos os tipos de tensões agindo simultaneamente sobre um corpo (ANUSAVISE, 1999). O teste determina não apenas a resistência do material, mas também a quantidade de distorção esperada. A resistência flexural e a deformação subsequente são importantes em próteses longas, onde as tensões durante mastigação podem ser intensas (CRAIG; POWERS, 2004).

A resistência flexural é calculada pela fórmula:

$$S = 3PI/2bd^2$$

onde:

S = Resistência à flexão ou resistência flexural ou módulo de ruptura (N / mm²)

P = Carga de fratura (N)

I = Distância entre os apoios(mm)

b = Largura do corpo-de-prova(mm)

d = espessura do corpo-de-prova(mm)

4.2.2.2 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade (Mpa) representa a rigidez de um material dentro da faixa elástica. Quanto maior for o módulo de elasticidade, menor será a deformação elástica e mais rígido será o material (CRAIG; POWERS, 2004).

A máquina de ensaios universal forneceu os valores de força (Kgf) do gráfico de tensão-deformação de cada corpo-de-prova. Os valores, correspondentes ao módulo de elasticidade, foram obtidos a partir do ponto do gráfico onde ocorre a deformação elástica. O módulo de elasticidade foi calculado pela fórmula:

$$E = I^3 P / 4 F b h^3$$

onde:

E = Módulo de elasticidade (Mpa)

I = Distância entre os apoios (50 mm)

P = Carga da deformação elástica (N)

F = deflexão do corpo-de-prova (mm)

b = Largura do corpo-de-prova (mm)

d = espessura do corpo-de-prova (mm)

4.2.2.3 Carga de Ruptura

A resistência à ruptura pode ser medida de duas maneiras: pelo módulo de resistência à flexão (N/mm² ou Kgf/cm²), que é a resistência própria do material; ou pela carga de ruptura (N ou Kgf), a qual depende do material (quanto menor a porosidade, maior a resistência à compressão) e da espessura da peça.

A ruptura de um material ocorre em um ponto chamado limite de ruptura, sendo a carga de ruptura obtida pela fórmula:

$$CR = F \times I / d$$

Onde:

CR = carga de ruptura (N)

F = força de ruptura (N)

I = Distância entre os apoios (50mm)

d = espessura do corpo-de-prova (mm)

Os valores obtidos foram submetidos à análise estatística, foram empregados testes paramétricos e não paramétricos, de acordo com a distribuição das amostras.

5 Resultados

5 RESULTADOS

5.1 Alteração de cor

A partir dos dados das Tabelas 1 e 2 do Apêndice-A foram realizados os testes estatísticos para avaliação da alteração de cor.

Para o componente L* da resina Duralay (Tabela 11 ApêndiceA) e L* e b* da resina Trim Plus(Tabela 13 ApêndiceA) foi realizado o teste de Mann-Whitney. Para os componentes a*e b* da resina Duralay (Tabela 12 Apêndice A), a* da resina Trim Plus (Tabela 14 Apêndice A), L*, a* e b* da resina Dencor (Tabela 15 Apêndice A), foi empregado o teste t Student. As Tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, o resultado destes testes estatísticos, médias e desvios padrões de cada componente.

Tabela 2 - Comparação dos componentes de cor das diferentes marcas de resinas sem e com fibras.

Resinas	L*	a*	b*
Duralay	Sign. 1%	Sign. 5%	Não sign.
Trim Plus II	Sign. 1%	Sign. 1%	Sign. 1%
Dencor	Sign. 1%	Sign. 1%	Sign. 1%

Tabela 3- Valores dos componentes de cor das resinas sem e com fibras de vidro.

Resinas	Tratamentos					
	Sem fibras			Com fibras		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Duralay	73,541(±0,42)	3,127(±1,37)	14,915(±1,34)	70,84(±0,39)	2,47(±0,36)	14,42(±0,51)
Trim Plus II	72,92(±0,46)	3,65(±0,28)	17,32(±0,40)	70,40(±0,43)	2,73(±0,30)	16,01(±0,44)
Dencor	68,95(±0,60)	4,60(±0,37)	18,50(±0,62)	63,90(±0,36)	3,40(±0,47)	17,40(±0,43)

Todos os componentes de cor (L*, a* e b*) foram alterados após a incorporação de fibras de vidro (Fig. 11), com exceção do componente b* da resina Duralay.

A figura 10 apresenta a alteração de cor visual dos corpos-de-prova com e sem fibras de vidro particuladas.

Figura 10- corpos-de-prova: a - com fibra de vidro, b - sem fibra de vidro

5.2 Resistência Flexural

Os testes estatísticos dos valores originais (Tabela 1- Apêndice B) evidenciaram que a amostra era normal (43,18%), sendo aplicado o teste paramétrico de análise de variância (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultado da Análise de Variância dos valores de resistência flexural.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	Quadrados médios	(F)	Prob (H ₀)%
Entre Tratamentos(T)	171,9917	1	171,9917	2,70	9,926 ns
Resinas(R)	3307,6250	2	1653,8125	25,94	0,0001 *
Interação TxR	15,2083	2	7,6042	0,12	11,252 ns
Resíduo	7267,9873	114	63,7543		
Variação total	10762,8125	119			

*significante ao nível de 1%; ns= não significante

A análise de variância mostrou que não houve significância estatística ($p > 0,05$) para o fator tratamentos (Tabela 5) e para a interação dos fatores (Tabela 7); houve significância ($p < 0,01$) apenas para o fator resinas (Tabela 6), evidenciando assim, que a incorporação de fibras não influenciou na resistência flexural.

Tabela 5 - Valores médios (N/mm²) e desvios padrões dos corpos-de-prova com e sem fibras de vidro.

Tratamentos	Médias (desvio padrão)
Sem fibra	88,805 ($\pm$ 9,15) a
Com fibra	91,201($\pm$ 9,79) a

Letras iguais, médias estatisticamente iguais

Foi realizado o teste complementar de Tukey ($p=0,05$) para verificar quais resinas eram diferentes entre si (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultado do teste de Tukey entre resinas: valores médios (N/mm^2) e desvios padrões.

Resinas	Médias (desvio padrão)	Valor crítico
Duralay	85,748($\pm 8,04$) b	4,239
Trim Plus	86,860($\pm 7,73$)b	
Dencor	97,400 ($\pm 8,18$) a	

Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes

Tabela 7 - Valores médios de resistência flexural e desvios padrões da interação Resinas x Tratamentos.

Resinas	Tratamentos	
	Sem fibras	Com fibras
Duralay	84,321($\pm 8,54$)	87,176($\pm 7,44$)
Trim Plus II	85,395($\pm 6,74$)	88,326($\pm 8,52$)
Dencor	96,698($\pm 6,52$)	98,102($\pm 9,68$)

5.3 Módulo de Elasticidade

Os testes estatísticos preliminares dos valores de Módulo de Elasticidade (Mpa) (Tabela 1-Apêndice C) evidenciaram que a amostra era normal (42,55%), sendo empregado o teste análise de variância (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultado Análise de Variância dos valores de módulo de elasticidade.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	Quadrados médios	(F)	Prob (H_0) %
Entre tratamentos(T)	22945408,00	1	22945408,00	250,63	0,0001*
Entre resinas(R)	211788,80	2	105894,40	1,16	31,83ns
Interação TxR	4317363,00	2	2158681,50	23,58	0,001*
Resíduo	10436992,00	114	91552,56		
Variação total	37911552,00	119			

*significante ao nível de 1%; ns= não significante

A análise de variância evidenciou significância estatística ($p < 0,01$) para os fatores tratamento (Tabela 9) e para a interação (Tabela 11), o fator marca comercial de resina (Tabela 10) não influenciou no módulo de elasticidade.

Tabela 9- Valores médios (MPa) e desvios padrões dos corpos-de-prova com e sem fibras de vidro.

Tratamentos	Médias (desvios padrão)
Sem fibra	2572,138 ($\pm 290,92$) a
Com fibra	3446,691 ($\pm 411,13$) b

*Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes.

Tabela 10 - Valores médios (MPa) e desvios padrões do fator resinas.

Resinas	Médias (desvio padrão)
Dencor	2998,106 ($\pm 510,95$) a
Duralay	3065,557 ($\pm 748,83$) a
Trim Plus	2964,582 ($\pm 347,34$) a

*Letras iguais, médias estatisticamente iguais

Tabela 11- Valores da Interação Resinas x Tratamentos.

