

**EFEITO DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE EM FIBRAS DE
RESINA TERMOPLÁSTICA NA RESISTÊNCIA E MÓDULO FLEXURAL DE
BARRAS DE RESINA ACRÍLICA**

Autores:

Fernanda Cristina Silva Lourenço - acadêmica da Faculdade de Odontologia da UFG.

Aluno PIVIC 2010/2011

Carlos Estrela - Professor Titular - Faculdade de Odontologia da UFG, Departamento de Prevenção e Reabilitação Oral.

Lawrence Gonzaga Lopes - Professor Adjunto - Faculdade de Odontologia da UFG, Departamento de Prevenção e Reabilitação Oral.

João Batista de Souza - Professor Associado - Faculdade de Odontologia da UFG, Departamento de Prevenção e Reabilitação Oral.

Rodrigo Borges Fonseca - Professor Adjunto - Faculdade de Odontologia da UFG, Departamento de Prevenção e Reabilitação Oral.

Unidade acadêmica: Faculdade de Odontologia

Endereço para correspondência eletrônica:

fecsl@hotmail.com

rbfonseca.ufg@gmail.com

Palavras-chave: fibras; reforço estrutural; próteses parciais; resina acrílica; propriedades mecânicas

(Revisado) pelo orientador

Orientanda: Fernanda Cristina Silva Lourenço

Orientador: Rodrigo Borges Fonseca

1. Introdução

A confecção de próteses provisórias durante o tratamento protético é necessária para o estabelecimento antecipado dos parâmetros funcionais e estéticos que serão efetivamente mantidos nas próteses definitivas¹, além de estimular psicologicamente a adaptação ao uso do novo aparelho². Estas próteses são usualmente confeccionadas em resina acrílica autopolimerizável, ou em resina acrílica termopolimerizável, sendo que esta última tende a garantir melhor resistência à prótese devido à melhor homogeneidade pela menor presença de bolhas internas³. Entretanto, dependendo do tipo de oclusão do paciente, da potência muscular, do desenho estrutural das próteses, da distância entre os retentores e do material utilizado, estas próteses podem fraturar, fato comumente observado na prática clínica. As regiões mais propensas à fratura são aquelas localizadas onde a estrutura protética deforma sob tensão de tração⁴⁻⁶ e, portanto, estas regiões têm sido alvo de tentativas de reforço estrutural^{4,7}.

Desde o início da década de 70, as fibras em geral passaram a ser usadas como alternativa de reforço estrutural de resinas de próteses⁸, destacando-se as fibras de carbono, polietileno, aramida e de vidro. Algumas resinas podem se tornar fibras de alta resistência em processos industriais. Os fios dentais, por exemplo, são compostos por fibras de resinas termoplásticas e possuem boa resistência a tração; entretanto, a associação de resina termoplástica e resina composta resulta em queda na resistência flexural devido à deficiente adesão entre os dois materiais⁹. As fibras de carbono, apesar de sua maior resistência, possuem grande inconveniente estético, pois possuem coloração preta e aparecem facilmente dentro da estrutura protética¹⁰. Já as fibras de vidro apresentam alta resistência à tração e aparência estética, tendo sido amplamente estudadas: na confecção de infra-estrutura de reforço protético^{4,7,11,12}, na interação com resina composta ou resina acrílica em trabalhos de resistência à fratura de próteses^{11,13,14}, e confecção de pinos^{15,16}, entre outros. Apesar de efetivas, as pesquisas apontam que a maior parte das falhas em fratura ocorre na interação das fibras com a resina que as reveste⁹.

