

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO COPOLÍMERO E FIBRA DE MALVA

²G.S. Vieira, ²A. C. B. Ferreira, ¹B. C. Bonse

**¹Centro Universitário da FEI, Departamento de Engenharia de Materiais, Av.
Humberto de A.C. Branco, 3972, CEP 09850-901, São Bernardo do Campo, SP,
Brasil – prebbonse@fei.edu.br**

²Faculdade SENAI de Tecnologia Ambiental

RESUMO

Confeccionaram-se compósitos de polipropileno com 20% e 40% em massa de fibra de malva, preparando-se um concentrado da fibra via homogeneizador drais e posterior incorporação via extrusora dupla-rosca. Corpos de prova injetados foram submetidos a testes mecânicos, térmicos e morfológicos. Os compostos com 20% e 40% de fibra apresentaram aumento nas resistências de tração de 10% e 30%, respectivamente, e de flexão 45% e 120%, respectivamente, quando comparados ao polipropileno virgem, havendo um decréscimo na resistência ao impacto de 40% para ambas as formulações. Os maiores acréscimos nos módulos de tração e flexão foram de 200 e 250%, respectivamente. A análise por microscopia eletrônica de varredura evidenciou maior interação da fibra com a matriz, para a composição contendo 20% de fibra em relação àquela contendo 40%, pela menor quantidade de compatibilizante presente para este. Confirmou-se a capacidade de a fibra de malva agregar maiores desempenhos mecânicos e térmicos ao polipropileno.

Palavras-chave: polipropileno copolímero, fibra de malva, compósitos.

INTRODUÇÃO

Há cada vez mais interesse em compósitos reforçados com fibra vegetal, em virtude de algumas vantagens que as fibras vegetais possuem em relação à fibra de vidro, por exemplo: seu baixo peso específico, que pode resultar em resistência e rigidez específicas mais elevadas do que as da fibra de vidro; são de fonte renovável, ou seja, a sua produção exige pouca energia, dióxido de carbono é consumido enquanto o oxigênio é liberado; podem ser produzidas com baixo

investimento, ou seja, um produto interessante para países de baixa renda; processamento amigável sem desgaste de ferramentas, nem irritação da pele; reciclagem térmica possível, o vidro causa problemas em fornos de combustão; boas propriedades de isolamento térmico e acústico ⁽¹⁾.

Por outro lado, as desvantagens de fibras naturais incluem: resistências menores, principalmente resistência ao impacto; qualidade variável, sujeita a influências imprevisíveis, como o clima; absorção de umidade que causa inchaço das fibras; temperatura máxima de processamento limitada; baixa durabilidade, embora alguns tratamentos possam melhorá-la consideravelmente; resistência ao fogo ruim; preço pode variar, depende de resultados de colheita ou políticas agrícolas; comprimentos de fibra irregulares, ou seja, para obter fios contínuos para tecidos ou para enrolamento é necessária fiação ⁽¹⁾.

A malva é uma fibra vegetal da família das malváceas, muito cultivada desde os anos 30, em alguns estados do Brasil. Utilizada na área têxtil, a malva apresenta resistência maior que a fibra de juta, possui menor intensidade de brilho e é menos sedosa que a mesma ⁽²⁾.

O polipropileno é um dos termoplásticos mais utilizados no mercado atual. Com uma vasta gama de aplicações, possui propriedades como resistência térmica e resistência à fadiga por flexão. Por causa da sua deficiência em algumas propriedades mecânicas, é comumente modificado com aditivos e/ou compostos ⁽³⁾.

Dentro deste contexto, estudou-se a incorporação de fibras de malva em polipropileno copolímero visando uma opção de reforço que não agride de maneira expressiva o meio ambiente, que proporcione um aumento de desempenho nas propriedades do polipropileno.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram: (i) fibras longas de malva doadas pela empresa Castanhal Companhia Têxtil, que são mostradas na Figura 1(a); (ii) PP copolímero randômico RP340S da Braskem, com índice de fluidez de 45 g/10 min (230 °C / 2,16 kg); e (iii) agente compatibilizante polipropileno graftizado com anidrido maleico (PPgMA), sob o código Polybond 3200 com IF = 110 g/10 min (190 °C / 2,16 kg), adquirida da Crompton-Uniroyal Chemical (São Paulo, Brasil)

Métodos

Para a sua incorporação, as fibras de malva foram cortadas até um comprimento aproximado de 5 mm, Figura 1(b). Por apresentar uma densidade aparente muito baixa, impossibilitando a realização da incorporação direto na extrusora, foi obtido via homogeneizador de laboratório draix, modelo MH-100, um concentrado com 50% de fibra de malva e 50% de polipropileno, sendo ambos processados ao mesmo tempo. As borras do concentrado foram moídas em um moinho de facas, visando facilitar a incorporação via extrusora.