Resinas	Tratamentos	
	Sem fibras	Com fibras
Duralay	2380,595 ($\pm 168,62$)	3750,418 ($\pm 405,58$)
Trim Plus II	2740,367 ($\pm 311,74$)	3188,797 ($\pm 225,78$)
Dencor	2595,453 ($\pm 261,19$)	3400,757 ($\pm 374,26$)

Os valores da interação (Tabela 11) foram usados para construir o gráfico da Figura 11.

Figura 11 - Gráfico da interação resinas x tratamentos.

O gráfico evidencia que houve aumento do módulo de elasticidade quando foram incorporadas fibras de vidro nas resinas, sendo a resina Duralay a que apresentou o maior aumento, evidenciando elevação da rigidez do corpo-de-prova.

5.4 Carga de Ruptura

A análise estatística foi realizada a partir dos dados da Tabela 1- Apêndice D. Foi aplicado o teste análise de variância (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultado Análise de Variância dos valores de carga de ruptura (N).

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	Quadrados médios	(F)	Prob (H ₀)%
Entre tratamentos(T)	168399,7344	1	168399,7344	70,48	0,0001*
Entre resinas(R)	45575,1992	2	22787,5996	9,54	0,033*
Interação TxR	57776,2656	2	28888,1328	12,09	0,008*
Resíduo	272382,8125	114	2389,3230		
Variação total	544134,0000	119			

*significante ao nível de 1%.

A análise de variância evidenciou significância estatística ($p < 0,01$) para os fatores tratamentos (Tabela 13), resinas (Tabela 14) e para a interação (Tabela 15). Os fatores, marca comercial de resina e tratamento influenciaram nos valores de carga de ruptura.

Tabela 13 - Valores médios (MPa) e desvios padrões dos corpos-de-prova com e sem fibras de vidro.

Tratamentos	Médias (desvio padrão)
Sem fibra	482,607 ($\pm 53,18322$) a
Com fibra	557,530 ($\pm 59,49652$) b

*Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes

Tabela 14 – Resultado Teste de Tukey, valores médios (N) e desvios-padrões do fator resinas.

Resinas	Médias (desvio padrão)	Valor crítico
Duralay	494,058($\pm 86,62634$) a	25,968
Trim Plus	525,177($\pm 42,84704$) b	
Dencor	540,971 ($\pm 58,39999$) b	

*Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes.

Tabela 15- Valores da Interação Resinas x Tratamentos.

Resinas	Tratamentos	
	Sem fibras	Com fibras
Duralay	427,983($\pm 38,233$)	560,134 ($\pm 69,371$)
Trim Plus II	512,418($\pm 29,416$)	537,935 ($\pm 50,626$)
Dencor	507,420($\pm 41,610$)	574,522($\pm 53,848$)

Os valores da interação (Tabela 15) foram usados para construir o gráfico da Figura 12.

Figura 12- Gráfico da interação resina x tratamentos.

A resina Dencor com fibra necessitou de maior carga para fraturar, enquanto os corpos-de-prova de resina Duralay sem as fibras fraturaram com a menor carga, em comparação com as demais marcas comerciais. Pelo gráfico evidencia-se que a resina Duralay com fibras apresentou o maior aumento na resistência quando comparada com Dencor e Trim Plus.

6 *Discussão*

6 DISCUSSÃO

Os materiais empregados para confeccionar próteses parciais fixas provisórias devem apresentar propriedades mecânicas, físicas e estéticas ideais, como resistências flexural, à fratura e ao uso elevadas, estabilidade dimensional, desajuste marginal mínimo e elevada resistência ao manchamento e descoloração (GIVENS et al., 2008).

Este estudo avaliou os parâmetros de cor, resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura de resinas acrílicas polimetil e polietilmetacrilato, utilizadas para confecção de próteses fixas provisórias, reforçadas com fibras de vidro particuladas tratadas com silano.

As propriedades de resistência flexural, módulo de elasticidade e carga de ruptura são parâmetros que fornecem uma estimativa do desempenho clínico das restaurações sob forças mastigatórias (GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008),

Para avaliação da alteração dos parâmetros de cor foi empregado o sistema tridimensional CIE Lab. Este método, desenvolvido em 1978 pela *Commission Internationale de l'Éclairage*, designa a cor em três coordenadas espaciais, L^* , a^* e b^* , onde L^* representa a luminosidade (valor) de uma cor, a^* representa a quantidade de cor vermelho-verde, e b^* representa a quantidade de amarelo-azul. A coordenada L^* está localizada ao longo do eixo vertical e varia de valores zero (preto) a 100 (branco). As coordenadas a^* e b^* estão ao redor do eixo L^* , sendo que o valor de a^* positivo relaciona a quantidade de vermelho e a^* negativo a quantidade de verde; b^* positivo relaciona a quantidade de amarelo e b^* negativo a quantidade de azul. O matiz de qualquer cor pode ser descrito como uma combinação de a^* e b^* (HASELTON; DIAZ-ARNOLD; DAWSON, 2005; WANG et al., 1996).

Comparando os componentes de cor L^* (luminosidade), a^* e b^* entre cada marca comercial de resina (Duralay, Trim Plus e Dencor), com e sem incorporação de fibras, houve diferenças estatisticamente significantes entre as resinas com e sem incorporação de fibras, para todos os componentes de cor, com exceção do componente b^* da resina Duralay.

O valor de L^* reduziu em todas as amostras com fibras, evidenciando o escurecimento dos corpos-de-prova e conseqüentemente menor luminosidade. Dentre as resinas, Dencor apresentou maior escurecimento, apresentou valor próximo a 50, que caracteriza a cor cinza. Para o componente a^* também houve redução dos valores, embora não tenha ocorrido valores negativos, os resultados salientam redução do matiz vermelho após a incorporação de fibras. O valor de b^* apresentou redução apenas nas resinas Trim Plus e Dencor, sendo esses valores ainda positivos, evidenciando assim alteração apenas na saturação. A resina Duralay era a

menos amarela (menor valor de b^*) e mais clara (maior valor de L^*), enquanto Dencor era a mais amarela (maior valor de b^*) e mais escura (menor valor de L^*).

Resinas à base de polimetilmetacrilato são mais estáveis quanto à alteração de cor durante o uso que resinas à base de polietilmetacrilato.

Não há estudos na literatura comparando alteração dos valores dos componentes de cor após a incorporação de fibras em resinas acrílicas autopolimerizáveis, contudo pode-se afirmar que a incorporação reduz a luminosidade e a saturação referente aos pigmentos vermelho e amarelo.

Sampath e Ramachandra (2008) também observaram essas alterações dos componentes de cor após incorporação de

O profissional deve conhecer as alterações nos componentes L^* , a^* e b^* para executar a seleção de cor adequada da resina quando incorporar fibras, assim não deve orientar-se apenas pela escala de cores convencional, deve considerar as alterações que podem ocorrer em cada componente da cor.

Os valores de ΔE , ΔL , Δa e Δb não foram considerados em virtude de não haver valores base, isto é, valores dos corpos-de-prova antes do tratamento, havia corpos-de-prova controles(sem fibras) e experimentais(com fibras), pois qualquer alteração durante a confecção (porosidade) e/ou armazenamento poderiam levar a conclusões que não demonstram a realidade do experimento.

A resistência de resinas acrílicas empregadas para confecção de restaurações provisórias, em longos espaços protéticos, é determinada pela resistência do material à propagação de fendas e fratura, as quais podem ocorrer devido às resistências flexural, ao impacto e à fadiga inadequadas (BURNS; BECK; NELSON, 2003). A seleção das resinas deve estar relacionada com a extensão do espaço protético, período de tempo requerido para uso e região da instalação. Restaurações provisórias anteriores requerem maior demanda estética enquanto as posteriores exigem maior resistência em virtude das cargas oclusais e mastigatórias.

As forças mastigatórias diminuem da região de molares para a de incisivos, sendo que a força média nos primeiros e segundos molares varia entre 441 e 981 N, nos pré-molares entre 245 e 491 N, nos caninos entre 147 e 368 N e nos incisivos entre 98 e 270 N (KUMBULOGLU; ÖZCAN; USER, 2008). Nos primeiros molares de pacientes portadores de prótese fixa, a força mastigatória é aproximadamente 40% da força exercida pelos pacientes com dentição natural, e pacientes do gênero feminino apresentam carga mastigatória, aproximadamente, 90 N menor que a aplicada pelos pacientes do gênero masculino (CRAIG;

POWERS, 2004). Assim, uma restauração deveria ser capaz de resistir a tensões de aproximadamente 500N na região de pré-molar e de 500 a 900N na região de molar (KUMBULOGLU; ÖZCAN; USER, 2008).