Em próteses provisórias com resina acrílica várias pesquisas demonstram melhoria da resistência flexural mediante emprego destas fibras. Entretanto, o aumento do custo das próteses pelo seu emprego tem desestimulado o uso das fibras nesta situação. Como alternativa, clínicos têm utilizado fios metálicos no interior das próteses, ampliando a resistência das mesmas à fratura, embora seu efeito anti-estético em dentes anteriores e a falta de espaço para acomodá-lo dentro das próteses em dentes posteriores possa atrapalhar seu uso, de acordo com Geerts et al. (2008)⁶. Além disto, quanto melhor for a adesão entre os

diferentes materiais e quanto mais semelhante for o comportamento mecânico dos mesmos, melhores as chances de desempenho clínico satisfatório¹⁷, fato possível de ocorrer entre fibra de vidro e resina⁶, mas dificultado para metal e resina. As fibras de vidro silanizadas possuem maior energia de superfície e tendem a ser melhor impregnadas, resultando em melhor aderência a polímeros¹⁸. Além disto, caso as fibras sejam pré-impregnadas com resina, resultam em maior resistência no reforço de próteses⁹. Mediante o emprego de 3% (em peso) de diversos tipos de fibras, sem nenhum tratamento superficial, Dogan et al. (2008)¹⁹ verificaram que esse procedimento não resultou em reforço estrutural em barras de resina acrílica, demonstrando que o uso de tratamento superficial parece ser um importante passo.

Ao se obter estas fibras como matéria prima, puras e sem manuseio industrial, reduz-se os custos de maneira abrupta, embora pouco se saiba sobre a efetividade da interação entre as mesmas e as resinas acrílicas nesta situação. Ao passo que na condição supracitada as fibras de vidro tenham sido pouco estudadas, quando industrializadas e sem tratamento superficial, o efeito no reforço de estruturas protéticas é estatisticamente inferior a fibras que sejam previamente silanizadas¹⁸ ou pré-impregnadas com monômeros resinosos⁹. De acordo com Behr et al (2000)¹¹ o uso de fibras unidirecionais deve ser recomendado em locais onde se conheça a direção preferencial das maiores tensões, já as multidirecionais podem ser empregadas para o reforço global da estrutura. Hamza et al (2004)¹⁰ verificou resistência flexural significativamente maior quando da inclusão de fibras de vidro unidirecionais em comparação com multidirecionais.

Os testes de resistência flexural de três pontos têm sido utilizados para discriminar o efeito de diferentes materiais de reforço estrutural. De acordo com Della Bona et al. (2004)²⁰ estes testes são recomendados pelas normas da ISO, incidindo tensões dentro da estrutura até o momento de falha interna, permitindo uma avaliação global do processo de reforço. A especificação da ISO4049/2000²¹ indica amostras com dimensões 25mm ($\pm 2,0$) x 2mm ($\pm 0,1$) x 2mm ($\pm 0,1$). Em relação à velocidade da máquina de teste universal, não existe consenso na literatura. Observam-se valores que variam de 1 a 7 mm/min, não havendo estudos comparativos entre os mesmos^{6,21,22,23,24}.

Como uma alternativa à fibra de vidro, a resina termoplástica poderia trazer bons resultados se tratada superficialmente de maneira eficaz. Na intenção de ampliar a resistência à fratura de próteses provisórias faz-se necessário analisar os diversos tipos de tratamento superficial nas fibras de resina termoplástica e seus efeitos no reforço estrutural de barras de resina acrílica.

2. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo avaliar a resistência e módulo flexural de resina acrílica variando o tipo de tratamento superficial na fibra de resina termoplástica:

- pura;
- silanização;
- pré-impregnação com resina pura;
- silanização e pré-impregnação com resina pura;

3. Metodologia

Testes piloto foram realizados de modo a identificar a melhor técnica para a remoção da cera presente nas fibras de resina termoplástica com o uso de diferentes solventes orgânicos (acetona 100%; álcool 99.3%). Amostras de fio dental foram limpas com estas substâncias e analisadas em microscópio óptico em aumento de 50x para confirmar a limpeza superficial, constatando-se que a acetona promoveu uma melhor limpeza das amostras.

a) Grupos Experimentais

Cinco grupos experimentais foram criados (N=10), tendo como fator em estudo o tipo de tratamento superficial que as fibras de resina termoplástica receberam, conforme visto na Tabela 1. Os materiais empregados e respectivos fabricantes estão listados na Tabela 2.

b) Confeção das amostras

As dimensões das amostras foram 25mm ($\pm 2,0$) x 2mm ($\pm 0,1$) x 2mm ($\pm 0,1$) estando de acordo com a especificação ISO4049/2000²¹. Uma matriz padrão bi-partida em alumínio serviu como molde para confecção padronizada das amostras. A resina acrílica autopolimerizável foi manipulada de acordo com as instruções do fabricante e as amostras de cada grupo foram confeccionadas conforme Tabela 3.