Figura 1 – Fibras de malva longas, como recebidas (a), e cortadas em torno de 5 mm (b)

A incorporação do concentrado da fibra no polipropileno foi feita em uma máquina extrusora dupla rosca de granulação via úmida da marca Theysohn, com rosca de 20 mm, alimentação manual e relação L/D de 40. A extrusão foi realizada com a primeira zona de aquecimento a 110°C e as quatro últimas a 170°C, velocidade da rosca a 245 rpm e torque 20%. As formulações preparadas foram de 20 e 40% em massa de fibra e 2% de agente compatibilizante PPgMA sobre a massa total.

Após a extrusão o material foi granulado no equipamento da marca Sagec modelo SG-70, para posterior injeção de corpos de prova, na máquina injetora Semeraro, modelo PPIS 50/30. Perfil de temperatura: bico: 23°C / zona A: 180°C /

zona B: 170°C / zona C: 150°C. Antes da injeção, os materiais foram submetidos à secagem, por 12 horas a 60°C.

Os ensaios de tração e de flexão em 3 pontos foram realizados em máquina de ensaios universal Instron 5565 nas velocidades de 5 mm/min e 1,3 mm/min, segundo ASTM D638 e D790, respectivamente. Nos dois ensaios foram utilizados no mínimo cinco corpos de prova. No ensaio de tração para o PP virgem foram utilizadas as velocidades de 5 mm/min, para obtenção do módulo elástico e da resistência à tração, e de 50 mm/min para a obtenção do alongamento na ruptura. Os ensaios de impacto Izod com entalhe foram realizados em máquina de impacto Instron modelo 9050, segundo ASTM D 256. Foram utilizados dez corpos de prova e pêndulo de impacto de 5,5 J.

Superfícies fraturadas de corpos de prova de impacto foram recobertos com ouro e analisadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) CamScan CS3200 LV para avaliar a adesão entre as fibras de malva e a matriz polimérica.

O ensaio HDT foi realizado em um o equipamento de marca Microtest, modelo 4201 D, conforme a norma D648. Foram ensaiados dois corpos de prova para cada compósito, usando tensão de flexão de 1,82 MPa.

O ensaio de índice de fluidez foi realizado no plastômetro da marca Dynisco, modelo LMI4000, conforme norma ASTM D1238, usando carga e temperatura de 2,16 kg e 190°C, respectivamente. Foram obtidas quatro amostras de cada compósito em um intervalo de 10 segundos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do ensaio de tração e de impacto Izod com entalhe são apresentados na Figura 2, a seguir.

Observa-se que os compósitos apresentaram um aumento tanto na resistência à tração como no módulo elástico em tração, quando comparados ao material puro, Figuras 2(a) e (b), indicando que as fibras de malva agem como carga de reforço na matriz e não meramente como carga de enchimento. Estes aumentos também indicam que há certa adesão entre as fibras e a matriz, pois somente assim seria possível transferir os esforços da matriz para as fibras, resultando em aumento na resistência à tração. Vale ressaltar que algumas cargas de enchimento também

resultam em aumento no módulo de elasticidade, ou seja, na rigidez do composto, porém não aumentam a resistência à tração.