A resistência flexural de um material é uma combinação das resistências de compressão, tração e cisalhamento; à medida que as resistências compressivas e de tração aumentam, a força requerida para fraturar o material também aumenta (JOHN; GANGADHAR; SHAH, 2001).

O teste de resistência flexural é aplicado na comparação de resinas para confecção de próteses fixas provisórias e de bases de próteses, onde uma carga semelhante é aplicada durante a mastigação. Além da resistência do material, o teste determina a quantidade de distorção esperada (CRAIG; POWER, 2004)

Valores de resistência flexural obtidos em ensaios laboratoriais, sob carga estática, podem não refletir as condições encontradas na cavidade bucal, mas são úteis para comparar materiais para confecção de restaurações provisórias testados em uma situação controlada (HASELTON; DIAZ-ARNOLD; VARGAS, 2002).

Os resultados deste estudo evidenciaram diferenças significantes na resistência flexural entre marcas comerciais de resina acrílica; Dencor apresentou resistência flexural superior às resinas Trim Plus e Duralay, contudo a incorporação de fibras de vidro não alterou esta propriedade. Essa diferença entre as marcas comerciais pode estar relacionada à composição química, Dencor e Duralay são materiais à base de polimetilmetacrilato enquanto Trim Plus é à base de polietilmetacrilato, cujo componente principal é o etilmetacrilato, o qual se encontra no pó na forma de partículas pré-polimerizadas de polietilmetacrito. Esta resina possui propriedades mecânicas, estética e estabilidade de cor inferiores às resinas à base de polimetilmetacrilato.

Haselton; Diaz-Arnold; Vargas (2002) também salientaram em seu estudo que diferenças na resistência flexural de resinas para confecção de restaurações provisórias, podem ser parcialmente atribuídas a diferenças na composição química.

Geerts; Overturf; Oberholzer (2008) também observaram diferenças significantes entre as resinas à base de polimetilmetacrilato, com algumas marcas apresentando valores mais baixos que aquelas mais simples e com menor custo.

Apesar deste estudo ter empregado 10% em peso de fibras de vidro particuladas (0,12 µm), tratadas superficialmente com resina epóxica e silano, e não ter estudos na literatura para comparação, os resultados de resistência flexural estão de acordo com os estudos de Chen; Liang; Yen (2001); Fregonesi (1985); Gutteridge (1992) e Uzum; Hersek; Tinçer (1999); que

embora usando fibras com diferentes comprimento salientaram que não houve alteração dessa propriedade. Chen; Liang; Yen (2001) relataram que o uso de fibras de poliéster, vidro e aramida, mesmo em grande quantidade, não alteraram a resistência flexural.

Os estudos de Alander; Lassila; Vallittu (2005), Cokeliler et al.(2007), Hamza et al. (2004), John; Gangadhar; Shah (2001), Kanie et al.(2000), Vallittu (1995, 1998, 1999), Vallittu; Lassila; Lappalainen (1994), Obukuro; Takahasi; Shimizu (2008) , Stipho (1998) e Walker et al.(2006) relataram aumento da resistência flexural, enquanto os de Balkenhol et al. (2008), Dogan et al. (2008), Jagger et al. (2003) e Tacir et al. (2006) demonstraram diminuição.

Segundo Dogan et al.(2008) os menores valores de resistência flexural do grupo de resina reforçada com fibras em relação ao grupo sem fibras é devido ao uso de fibras não tratadas, que pode levar a uma fraca união com a resina. Eisenburger et al.(2008) salientaram que a posição das fibras no interior do pôntico parece ser mais importante que a união das mesmas ao polímero.

Quanto mais finas as fibras maior a probabilidade de melhora na resistência (CZIGÁNY, NÉMETH, ELINGER,2001). A vantagem de fibras particuladas é a presença das mesmas em todo corpo da restauração provisória, propiciando estabilização contra cargas oclusais, além de ser de fácil aplicação e manuseio, podendo ser empregadas tanto na técnica direta quanto na direta-indireta para confecção da prótese parcial fixa provisória.

No emprego de fibras convencionais, a posição correta da fibra é de extrema importância para o efeito de reforço, pois apenas as fibras localizadas em áreas de tensão da restauração são capazes de resistir às cargas. Apesar da posição das fibras ser primordial, a adesão química entre as mesmas e a matriz do polímero também pode influenciar na capacidade de resistir às cargas (EISENBURGER et al., 2008)

Os tratamentos mais empregados nas superfícies das fibras de vidro são silano e plasma, os quais condicionam as fibras para que se unam mecanicamente à matriz da resina. O tratamento das fibras pode aumentar sua energia superficial devido à modificação química da camada externa. Fibras sem tratamento agem como corpos incluídos na resina acrílica, enfraquecendo-a, pois as fibras podem romper a matriz homogênea.O aumento nas resistências mecânica e de propagação da fenda promovido pelos agentes de tratamento pode ser atribuído à união química, entrelaçamento mecânico da resina à fibra, ou ambos (KEYF; UZUN; MUTLU,2003). Segundo Okuburo; Takahashi; Shimizu (2008) a explicação para aumento das propriedades mecânicas de resinas após a incorporação de fibras é a

transferência das tensões da fraca matriz do polímero para as fibras que apresentam uma elevada resistência.

A eficácia de fibras de reforço depende de muitos fatores incluindo as resina usadas, a quantidade de fibras na matriz da resina, comprimento, forma e orientação das fibras, adesão das fibras na matriz do polímero e grau de impregnação das fibras com resina. Para as fibras agirem como um reforço eficaz para o polímero, a transferência de tensões da matriz do polímero para as fibras é essencial. O efeito de reforço com partículas de fibras é baseado na transferência de tensões da matriz do polímero para as fibras, via forças de cisalhamento, e na função individual das fibras como bloqueadores de microfraturas. Isso sugere a possibilidade de um melhor desempenho de resinas reforçadas com fibras de vidro com partículas menores, em áreas de aplicação de elevadas tensões (GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008)

Quando dois ou mais materiais são combinados, o produto é um material composto (compósito), com propriedades diferentes dos materiais que foram combinados. Algumas propriedades, particularmente resistência, podem ser significativamente melhoradas quando comparadas aos valores dos componentes do material compósito. O principal objetivo das fibras em compósitos é o aumento da resistência e rigidez. A matriz protege as fibras e mantém sua posição que fornece as melhores propriedades para o material. A união entre esses dois materiais ocupa um importante papel na transmissão de carga da matriz para a fibra do material, se as fibras de reforço não estiverem unidas firmemente com a matriz, somente pequena quantidade de carga pode ser transferida às mesmas. Impregnação inadequada das fibras com o polímero base promove resistência diminuída do compósito recém formado, enquanto a falta de monômero adsorvido na superfície da fibra, antes da polimerização, provoca aprisionamento de ar no compósito, enfraquecendo-o (LONČAR, VOJVODIĆ, KOMAR, 2006). Ocorre também aumentada sorção de água levando a um efeito deletério de hidrólise, e conseqüentemente redução das propriedades mecânicas das resinas reforçadas, pois superfícies com mais porosidade e bolhas, absorvem mais água e levam a maior redução na resistência flexural e módulo de elasticidade. Por isso, resinas reforçadas geralmente absorvem mais água que polímeros sem fibras, principalmente em temperaturas elevadas, quando a separação das fibras da matriz do polímero é mais significativa e estimula sorção de água localizada. Além da adesão das fibras, sua quantidade e comportamento na matriz do polímero também têm efeito nas propriedades mecânicas do compósito fibra/polímero (LONCAR et al., 2008).

Pfeiffer e Grube (2003) constataram que próteses parciais fixas com pânticos de diferentes tamanhos (12,19 e 30mm), reforçadas com fibras impregnadas, apresentaram maior

resistência à fratura que restaurações com fibras não impregnadas e aquelas confeccionadas com polimetimetacrilato convencional.

O módulo de elasticidade é uma constante que relaciona tensão e deformação na região elástica linear e é a medida da rigidez do material em relação à transferência de tensão (DOGAN et al., 2008). Quanto menor a deformação para uma determinada tensão, maior o valor do módulo de elasticidade. Os materiais utilizados para confecção de restaurações provisórias devem apresentar módulo de elasticidade elevado, pois a falta de rigidez acarreta flexão da estrutura do polímero causando fratura do material (ANUSAVICE, 1999). O módulo de elasticidade das fibras deveria ser maior que o da matriz, porque quanto mais elevado o módulo de elasticidade das fibras mais tensões são absorvidas pelas mesmas, sem deformação (JAGGER et al., 2003).