Após a confecção das amostras, as mesmas foram acabadas com lixas de carbetto de silício nas granulações 180, 600, 1000 e 1200 manualmente com água corrente, por 20 segundos em cada face. Posteriormente foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas para início do teste de resistência flexural.

c) Teste de Resistência Flexural

As amostras foram posicionadas em máquina de ensaio universal (EMIC DL-2000) sobre dois pontos com 20 mm de distância entre si e equidistantes do centro. Um ponto central de aplicação de carga foi definido como o ponto médio em relação ao comprimento da amostra. Foi aplicada uma carga a velocidade constante de 0,5 mm/min e a carga máxima à fratura registrada em N. A resistência flexural de cada amostra foi obtida, em MPa de acordo

com a seguinte fórmula: $R=3PL/2wb^2$, e o módulo flexural, em GPa, pela fórmula $MF=L^3.P/4.w.b^3.d$, onde “P” é a carga máxima aplicada até a fratura, “L” é a distância entre os apoios (20mm), “w” é a espessura da amostra (2mm) “b” a altura(2mm) e “d” é a deformação observada até o momento da fratura da amostra.

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística por meio do teste ANOVA e Tukey, após verificação da normalidade de distribuição por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Todos os testes foram executados ao nível de significância de 5%.

d) Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura

As amostras fraturadas foram desidratadas em sílica gel, recobertas com fina camada de ouro (MED 010; Balzers Union, Balzers, Liechtenstein) e observadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (DSM 940A; Zeiss, Oberkochen, Germany) para observação da interação fibra-resina pós-fratura.

4. Resultados

Os dados de RF (MPa) e MF (GPa) foram submetidas ao teste ANOVA demonstrando semelhança estatística entre os cinco grupos ($p=0,298$ para RF; $p= 0,748$ para MF). Para resistência flexural observou-se: Ctr ($15614,68\pm 7119,25$)^A ; Fp ($14903,31\pm 5743,65$)^A ; Fsil ($11142,47\pm 5629,92$)^A ; Fimp ($16365,10\pm 9284,60$)^A ; Fsil/imp ($11882,56\pm 3544,39$)^A . Para módulo flexural observou-se Ctr ($3996,30\pm 2025,46$)^A ; Fp ($3275,14\pm 1841,26$)^A ; Fsil ($3491,54\pm 2812,14$)^A ; Fimp ($4544,46\pm 3357,18$)^A ; Fsil/imp ($2842,16\pm 1193,13$)^A conforme tabela 4.

As amostras dos cinco grupos experimentais foram observadas em microscópio eletrônico de varredura conforme Figuras 1 a 3. Em geral as microscopias demonstram fraturas em que se percebe a fraca interação com a resina acrílica. A Fig. 1A mostra fratura do grupo controle com observação de superfície de fratura lisa sem sinais de pérolas de acrílico. Na Fig. 1B observa-se incompleta reação de polimerização da resina acrílica pela presença de pérolas de acrílico vistas na região de interação com fibra, além de fibras deslocadas da matriz resinosa. Na Fig. 2A não se encontra a fibra de reforço devido ao seu deslocamento total após a fratura. Na Fig 2B, proveniente do grupo Fimp, observam-se fibras limpas e com poucos sinais de impregnação pela resina de revestimento e pela resina acrílica. Por fim, na Fig. 3, foi notado o melhor padrão de interação entre fibra-resina de revestimento-resina acrílica, devido à coesão entre estes materiais mesmo após a fratura ocorrida.