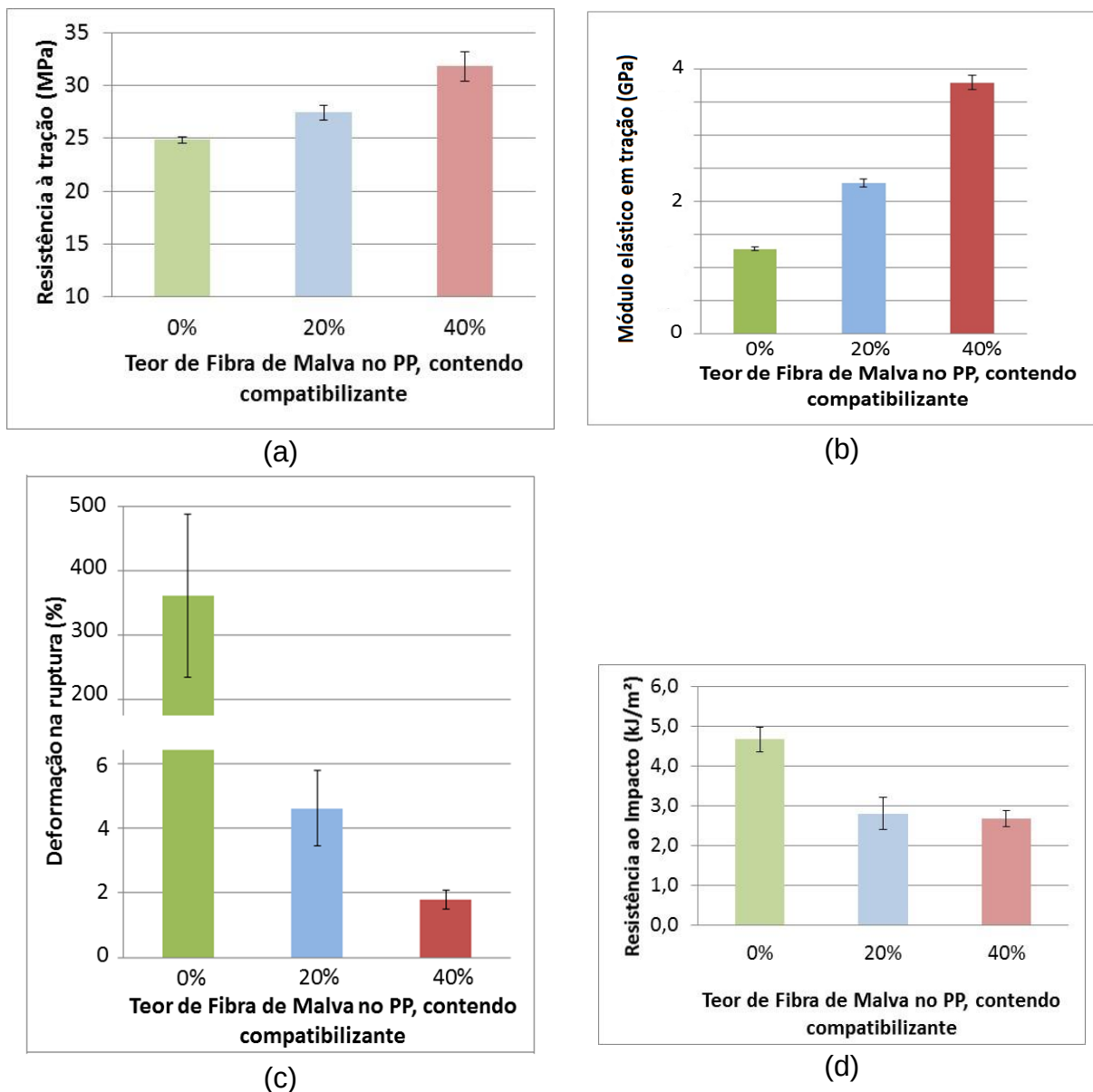


Figura 2- Propriedades de tração e de impacto *Izod*, com entalhe, das formulações estudadas.

O composto com 20% de fibra apresentou 10% de aumento na resistência à tração do polipropileno puro, e com 40% de fibra registrou 28% de aumento. Esses valores comprovam que existe certa adesão entre a fibra e matriz, proporcionada pelo agente compatibilizante, possibilitando à matriz transferir as solicitações sofridas para a fibra que é mais resistente que a matriz. Observou-se em vários trabalhos ⁽⁴⁻⁶⁾ que sem a presença do agente compatibilizante a fibra age como carga de enchimento e não como reforço, diminuindo a resistência à tração.