A contração de polimerização das resinas para confecção de próteses provisórias pode provocar o aparecimento de fendas entre as restaurações e a margem cervical do elemento dental preparado. Para reduzir a contração de polimerização, os componentes dos polímeros têm sido modificados, usando componentes com maior rigidez, ou seja, com maior módulo de elasticidade (GAROUSHI; VALLITTU; LASSILA, 2008).

A incorporação de fibras de vidro aumentou o módulo de elasticidade de todas as resinas avaliadas. A resina Duralay apresentou o aumento mais acentuado, era a resina com menor módulo de elasticidade e após a adição de fibras apresentou o mais elevado módulo. A resina Trim Plus, à base de polietilmetacrilato, apresentou a menor alteração após a incorporação de fibras. Resinas à base de polietilmetacrilato apresentam módulo de elasticidade e resistência à fratura menores que os da resina à base de polimetilmetacrilato.

O aumento dos módulos de elasticidade encontrados nas resinas acrílicas reforçadas com fibras de vidro estão de acordo aos resultados obtidos por Vallittu (1995, 1999), Vallittu; Lassila; Lappalainen (1994), enquanto Uzum; Herzek; Tinçer (1999) não encontraram efeito relevante nesta propriedade.

O módulo de elasticidade das fibras de vidro é elevado, assim absorvem mais tensões sem deformação (TACIR et al., 2006)

Módulo de elasticidade elevado aumenta a rigidez e minimiza a flexão das próteses, pois durante a flexão ocorrem distorções na região cervical das restaurações protéticas, pois nessa área, onde a espessura do material é menor, se concentram as tensões.

Fraturas de restaurações provisórias ocorrem principalmente durante a mastigação, Essas próteses, durante a função, estão sujeitas às forças de compressão, cisalhamento e tração, sendo a fadiga da resina, uma das causas mais comuns para fratura, pois contínua

flexão da prótese pode levar ao desenvolvimento de trincas (JOHN; GANGADHAR; SHAH, 2001).

Falha por fadiga é devido a repetidas cargas oclusais que causam tensões em algumas regiões da restauração e após um período de tempo de uso, a prótese fratura. Esse tipo de falha pode ocorrer mesmo quando a resistência estática do material for suficiente para suportar as cargas oclusais (TACIR et al., 2006).

Os corpos-de-prova reforçados com fibras de vidro particuladas e silanizadas necessitaram de maior carga para romperem quando comparados aos corpos-de-prova sem incorporação de fibras. Dentre as marcas comerciais de resina, Dencor e Trim Plus apresentaram os maiores valores de carga de ruptura, contudo a resina Duralay foi a que apresentou aumento mais acentuado de carga de ruptura após a incorporação de fibras enquanto a resina Trim Plus mostrou pequeno aumento.

O menor aumento dos valores de módulo de elasticidade e carga de ruptura de resinas à base de polietilmetacrilato após a incorporação de fibra pode ser devido ao molhamento deficiente das mesmas, não havendo união uniforme com a matriz e/ou maior quantidade de monômero residual. Em resina acrílica autopolimerizável há uma quantidade de monômero que não é convertido em polímero, que agirá como plastificador, alterando as propriedades mecânicas.

Os estudos de Dogan et al.(2007), Dyer et al.(2005), Koustoulas et al.(2008), Minani et al.(2005) e Vallittu (1998) apresentaram aumento da força de ruptura após a inserção de fibras em resinas acrílicas, enquanto os de Chen; Lang; Jen (2001), Jagger et al.(2003) e Kanie et al.(2000) evidenciaram aumento da resistência ao impacto e os de Franklin; Wood; Bubb (2005), Geerts; Overturf; Oberholzer (2008), Pfeiffer e Grube (2006), Tacir et al.(2006) e Vallittu, Lassila, Lappalailen (1994) mostraram aumento da resistência à fratura.

Além das forças axiais, forças laterais e cargas de fadiga atuam nas restaurações provisórias, podendo ter um efeito adicional nas propriedades mecânicas de próteses parciais fixas. Processos de envelhecimento, como alternância térmica, tensões mecânicas e uso, enfraquecem as próteses (PFEIFFER; GRUBE, 2003). A incorporação de fibras de vidro pode amenizar esses inconvenientes, proporcionando restaurações provisórias com melhores propriedades.

Investigações futuras são necessárias para avaliar a liberação de monômero residual das resinas submetidas a reforço com fibras de vidro bem como a absorção de água e a resistência à alteração de cor quando expostas a substâncias corantes.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

1. Todos os componentes de cor (L^* , a^* e b^*) foram alterados após a incorporação de fibras de vidro particuladas e silanizadas nas diferentes marcas comerciais de resina, com exceção do componente b^* da resina Duralay;
 - 1.1 Houve diminuição dos componentes L^* , a^* e b^* , indicando redução da transmissão de luz e aumento da saturação de vermelho e amarelo, respectivamente.
2. A incorporação de fibras de vidro particuladas não alterou a resistência flexural das resinas avaliadas.
3. As resinas reforçadas com fibras evidenciaram aumento significativo nos valores de módulo de elasticidade.
 - 3.1 A resina Duralay foi a que apresentou o maior aumento nesta propriedade, enquanto a Trim Plus II apresentou o menor.
4. Resinas acrílicas com reforço apresentaram valores mais elevados de carga de ruptura em relação às sem reforço.
 - 4.1 As resina Dencor e Trim Plus II mostraram os maiores valores de carga de ruptura.
 - 4.2 A resina Duralay com fibras apresentou o maior aumento na carga de ruptura quando comparada com Dencor e Trim Plus II.

8 Referências

8 REFERÊNCIAS

1. ALANDER, P.; LASSILA, L.V.; VALLITTU, P.K. The span length and cross-sectional design affect values of strength. **Dent Mater**, v. 21, n. 4, p. 347-53, apr. 2005.
2. ANUSAVICE, K.J. Chemistry of synthetic resins. **Phillips' Science of Dental Materials**, vol 1 (ed 10). Philadelphia, PA, Saunders, 1999b, pp 211-236.
3. ANUSAVICE, K.J. Mechanical properties of dental materials. **Phillips' Science of Dental Materials**, vol 1 (ed 10). Philadelphia, PA, Saunders, 1999a, pp 49-74.
4. BALKENHOL, M.; MAUTNER, M.C.; FERGER, P.; WÖSTMANN, B. Mechanical properties of provisional crown and bridge materials: Chemical-curing versus dual-curing systems. **J Dent**, v. 36, n. 1, p. 15-20, jan. 2008.
5. BURNS, D.R.; BECK, D.A.; NELSON, S.K. 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.**, v. 90, n. 5, p. 474-97, nov.2003.
6. CHEN, S.Y.; LIANG, W.M.; YEN, P.S. Reinforcement of acrylic denture base resin by incorporation of various fibers. **J Biomed Mater Res**, v. 58, n. 2, p. 203-208. feb. 2001.
7. CHRISTENSEN, G. J. Bleaching teeth--which way is best?, **Journal of Esthetic Restorative Dentistry**. v.15, n. 3, p. 137-139, 2003.
8. CÖKELILER, D.; ERKUT, S.; ZEMEK, J.; BIEDERMAN, H.; MUTLU, M. Modification of glass fibers to improve reinforcement: a plasma polymerization technique. **Dent Mater**, v. 23, n. 3, p. 335-42, mar. 2007.
9. CRAIG, R.G.; POWERS, J.M. **Materiais Dentários Restauradores**. 11^a. Ed., Santos, São Paulo. 2004. p 704.
10. DAGAR, S.R.; PAKHAN, A.J.; THOMBARE, R.U.; MOTWANI, B.K. The evaluation of flexural strength and impact strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture base resin reinforced with glass and nylon fibers: An in vitro study. **J Ind Prosthodontic Society**, v. 8, n. 2, jun. 2008.
11. DOĞAN, O.M.; BOLAYIR, G.; KESKIN, S.; DOĞAN, A.; BEK, B. The evaluation of some flexural properties of a denture base resin reinforced with various aesthetic fibers. **J Mater Sci Mater Med**, v. 19, n. 6, p. 2343-2349, jun. 2008.