5. Discussão

O presente trabalho demonstrou que os diferentes métodos de tratamento superficial das fibras de resina termoplástica não foram suficientes para permitir melhor interação entre fibras e resina acrílica de modo a gerar maior resistência flexural e módulo de flexão, invalidando as hipóteses pre-concebidas. A efetividade do reforço com fibras depende de muitos fatores, sendo que quanto maior a quantidade de fibra inserida e quanto melhor sua interação com o material resinoso, melhor será a característica do reforço efetuado²⁵. Pelo fato de que a quantidade de fibra foi semelhante entre os grupos analisados pressupõe-se que a principal causa da ausência de reforço pelos métodos empregados seja devido a pobre interação entre fibras e resinas empregadas. Tal fato pode ser explorado sob dois pontos de vista importantes: a efetividade da limpeza superficial das fibras e a interação entre fibra-resina ocorrida posteriormente.

De acordo com Pfeiffer e Grube (2003)⁹ existe uma deficiente entre resina termoplástica e resina composta, o que resulta em queda na resistência flexural. Porém no presente estudo foi empregado fibra de resina termoplástica e resina acrílica, o que poderia resultar em diferentes mecanismos de interação. Na observação das microscopias de varredura pôde-se verificar que grande parte dos grupos resultou em pobres sinais de interação química e mecânica das fibras e resina acrílica (Figs 1B, 2A), ou mesmo das fibras e resina BIS-GMA de impregnação (Fig 2B), conforme relatado pelos autores supracitados. Entretanto, na Fig. 3 observa-se melhoria da interação entre os materiais, embora este fato não tenha resultado em melhores características do reforço efetuado. Logo, embora os tratamento superficiais não tenham proporcionado melhorias em resistência flexural e módulo flexural, suspeita-se que o problema pode ser advindo não somente destas técnicas mas da dificuldade de promover o passo anterior de limpeza das fibras, efetuado neste estudo com solução de acetona a 99,5%. Mais estudos são necessários para que se encontre uma melhor maneira de remoção da cera que recobre as fibras previamente ao tratamento superficial executado no presente estudo.

6. Conclusões

Pode-se concluir que o tipo de tratamento superficial das fibras de resina termoplástica não proporciona melhorias em resistência flexural e módulo flexural em barras de resina acrílica.

7. Referências

- [1] Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Barbosa GAS, Martins LRM, Fernandes Neto AJ. Importância do Emprego de Próteses Provisórias na Recuperação de Dimensão Vertical Viabilizando Procedimentos Restauradores Diretos. *J B A* 2004;4:27-32.
- [2] Parker HM. Psychological implications of provisional prostheses. *Dent Clin North Am* 1989 Jul;33(3):343-53.
- [3] Anusavice KJ. Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed. St. Louis: WB Saunders: 2003.
- [4] Dyer SR, Lassila LV, Jokinen M, Vallittu PK. Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. *Dent Mater* 2004 Dec;20(10):947-55.
- [5] Magne P, Perakis N, Belser UC, Krejci I. Stress distribution of inlay-anchored adhesive fixed partial dentures: a finite element analysis of the influence of restorative materials and abutment preparation design. *J Prosthet Dent* 2002 May;87(5):516-27.
- [6] Geerts GA, Overturf JH, Oberholzer TG. The effect of different reinforcements on the fracture toughness of materials for interim restorations. *J Prosthet Dent* 2008 Jun;99(6):461-7.
- [7] Lassila LV, Vallittu PK. The effect of fiber position and polymerization condition on the flexural properties of fiber-reinforced composite. *J Contemp Dent Pract* 2004 May 15;5(2):14-26.
- [8] Schreiber CK. Polymethylmethacrylate reinforced with carbon fibres. *Br Dent J* 1971 Jan 5;130(1):29-30.
- [9] Pfeiffer P, Grube L. In vitro resistance of reinforced interim fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 2003 Feb;89(2):170-4.
- [10] Hamza TA, Rosenstiel SF, Elhosary MM, Ibraheem RM. The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness and flexural strength of provisional restorative resins. *J Prosthet Dent* 2004 Mar;91(3):258-64.
- [11] Behr M, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Flexural properties of fiber reinforced composite using a vacuum/pressure or a manual adaptation manufacturing process. *J Dent* 2000 Sep;28(7):509-14.
- [12] Rosentritt M, Behr M, Lang R, Handel G. Experimental design of FPD made of all-ceramics and fibre-reinforced composite. *Dent Mater* 2000 May;16(3):159-65.
- [13] Dyer SR, Sorensen JA, Lassila LV, Vallittu PK. Damage mechanics and load failure of fiber-reinforced composite fixed partial dentures. *Dent Mater* 2005 Jul 22.