Quanto ao módulo elástico de tração, em relação ao polímero virgem a incorporação de 20% de fibra de malva resultou em aumento em torno de 75%, e para 40% de fibra o aumento foi em torno de 120%. Para efeito de comparação, Inácio ⁽⁶⁾ ao incorporar 20% de fibra de bambu em PP tenacificado, sem compatibilizante e com 2% de compatibilizante, obteve aumentos no módulo elástico de 46% e 84%, respectivamente. Para 40% de fibra de bambu, sem compatibilizante e com 2% de compatibilizante estes aumentos foram 97% e 147%, respectivamente.

Quanto à deformação na ruptura, Figura 2(c), observa-se que houve uma queda bastante pronunciada para os compósitos reforçados com fibra em relação ao material virgem. O material sem carga teve alta deformação antes da ruptura, comportamento esse esperado para materiais dúcteis, geralmente com alta resistência ao impacto, o que ocorre com a matriz deste compósito. As quedas no alongamento com a incorporação das fibras foram em torno de 99%. A redução dessa propriedade é comum para polímeros reforçados por conta da restrição da mobilidade das cadeias poliméricas impostas pelas fibras mais rígidas. A restrição da mobilidade das cadeias poliméricas, aliada à criação de concentradores de tensão na interface polímero/fibra, pela falta de adesão adequada entre a matriz e as fibras, também resultou na queda da resistência ao impacto com a incorporação da fibra, Figura 2(d). Comportamento similar foi observado por Caranti ⁽⁵⁾ e Inácio ⁽⁶⁾.

Os resultados dos ensaios de flexão são apresentados na Figura 3, a seguir.

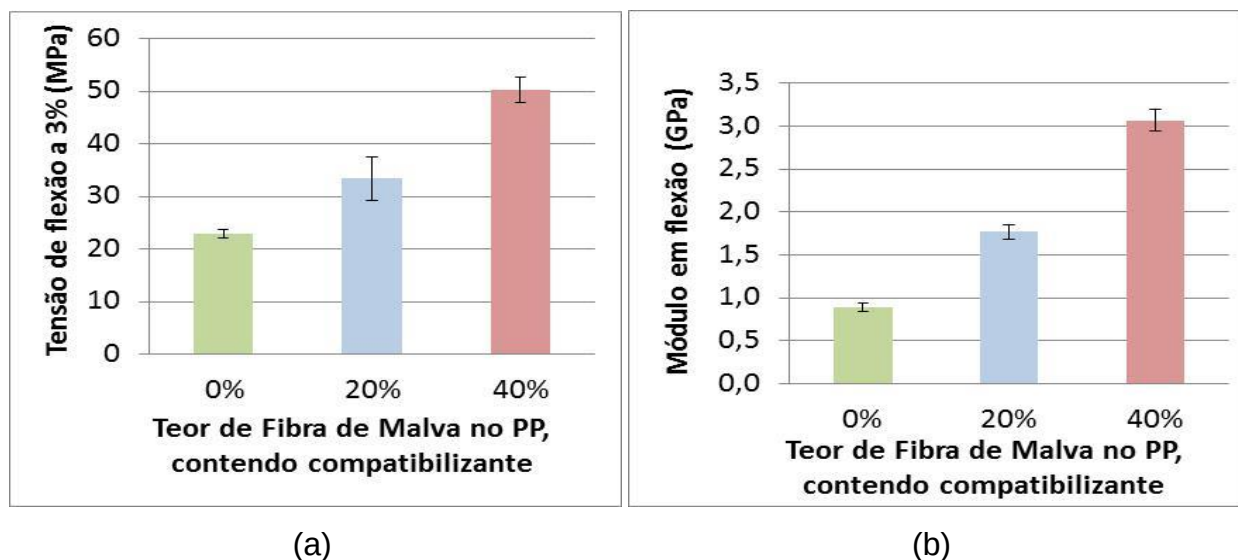


Figura 3 - Propriedades de flexão das formulações estudadas.

Observa-se que ao aumentar o teor de fibra com compatibilizante, há um aumento considerável tanto na resistência à flexão como no módulo elástico de flexão, devido à alta rigidez da fibra de malva em relação à matriz de PP copolímero. A composição com 20% de fibra apresentou resistência à flexão em torno de 45% maior do que o material puro e a com 40% de fibra em torno de 120% a mais. Em termos do módulo de flexão, os aumentos foram próximos aos 100% e 250% para os compostos com 20% e 40% de fibra de malva, respectivamente.