12. DOĞAN, O.M.; BOLAYIR, G.; KESKIN, S.; DOĞAN, A.; BEK, B.; BOZTUĞ, A. The effect of esthetic fibers on impact resistance of a conventional heat-cured denture base resin. **Dent Mater J**, v. 26, n. 2, p. 232-9, mar. 2007.
13. DYER, S.R.; SORENSEN, J.A.; LASSILA, L.V.; VALLITTU, P.K. Damage mechanics and load failure of fiber-reinforced composite fixed partial dentures. **Dent Mater**, v. 21, n. 12, p. 1104-10, dec. 2005.
14. EISENBURGER, M.; RIECHERS, J.; BORCHERS, L.; STIESCH-SCHOLZ, M. Load-bearing capacity of direct four unit provisional composite bridges with fibre reinforcement. **J Oral Rehabil**, v. 35, n. 5, p. 375-381, may. 2008.
15. FOO, S.H.; LINDQUIST, T.J.; AQUILINO, S.A.; SCHNEIDER, R.L.; WILLIAMSON, D.L.; BOYER, D.B. Effect of Polyaramid Fiber Reinforcement on the Strength of 3 Denture Base Polymethyl Methacrylate Resins. **J Prosthodont**, v. 10, n. 3, p. 148-153, sep. 2001.
16. FRANKLIN, P.; WOOD, D.J.; BUBB, N.L. Reinforcement of poly (methyl methacrylate) denture base with glass flake. **Dent Mater**, v. 21, n. 4, p. 365-70, apr. 2005.
17. FREGONESI, L.A. **Medidas de resistência e deformação de resina acrílica reforçada com fibras de vidro picadas e moídas** [Dissertação de Mestrado]. Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da USP; 1985.
18. FREGONESI, L.A.; CAMPOS G.M.; PANZERI, H. Medidas de resistência e deformação de resina acrílica reforçada com fibras de vidro picadas e moídas: parte 1 – tensão e ruptura. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 4, n. 1, p. 5-10, 1990.
19. FREGONESI, L.A.; CAMPOS G.M.; PANZERI, H. Medidas de resistência e deformação de resina acrílica reforçada com fibras de vidro picadas e moídas: parte II: alongamento de ruptura. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 4, n. 1, p. 55-8, 1990.
20. FREGONESI, L.A.; CAMPOS G.M.; PANZERI, H. Medidas de resistência e deformação de resina acrílica reforçada com fibras de vidro picadas e moídas: parte III: módulo de elasticidade. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 4, n. 2, p. 83-6, 1990.
21. GALINDO, D.; SOLTYS, J.L.; GRASER, G.N. Long-terms reinforced fixed provisional restorations. **J Prosthet Dent**, v. 79, n. 6, p. 698-701, jun. 1998.

22. GANZAROLLI, S.M.; DE MELLO, J.A.; SHINKAI, R.S.; DEL BEL CURY, A.A. Internal adaptation and some physical properties of methacrylate-based denture base resins polymerized by different techniques. **J Biomed Mater Res B Appl Biomater**, v. 82, n. 1, p. 169-73, jul. 2007.
23. GAROUSHI, S.; VALLITTU, P. Fiber-reinforced composites in fixed partial dentures. **Libyan Journal of Medicine**, v. 1, n. 1, p. 76-82, sep. 2006.
24. GAROUSHI, S.; VALLITTU, P.K.; LASSILA, L.V.J. Short glass fiber-reinforced composite with a semi-interpenetrating polymer network matrix for temporary crowns and bridges. **J Contemp Dent Pract**, v. 9, n.1, p. 14-21, jan. 2008.
25. GEERTS, G.A.V.M.; OVERTURF, J.H.; OBERHOLZER, T.G. The effect of different reinforcements on the fracture toughness of materials for interim restorations. **J Prosthet Dent**, v. 99, n. 6, p. 461-467, jun. 2008.
26. GIVENS, E.J.Jr.; NEIVA, G.; YAMAN, P.; DENNISON, J.B. Marginal adaptation and color stability of four provisional materials. **Journal of Prosthodontics**, v. 17, n. 2, p. 97-101, feb. 2008.
27. GÖHRING, T.N, MÖRMANN WH, LUTZ F. Clinical and scanning electron microscopic evaluation of fiber-reinforced inlay fixed partial dentures: preliminary results after one year. **J Prosthet Dent**, v. 82, n. 6, p. 662-8, dec. 1999.
28. GULER, A.G.; KURT, S.; KULUNK, T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. **J Prosthet Dent**, v. 93, n. 5, p. 453-458, may. 2005.
29. GULER, A.U.; YILMAZ, F.; KULUNK, T.; GULER, E.; KURT, S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. **J Prosthet Dent**, v. 94, n. 2, p.118-124, aug. 2005.
30. GUTTERIDGE, D.L. Reinforcement of poly(methyl methacrylate) with ultra-high-modulus polyethylene fibre. **J Dent**, v. 20, n. 1, p. 50-54, feb. 1992.
31. HAMZA, T.A.; ROSENSTIEL, S.F.; ELHOSARY, M.M.; IBRAHEEM, R.M. The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness and flexural strength of provisional restorative resins. **J Prosthet Dent**, v. 91, n. 3, p. 258-264, mar. 2004.

32. HASELTON, D.R.; DIAZ-ARNOLD, A.M.; DAWSON, D.V. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. **J Prosthet Dent**, v. 93, n. 1, p. 70-75, jan. 2005.
33. HASELTON, D.R.; DIAZ-ARNOLD, A.M.; DAWSON, D.V. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. **J Prosthet Dent**, v. 93, n. 1, p. 70-75, jan. 2005.
34. HASELTON, D.R.; DIAZ-ARNOLD, A.M.; VARGAS, M.A. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. **J Prosthet Dent**, v. 87, n. 2, p. 225-228, feb. 2002.
35. International organization for standardization. Dentistry – polymer-based crown and bridge materials. n° 10477: 1992/Amd. 1:1998. Geneve, Switzerland, 1999.
36. IRELAND, M.F.; DIXON, D.L.; BREEDING, L.C.; RAMP, M.H. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restorations. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 80, n. 2, p. 158-62, aug. 1998.
37. LONČAR, A.; VOJVODIĆ, D.; JEROLIMOV, V.; KOMAR, D.; ŽABAROVIĆ, D. Fibre reinforced Polymers part II: effect on mechanical properties. **Acta Stomatol Croat**. V. 42, n. 1, p. 49-63, jan.2008.
38. JAGGER, D.; HARRISON, A.; JAGGER, R.; MILWARD, P. The effect of the addition of poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of high strength heat-cured acrylic resin denture base material. **J Oral Rehabil**, v. 30, n. 3, p. 231-5, mar. 2003.
39. JAGGER, D.; HARRISON, A.; VOWLES, R.; JAGGER, R. The effect of the addition of surface treated chopped and continuous poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of acrylic resin. **J Oral Rehabil**, v. 28, n. 9, p. 865-72, sep. 2001.
40. JAGGER, D.C.; JAGGER, R.G.; ALLEN, S.M.; HARRISON, A. An investigation into the transverse and impact strength of high strength denture base acrylic resins. **J Oral Rehabil**, v. 29, n. 3, p. 263-267, mar. 2002.
41. JOHN, J.; GANGADHAR, S.A.; SHAH, I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. **J Prosthet Dent**, v. 86, n. 4, p. 424-427, oct. 2001.

42. JOKSTAD, A.; GOKÇE, M.; HJORSJO, C. A systematic review of the scientific documentation of fixed partial dentures made from fiber-reinforced polymer to replace missing teeth. **Int J Prosthodont**, v. 18, n. 6, p. 489-96, nov./dec. 2005.
43. KANIE, T.; FUJII, K.; ARIKAWA, H.; INOUE, K. Flexural properties and impact strength of denture base polymer reinforced with woven glass fibers. **Dent Mater**, v. 16, n. 2, p. 150-8, mar. 2000.
44. KARAAGACLIOGLU, L.; CAN, G.; YILMAZ, B.; AYHAN, N.; SEMIZ, O.; LEVENT, H. The adherence of *Candida albicans* to acrylic resin reinforced with different fibers. **J Mater Sci Mater Med**, v. 19, n. 2, p. 959-963, feb. 2008.
45. KEYF, F.; UZUN, G.; MUTLU, M. The effects of HEMA-monomer and air atmosphere treatment of glass fibre on the transverse strength of a provisional fixed partial denture resin. **J Oral Rehabil**, v. 30, n. 11, p. 1142-1148, nov. 2003.
46. KIM, S.H.; WATTS, D.C. Polymerization shrinkage-strain kinetics of temporary crown and bridge materials. **Dent Mater**, v. 20, n. 1, p. 88-95, jan. 2004.
47. KOSTOULAS, I.; KAVOURA, V.T.; FRANGO, M.J.; POLYZOIS, G.L. Fracture force, deflection, and toughness of acrylic denture repairs involving glass fiber reinforcement. **J Prosthodont**, v. 17, n. 4, p. 257-61, jun. 2008.
48. KOUMJIAN, J.H.; NIMMO, A. Evaluation of fracture resistance of resins used for provisional restorations. **J Prosthet Dent**, v. 64, n. 6, p. 654-7, Dec. 1990.
49. KUMBULOGLU, O.; ÖZCAN, M.; USER, A. Fracture strength of direct surface-retained fixed partial dentures: effect of fiber reinforcement versus the use of particulate filler composites only. **Dent Mater J**, v. 27, n. 2, p. 195-202, mar. 2008.
50. MICHALAKIS, K.; PISSIOTIS, A.; HIRAYAMA, H.; KANG, K.; KAFANTARIS, N. Comparison of temperature increase in the pulp chamber during the polymerization of materials used for the direct fabrication of provisional restorations. **J Prosthet Dent**, v. 96, n. 6, p. 418-23, dec. 2006.
51. MINAMI, H.; SUZUKI, S.; KURASHIGE, H.; MINESAKI, Y.; TANAKA, T. Flexural strengths of denture base resin repaired with autopolymerizing resin and reinforcements after thermocycle stressing. **J Prosthodont**, v. 14, n. 1, p. 12-8, mar. 2005.
52. O'BRIEN, W. **Dental materials and their selection**, 2th .ed., Quintessence Pubh.,1996.