- [14] Dyer SR, Lassila LV, Jokinen M, Vallittu PK. Effect of cross-sectional design on the modulus of elasticity and toughness of fiber-reinforced composite materials. *J Prosthet Dent* 2005 Sep;94(3):219-26.
- [15] Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater* 2004 Jan;20(1):29-36.
- [16] Rosentritt M, Furer C, Behr M, Lang R, Handel G. Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. *J Oral Rehabil* 2000 Jul;27(7):595-601.
- [17] Fonseca RB, Fernandes-Neto AJ, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. The influence of cavity preparation design on fracture strength and mode of fracture of laboratory-processed composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 2007 Oct;98(4):277-84.
- [18] Vallittu PK. Curing of a silane coupling agent and its effect on the transverse strength of autopolymerizing polymethylmethacrylate-glass fibre composite. *J Oral Rehabil* 1997 Feb;24(2):124-30.
- [19] Dogan OM, Bolayir G, Keskin S, Dogan A, Bek B. The evaluation of some flexural properties of a denture base resin reinforced with various aesthetic fibers. *J Mater Sci Mater Med* 2008 Jun;19(6):2343-9.
- [20] Della Bona A, Mecholsky JJ, Jr., Anusavice KJ. Fracture behavior of lithia disilicate- and leucite-based ceramics. *Dent Mater* 2004 Dec;20(10):956-62.
- [21] Turkaslan S, Tezvergil-mutluay A, Bagis B, Vallittu PK, Lassila LLJ. Effect of fiber-reinforced composites on the failure load and failure mode of composite veneers. *Dental Materials Journal* 2009; 28(5): 530–536
- [22] Nagata K, Takahashi H, Masahiro ONA, Hosomi H, Wakabayashi N, Igarashi Y. Reinforcement effects of fiberglass on telescopic dentures using a three-dimensional finite element analysis and fracture test. *Dental Materials Journal* 2009; 28(5): 649–656.
- [23] Schlichting LH, et al. Composite resin reinforced with pre-tensioned glass fibers. Influence of prestressing on flexural properties. *Dent Mater* (2009), doi:10.1016/j.dental.2009.09.004.
- [24] Kanie T, Arikawa H, Fujii K, Ban S. Mechanical Properties of Woven Glass Fiber-Reinforced Composites. *Dental Materials Journal* 25(2), 377-381, 2006.
- [25] Garoushi SK, Lassila LVJ, Vallittu PK. Short glass fiber reinforced restorative composite resin with semi-inter penetrating polymer network matrix. *Dental Materials* 2007, 23, 1356–1362.

TABELAS

Tabela 1. Grupos experimentais.

Grupo	Tratamento de Superfície nas Fibras
Ctr	Controle – sem fibra
Fp	Fibra pura
Fsil	Silanização
Fimp	Pré-impregnação
Fsil/imp	Silanização + Pré-impregnação

Tabela 2. Materiais empregados no estudo.

Material	Fabricante
Agente de União (Silano)	Angelus
Resina Termoplástica	Oral-B
Adesivo do Sistema Adesivo Scotchbond	Fusion Duralink
Resina Acrílica Incolor	Dencrilon Vipi Flash
Lixas de Carbetto de Silício 600, 1000 e 1200	Norton Abrasivos

Tabela 3. Metodologia de confecção das amostras.