-
53. OBUKURO, M.; TAKAHASHI, Y.; SHIMIZU, H. Effect of Diameter of Glass Fibers on Flexural Properties of Fiber-reinforced Composites. **Dent Mater J**, v. 27, n. 4, p. 541-548, jul. 2008.
 54. PFEIFFER, P.; GRUBE, L. Effect of pontic height on the fracture strength of reinforced interim fixed partial dentures. **Dent Mater**, v. 22, n. 12, p. 1093-7, dec. 2006.
 55. PFEIFFER, P.; GRUBE, L. In vitro resistance of reinforced interim fixed partial dentures. **J Prosthet Dent**, v. 89, n. 2, p. 170-4, feb. 2003.
 56. SAMADZADEH, A.; KUGEL, G.; HURLEY, E.; ABOUSHALA, A. Fracture strengths of provisional restorations reinforced with plasma-treated woven polyethylene fiber. **J Prosthet Dent**, v. 78, n. 5, p. 447-50, nov. 1997.
 57. SAMPATH, S.; RAMACHANDRA, G.S. Effects of glass fibers on light transmittance and color of fiber-reinforced composite. **Dent Mater**, v. 24, n. 1, p. 34-8, jan. 2008.
 58. SCHERRER, S.S.; ANSELM H. W. WISKOTT, A.H.W.; COTO-HUNZIKER, V.; BELSER, U.C. Monotonic flexure and fatigue strength of composites for Provisional and definitive restorations. **J Prosthet Dent** 2003;89: 579-88
 59. SHAM, A.S.; CHU, F.C.; CHAI, J.; CHOW, T.W. Color stability of provisional prosthodontic materials. **J Prosthet Dent**, v. 91, n. 5, p. 447-452, may. 2004.
 60. STIPHO, H.D. Repair of acrylic resin denture base reinforced with glass fiber. **J Prosthet Dent** v. 80, n. 5, p. 546-50, nov. 1998.
 61. STIPHO, H.D.; TALIC, Y.F. Repair of denture base resins with visible light-polymerized reline material: effect on tensile and shear bond strengths. **J Prosthet Dent**, v. 86, n. 2, p. 143-8, aug. 2001.
 62. TACIR, I.H.; KAMA, J.D.; ZORTUK, M.; ESKIMEZ, S. Flexural properties of glass fibre reinforced acrylic resin polymers. **Aust Dent J**, v. 51, n. 1, p. 52-56, mar. 2006.
 63. UZUN, G. The effect of fiber reinforcement type and water storage on strength properties of a provisional fixed partial denture resin. **J Biomater Appl**, v. 17, n. 4, p. 277-286, 2003.
 64. UZUN, G.; HERSEK, N.; TINÇER T: Effect of five woven fiber reinforcements on the impact and transverse strength of a denture base resin. **J Prosthet Dent**, v. 81, n. 5, p. 616-620, may. 1999.

-
65. UZUN, G.; KEYF, F. The effect of woven, chopped and longitudinal glass fibers reinforcement on the transverse strength of a repair resin. **J Biomater Appl**, v. 15, n. 4, p. 351-8, apr. 2001.
 66. VALLITTU, P.K. Acrylic resin-fiber composite – part II: the effect of polymerization shrinkage of polymethyl methacrylate applied to fiber roving on transverse strength. **J Prosthet Dent**, v. 71, n. 6, p. 613-7, jun. 1994.
 67. VALLITTU, P.K. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers. **J Prosthet Dent**, v. 81, n. 3, p. 318-26, mar. 1999.
 68. VALLITTU, P.K. The effect of glass fiber reinforcement on the fracture resistance of a provisional fixed partial denture. **J Prosthet Dent**, v.79, n.2, p. 125-30, Feb. 1998.
 69. VALLITTU, P.K. The effect of void space and polymerization time on transverse strength of acrylic-glass fibre composite. **J Oral Rehabil**, v. 22, n. 4, p. 257-61, apr. 1995.
 70. VALLITTU, P.K.; LASSILA, V.P.; LAPPALAINEN, R. Transverse strength and fatigue of denture acrylic-glass fiber composite. **Dent Mater**, v. 10, n. 2, p. 116-121, mar. 1994.
 71. VALLITTU, P.K.; NARVA, K. Impact strength of a modified continuous glass fiber – poly (methyl methacrylate). **Int J Prosthodont**, v. 10, n. 2, p. 142-8, mar./apr. 1997.
 72. VALLITTU, P.K.; RUYTER, I.E.; EKSTRAND, K. Effect of water storage on the flexural properties of E-glass and silica fiber acrylic resin composite. **Int J Prosthodont**, v. 11, n.4, p. 340-50, aug. 1998.
 73. WALKER, M.P.; HAJ-ALI, R.; WANG, Y.; HUNZIKER, D.; WILLIAMS, KB. Influence of environmental conditions on dental composite flexural properties. **Dent Mater**, v. 22, n. 11, p. 1002-7, nov. 2006.
 74. WANG, H.Y.; LU, Y.C.; SHIAU, Y.Y.; TSOU, D. Vertical distortion in distal extension ridges and palatal area of casts made by different techniques. **J Prosthet Dent**, v. 73, n. 3, p. 302-8, mar. 1996.

Apêndices

APÊNDICE A

ALTERAÇÃO DE COR

Tabela 1 - Valores dos componentes de cor.

Resinas	Sem fibras			Com fibras		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Duralay	74,21	4,27	13,78	71,05	2,61	13,92
	74,27	1,41	15,98	70,48	2,88	14,53
	73,67	1,24	15,91	70,65	2,58	15,25
	73,3	3,15	13,91	70,94	2,09	14,46
	74,46	3,03	15,41	70,32	2,38	14,22
	73,67	4,82	13,44	70,32	2,66	13,7
	73,28	3,84	14,82	70,37	2,01	15,09
	73,53	4,23	14,96	70,85	1,93	15,21
	73,4	0,19	16,91	70,91	3,1	15,05
	73,45	3,75	14,56	70,85	2,41	14,53
	73,7	4,48	13,85	71,22	2,45	14,55
	73,45	2,28	15,91	71,17	2,87	14,05
	73,11	1,19	16,96	71,97	2,47	13,87
	73,05	4,89	12,14	70,84	2,35	14,85
	72,96	3,53	13,2	70,78	2,96	13,93
	73,62	4,28	13,81	70,95	2,09	14,61
	73,67	2,66	16,02	70,53	1,84	14,49
	73,02	2,37	16,15	71,13	2,46	13,83
	73,47	3,82	15,67	70,72	2,74	13,75
Média	73,541(±0,42)	3,127(±1,37)	14,915(±1,34)	70,84(±0,39)	2,47(±0,36)	14,42(±0,51)
Trim Plus II	72,58	3,48	18,18	70,18	2,46	16,56
	73,25	3,74	16,97	70,77	3,19	15,19
	73,12	3,66	17,51	70,36	2,71	16,7
	73,01	3,45	17,33	70,69	2,34	16,56
	73,26	3,7	16,82	70,3	2,64	16,49
	72,72	3,51	17,29	70,8	2,9	15,8
	73,16	3,64	17,49	71,06	2,57	15,57
	73,86	3,59	16,96	69,83	2,93	16,03
	73,6	2,98	17,67	69,99	3,04	16,66
	72,58	3,95	17,03	70,2	2,55	15,79
	72,44	3,94	17,06	69,78	3,22	15,96
	72,42	3,8	17,7	70,81	2,28	16,57
	72,58	3,74	17,62	70,14	2,8	15,81
	72,88	3,47	17,51	70,51	2,33	15,57
	72,79	4,21	16,87	70,87	2,85	15,62
	73,62	3,13	17,34	69,85	2,57	15,92
	73,22	3,9	16,72	70,02	3	15,9
	72,32	3,63	18,03	70,05	3,16	16,15
	72,73	3,63	17,08	71,21	2,35	15,73
	72,23	3,78	17,21	70,5	2,79	15,6
Média	72,92(±0,46)	3,65(±0,28)	17,32(±0,40)	70,40(±0,43)	2,73(±0,30)	16,01(±0,44)