Grupo	Metodologia
Controle – sem fibra (Ctr)	1. Manipulação da resina e inserção na matriz
Fibra pura (Fp)	1. Recorte das fibras 2. Manipulação da resina e inserção de fina camada (0,5mm) 3. Posicionamento da fibra sobre a resina. 4. Preenchimento da matriz com mais resina
Silanização (Fsil)	1. Recorte das fibras e silanização por 1min 2. Manipulação da resina e inserção de fina camada (0,5mm) 3. Posicionamento da fibra sobre a resina. 4. Preenchimento da matriz com mais resina
Pré-impregnação (Fimp)	1. Recorte das fibras, mistura com adesivo 2. Manipulação da resina e inserção de fina camada (0,5mm)

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Posicionamento da fibra sobre a resina. 4. Preenchimento da matriz com mais resina 5. Após polimerização da resina, fez-se a polimerização da fibra por 60segundos/face com 1200mw/cm²
Silanização + Pré-impregnação (Fsil/imp)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recorte das fibras, silanização por 1min, mistura com adesivo 2. Manipulação da resina e inserção de fina camada (0,5mm) 3. Posicionamento da fibra sobre a resina. 4. Preenchimento da matriz com mais resina 5. Após polimerização da resina, fez-se a polimerização da fibra por 60segundos/face com 1200mw/cm²

Tabela 4. Média e desvio padrão para Resistência Flexural (MPa) e para Módulo Flexural (GPa), para os grupos experimentais e comparações estatísticas pelo teste ANOVA ($\alpha=5\%$).

Grupos	Resistência Flexural em MPa (Médias \pm Desvio Padrão)	Módulo de Flexão em GPa (Médias \pm Desvio Padrão)
Controle (Ctr)	15614,68 \pm 7119,25 A	3996,30 \pm 2025,46 A
Fibra pura (Fp)	14903,31 \pm 5743,65 A	3275,14 \pm 1841,26 A
Silano (Fsil)	11142,47 \pm 5629,92 A	3491,54 \pm 2812,14 A
Adesivo (Fimp)	16365,10 \pm 9284,60 A	4544,46 \pm 3357,18 A
Silano e adesivo (Fsil/imp)	11882,56 \pm 3544,39 A	2842,16 \pm 1193,13 A

Letras semelhantes na vertical demonstram semelhança estatística pelo teste ANOVA.

Valor de "p" para: Resistência Flexural = 0,298.

Valor de "p" para: Módulo de Flexão = 0,549.