Dencor	69,83	4,86	18,73	63,85	3,47	17,4
	69,27	4,65	18,33	64,32	3,36	18,35
	68	5,18	17,42	63,31	3,83	16,54
	69,24	4,35	18,28	63,89	4,01	17,8
	68,3	4,93	18,93	63,75	3,63	16,95
	69,03	4,56	18,37	63,97	3,5	17,31
	69,84	4,2	18,64	63,79	2,96	17,94
	69,1	4,55	19,12	64,21	3,84	16,99
	69,41	4,6	18,88	63,46	3,6	16,96
	68,4	5,03	18,78	64,02	3,29	17,4
	69,47	4,49	18,33	63,91	3,56	17,33
	68,17	4,78	19,16	64,12	3,06	17,68
	69,15	4,05	18,56	63,97	2,61	17,85
	69,08	4,75	17,49	63,31	3,95	17,11
	68,01	4,89	17,66	63,12	3,62	16,94
	69,24	4,56	18,17	64,39	2,85	17,52
	68,43	3,73	20,02	64,29	3,7	17,46
	69,29	4,64	18,6	64,16	3,87	17,01
	69,59	5,07	17,77	64,34	3,13	17,58
	68,23	4,15	18,84	63,93	2,25	17,62
Média	68,95(±0,60)	4,60(±0,37)	18,50(±0,62)	63,90(±0,36)	3,40(±0,47)	17,40(±0,43)

Tabela 2- Valores dos fatores de cor.

Resinas	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
Duralay	-3,16	-1,66	0,14	3,57
	-3,79	1,47	-1,45	4,32
	-3,02	1,34	-0,66	3,37
	-2,36	-1,06	0,55	2,64
	-4,14	-0,65	-1,19	4,36
	-3,35	-2,16	0,26	3,99
	-2,91	-1,83	0,27	3,45
	-2,68	-2,30	0,25	3,54
	-2,49	2,91	-1,86	4,26
	-2,60	-1,34	-0,03	2,93
	-2,48	-2,03	0,70	3,28
	-2,28	0,59	-1,86	3,00
	-1,14	1,28	-3,09	3,53
	-2,21	-2,54	2,71	4,32
	-2,18	-0,57	0,73	2,37
	-2,67	-2,19	0,80	3,54
	-3,14	-0,82	-1,53	3,59
	-1,89	0,09	-2,32	2,99
	-2,18	-0,01	-1,15	2,46
	-2,75	-1,08	-1,92	3,52
Trim Plus II	-2,40	-1,02	-1,62	3,07
	-2,48	-0,55	-1,78	3,10
	-2,76	-0,95	-0,81	3,03
	-2,32	-1,11	-0,77	2,68
	-2,96	-1,06	-0,33	3,16
	-1,92	-0,61	-1,49	2,51
	-2,10	-1,07	-1,92	3,04

Trim Plus II	-4,03	-0,66	-0,93	4,19
	-3,61	0,06	-1,01	3,75
	-2,38	-1,40	-1,24	3,03
	-2,66	-0,72	-1,10	2,97
	-1,61	-1,52	-1,13	2,49
	-2,44	-0,94	-1,81	3,18
	-2,37	-1,14	-1,94	3,27
	-1,92	-1,36	-1,25	2,66
	-3,77	-0,56	-1,42	4,07
	-3,20	-0,90	-0,82	3,42
	-2,27	-0,47	-1,88	2,98
	-1,52	-1,28	-1,35	2,40
	-1,73	-0,99	-1,61	2,56
Dencor	-5,98	-1,39	-1,33	6,28
	-4,95	-1,29	0,02	5,12
	-4,69	-1,35	-0,88	4,96
	-5,35	-0,34	-0,48	5,38
	-4,55	-1,30	-1,98	5,13
	-5,06	-1,06	-1,06	5,28
	-6,05	-1,24	-0,70	6,22
	-4,89	-0,71	-2,13	5,38
	-5,95	-1,00	-1,92	6,33
	-4,38	-1,74	-1,38	4,91
	-5,56	-0,93	-1,00	5,73
	-4,05	-1,72	-1,48	4,64
	-5,18	-1,44	-0,71	5,42
	-5,77	-0,80	-0,38	5,84
	-4,89	-1,27	-0,72	5,10
	-4,85	-1,71	-0,65	5,18
	-4,14	-0,03	-2,56	4,87
	-5,13	-0,77	-1,59	5,43
	-5,25	-1,94	-0,19	5,60
	-4,30	-1,90	-1,22	4,86

A1 Avaliação dos fatores de cor

A1.1 Avaliação do fator ΔE

A amostra era não normal, foi empregado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabela 3)

Tabela 3- Teste de Kruskal-Wallis.

Valor(H) de Kruskal-Wallis calculado	41,2426
Valor de χ^2 para 2 graus de liberdade	41,24
Probabilidade de H_0 para esse valor	0,0001%
Significante ao nível de 1%	

Tabela 4- Resultado do teste de Kruskal-Wallis.

Comparação	Diferença entre		Valores críticos		
	médias	0,05	0,01	0,001	Significância
Dencor x Duralay	26,2000	6,1743	8,2193	10,7069	0,1%*
Dencor x Trim Plus	33,800	6,1743	8,2193	10,7069	0,1%*
Duralay x Trim Plus	7,600	6,1743	8,2193	10,7069	5%**

* significante ao nível de 1%, ** significante ao nível de 5%.

A1.2 Avaliação do fator ΔL^*

Como a amostra era normal (15,76%) foi aplicado o teste análise de Variância (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultado Análise de Variância do fator ΔL^* .

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	Quadrados médios	(F)	Prob (H_0) %
Entre resinas	80,3682	2	40,1841	92,75	0,0001*
Resíduo	24,6944	57	0,4332		
Variação total	105,0626	59			

*significante ao nível de 1%.

Tabela 6 - Resultado do teste de Tukey, médias e desvios-padrões do fator Resinas.

Resinas	Médias (desvio padrão)	Tukey
Dencor	-5,049 ($\pm 0,603$) a	
Duralay	-2,671 ($\pm 0,668$) b	0,5019
Trim Plus	-2,522 ($\pm 0,698$)b	

Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes

A1.3 Avaliação do fator Δa^*

A amostra era não normal, foi empregado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabela 7).

Tabela 7-Teste de Kruskal-Wallis.

Valor(H) de Kruskal-Wallis calculado	2,8187
Valor de χ^2 para 2 graus de liberdade	2,82
Probabilidade de H_0 para esse valor	24,43%
Não significativa	

Tabela 8 - Resultado de teste de Kruskal-Wallis.

Comparação	Diferença entre médias	Valores críticos			Significância
		0,05	0,01	0,001	
Dencor x Duralay	6,700	10,982	14,620	19,044	ns
Dencor x Trim Plus	8,900	10,982	14,620	19,044	ns
Duralay x Trim Plus	2,200	10,982	14,620	19,044	ns

ns = não significativa

A1.4 Avaliação do fator Δb^*

Como a amostra era normal (12,52%) foi aplicado o teste análise de Variância (Tabela 9).

Tabela 9 - Resultado Análise de Variância do fator Δb^* .

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	GL	Quadrados médios	(F)	Prob (H_0)%
Entre resinas	6,2929	2	3,1465	3,62	3,21**
Resíduo	49,5261	57	0,8689		
Variação total	55,8191	59			

**significante ao nível de 5%.

Tabela 10 - Resultados Testes de Tukey e Scheffé, médias e desvios-padrões.

Resinas	Médias (desvio padrão)	Tukey
Dencor	-1,1170 ($\pm 0,68$) a	
Duralay	-0,5475 ($\pm 1,39$) b	0,7099
Trim Plus	-1,3105 ($\pm 0,45$) a	

Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes.

Os testes estatísticos para análise dos fatores ΔE , ΔL , Δa^* , Δb^* são apresentados nas Tabelas 3 a 10. A Tabela 11 foi construída a partir dos resultados destes testes.

Tabela 11 - Comparação dos fatores de cor das diferentes marcas de resinas sem e com fibras.

Resinas	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
Duralay	-2,671 a	-0,924 c	-0,548 e	3,452 f
Trim Plus II	-2,522 a	-0,918 c	-1,310 d	3,078 g
Dencor	-5,048 b	-1,196 c	-1,117 d	5,383 h
Testes aplicados	Análise de Variância, Tukey	Kruskal-Wallis	Análise de Variância, Tukey e Scheffé	Kruskal-Wallis

Letras diferentes, médias estatisticamente diferentes

Comparando os fatores de cor entre marcas comerciais de resina, a tabela 3 evidencia que o fator ΔL^* (luminosidade) apresentou a mesma alteração para as resinas Duralay e Trim Plus, o Δa^* foi semelhante para as três resinas e o Δb^* para as resinas Trim Plus e Dencor, contudo, o ΔE apresentou comportamento diferente entre as três resinas.

A2 RESINAS

Comparação dos componentes de cor sem e com fibras.

A2.1 RESINA DURALAY

A amostra para o fator L^* era não normal, sendo aplicado o teste de Mann-Whitney (Tabela 12), as amostras correspondentes aos fatores a^* e b^* eram normais, 5,66% e 87,17% respectivamente, sendo aplicado o teste T Student (Tabela 13)

Tabela 12- Resultado do teste de Mann-Whitney para o componente L^* .

Valores de U	
U(1)	0
U(2)	400
Valor calculado de Z	-5,4100
Probabilidade de igualdade	0,001%

Tabela 13- Resultados dos testes t Student para os componentes a* e b*.

	a*	b*
Valor calculado de t	2,02	1,70
Graus de liberdade	38	38
Média amostra sem fibra	3,08 ($\pm 1,34$)	14,93 ($\pm 1,30$)
Média amostra com fibra	2,45 ($\pm 0,35$)	14,39 ($\pm 0,50$)
Probabilidade de igualdade	4,78%	9,32%
Significância	5%	ns

ns = não significante

A2.2 RESINA TRIMPLUS II

As amostras para os componentes L* e b* eram não normais, sendo aplicado o teste de Mann-Whitney (Tabela 14), a amostra correspondente ao fator a* era normal (75%) sendo aplicado o test t Student (Tabela 15)

Tabela 14- Resultado do teste de Mann-Whitney para o componente L* e b*.

Valores de U	L*	b*
U(1)	0	0
U(2)	400	400
Valor calculado de Z	-5,4100	-5,4100
Probabilidade de igualdade	0,001%	0,001%

Tabela 15- Resultado do teste t Student para o componente a*.

Valor calculado de t	9,98
Graus de liberdade	38
Média amostra sem fibra	3,65 ($\pm 0,39$)
Média amostra com fibra	2,73 ($\pm 0,44$)
Probabilidade de igualdade	0,001%
Significância	1%

A2.3 RESINA DENCOR

Amostras eram normais para os componentes L* (5,52%), a*(25,73%) e b*(18,25%) foi aplicado teste t Student (Tabela 16).

Tabela 16- Resultados dos testes t Student para os componentes L*, a* e b*.

	L*	a*	b*
Valor calculado de t	32,18	9,29	6,60
Graus de liberdade	38	38	38
Média amostra sem fibra	68,95 (±0,59)	4,60 (±0,36)	18,50 (±0,42)
Média amostra com fibra	63,91(±0,36)	3,38 (±0,46)	17,39 (±062)
Probabilidade de igualdade	0,0001%	0,0001%	0,0001%
Significância	1%	1%	1%

APÊNDICE B

RESISTÊNCIA FLEXURAL

Tabela 1 - Valores calculados de resistência flexural.

Resinas	Tratamentos	
	Sem fibras	Com fibras
Duralay	71,883	90,258
	79,273	71,051
	99,900	94,864
	87,296	89,964
	102,693	77,421
	73,176	96,726
	92,946	84,868
	80,899	87,416
	80,826	102,998
	86,299	86,241
	82,405	92,218
	69,353	87,024
	79,738	81,928
	86,411	88,221
	84,002	85,75
	87,281	82,322
	78,778	82,124
	94,098	96,041
	84,924	88,298
	84,223	77,812
Trim Plus II	102,284	78,729
	88,952	86,473
	88,208	77,930
	76,374	102,907
	77,623	105,550
	96,734	83,195
	81,611	81,480
	82,179	98,375
	84,899	97,777
	81,863	81,221
	82,536	78,506
	85,690	84,018
	76,781	99,365
	85,907	91,877
	89,885	89,195
	81,461	91,999
	88,685	84,473
	88,480	88,836
	76,533	81,895
	91,205	82,700

	92,130	90,973
	102,966	97,326
	95,568	98,0985
	95,140	99,164
	96,192	101,205
	100,707	89,0239
	109,377	81,173
	94,684	115,614
	87,912	100,968
Dencor	101,022	93,109
	82,0310	105,648
	104,564	112,406
	88,980	86,330
	104,434	103,418
	102,604	85,617
	98,445	113,313
	93,041	107,0573
	96,441	91,251
	92,495	100,135
	95,219	90,217

APÊNDICE C

MÓDULO DE ELASTICIDADE

Tabela 1 – Valores calculados do módulo de elasticidade.

Resinas	Tratamentos	
	Sem fibras	Com fibras
Duralay	2325,70	3453,45
	2160,69	3519,95
	2467,02	4310,16
	2328,64	3570,39
	2333,44	4557,04
	2614,50	3034,24
	2222,04	4321,28
	2181,04	3773,09
	2603,86	3622,96
	2305,05	3317,54
	2456,03	3521,07
	2472,36	3695,85
	2275,01	3775,74
	2556,28	3369,70
	2449,30	3474,34
	2223,11	4019,34
	2244,76	3833,26
	2701,47	4455,75
Trim Plus II	2560,01	3486,82
	2131,59	3896,39
	2394,46	3401,17
	2412,47	3002,96
	2315,63	3026,87
	2781,91	2849,17
	3245,15	3003,16
	2622,61	3545,15
	2851,14	2926,14
	2953,89	3093,46
	3042,00	3513,09
	2836,72	3133,67
	2545,96	2871,69
	2619,52	3503,70
	2875,22	3119,01
	2798,07	3241,19
	2540,72	3049,63
	2688,17	3346,13
	2400,44	3225,35
	2549,09	3067,08
	3601,55	3336,66
	2732,63	3520,65

	2297,83	3302,50
	2328,85	4055,77
	2983,62	2892,89
	2597,49	3713,72
	2408,69	3559,63
	3005,45	3457,50
	2600,71	4115,92
	2880,53	3058,88
	2301,48	3589,04
	2714,27	3124,46
Dencor	2760,62	3113,12
	2899,68	3216,28
	2491,51	3263,97
	2660,27	3967,43
	2270,98	3757,86
	2356,78	2890,24
	2596,75	2998,37
	2135,75	3306,14
	2836,54	3131,10
	2781,26	3500,33

APÊNDICE D

CARGA DE RUPTURA

Tabela 1 – Valores calculados da carga de ruptura.

Resinas	Tratamentos	
	Sem fibras	Com fibras
Duralay	437,691	486,963
	346,122	540,040
	467,166	672,988
	443,094	605,524
	376,753	695,000
	469,505	450,327
	414,669	622,441
	431,060	570,489
	508,504	557,184
	425,132	564,556
	462,201	515,768
	411,591	479,600
	401,055	549,560
	430,204	567,441
	421,606	560,500
	408,586	612,998
	401,581	563,897
	477,348	411,147
	444,608	614,383
Trim Plus II	381,177	552,872
	568,129	489,525
	478,249	496,851
	478,138	482,356
	466,465	584,925
	493,425	604,933
	569,436	519,352
	502,836	502,522
	513,523	573,652
	552,563	594,633
	498,262	506,009
	487,614	456,534
	514,162	533,907
	498,788	590,425
	495,884	553,086
	547,134	517,508
	521,249	554,520
	493,836	515,098
	509,964	510,736
	523,000	508,408
	535,702	661,707

	460,668	545,274
	483,667	674,563
	573,701	521,588
	471,541	607,122
	575,319	578,701
	518,445	599,663
	520,520	677,216
	551,322	553,585
	501,6808	533,152
Dencor	464,684	561,415
	431,251	472,946
	467,307	599,500
	512,950	523,920
	525,465	660,475
	534,294	609,735
	579,900	526,741
	521,726	537,190
	478,981	562,717
	476,847	551,325
	498,201	593,608