FIGURAS

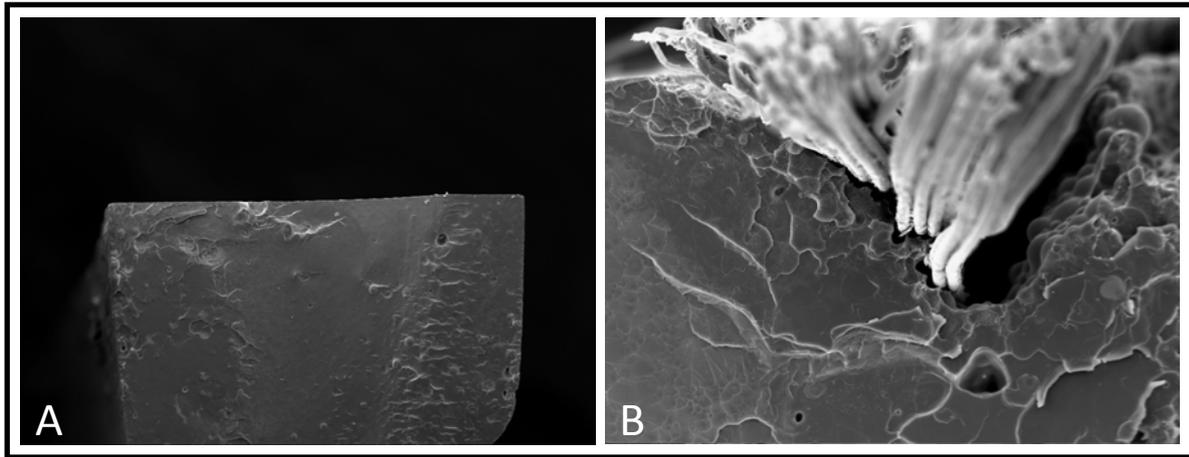


Figura 1. A: espécime do grupo Controle demonstrando fratura lisa (aumento:100x); B: fratura no grupo Fibra pura com presença de fibras deslocadas da matriz resinosa e pérolas de acrílico vistas na região de interação com fibra evidenciando pobre molhamento das fibras (aumento:350x).

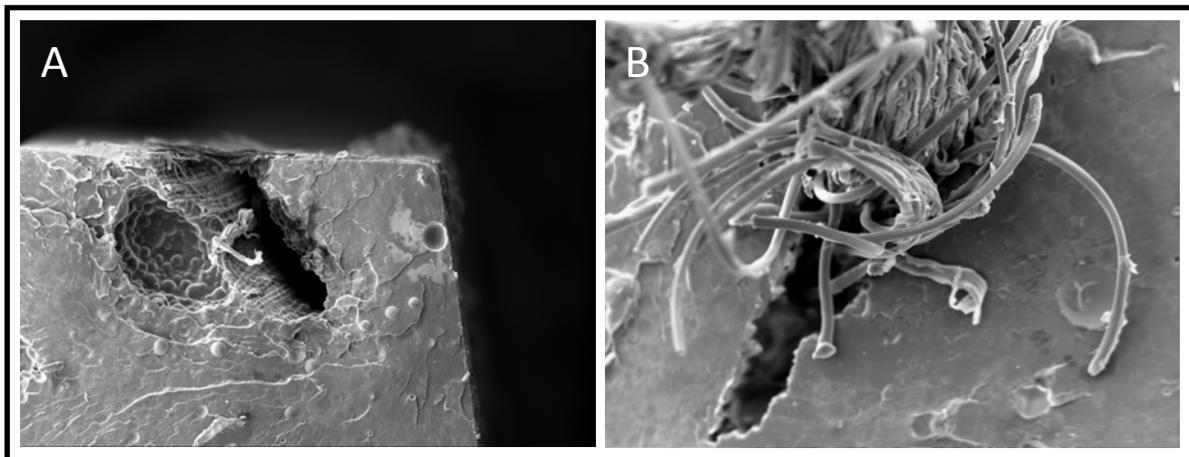


Figura 2. A: fratura no do grupo Silanização demonstrando deslocamento total da fibra de reforço (aumento: 150x); B: fratura no grupo Pré-impregnação, aonde se observam fibras limpas e com poucos sinais de impregnação pela resina de revestimento e pela resina acrílica (aumento: 350x).

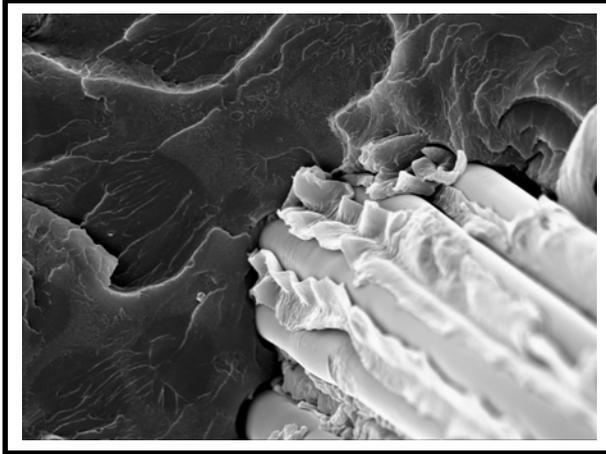


Figura 3. Espécime do grupo Silanização/pré-impregnação demonstrando melhor interação entre fibra e resina de revestimento e ao mesmo tempo com a resina acrílica. Pode-se notar a melhor intimidade de interação entre o material de reforço e resina acrílica (aumento: 2000x)