A Figura 4 apresenta os resultados de HDT e do índice de fluidez das formulações estudadas.

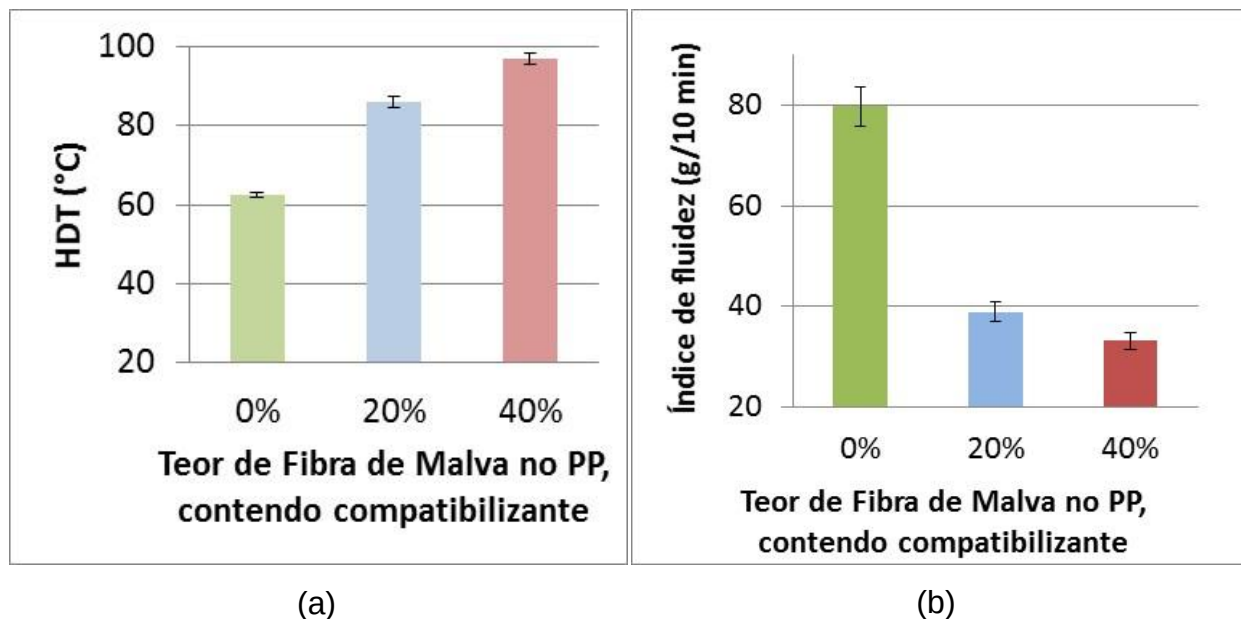


Figura 4 – HDT e índice de fluidez das formulações estudadas

Observa-se na Figura 4(a) que a temperatura de deflexão ao calor dos compostos aumenta conforme o aumento do reforço. Esse resultado era esperado, visto que a fibra diminui a flexibilidade do polímero, pois a mesma restringe a mobilidade das cadeias poliméricas. Ressalta-se que o HDT é uma medida indireta da temperatura na qual o material perde a capacidade de sustentar uma carga, ou seja, a fibra de malva conferiu maior estabilidade dimensional à matriz frente ao calor. A formulação com 20% de fibra apresentou um aumento de 40% na temperatura em relação ao material puro, e o composto com 40% um aumento de 55%.

A figura 4(b) mostra que a medida que aumente o teor de fibra, diminui o índice de fluidez do composto, conforme esperado, pois a fibra aumenta a

resistência ao escoamento, ou seja a viscosidade, do polímero fundido. Como o índice de fluidez é inversamente proporcional à viscosidade, haverá uma diminuição no mesmo. As reduções em relação à matriz sem reforço foram em torno de 50% e 60%, respectivamente, para 20% e 40% de fibra.

As micrografias da superfície de corpos de prova fraturados em impacto, feitas para avaliar a adesão das fibras com a matriz, podem ser vistas na Figura 5.

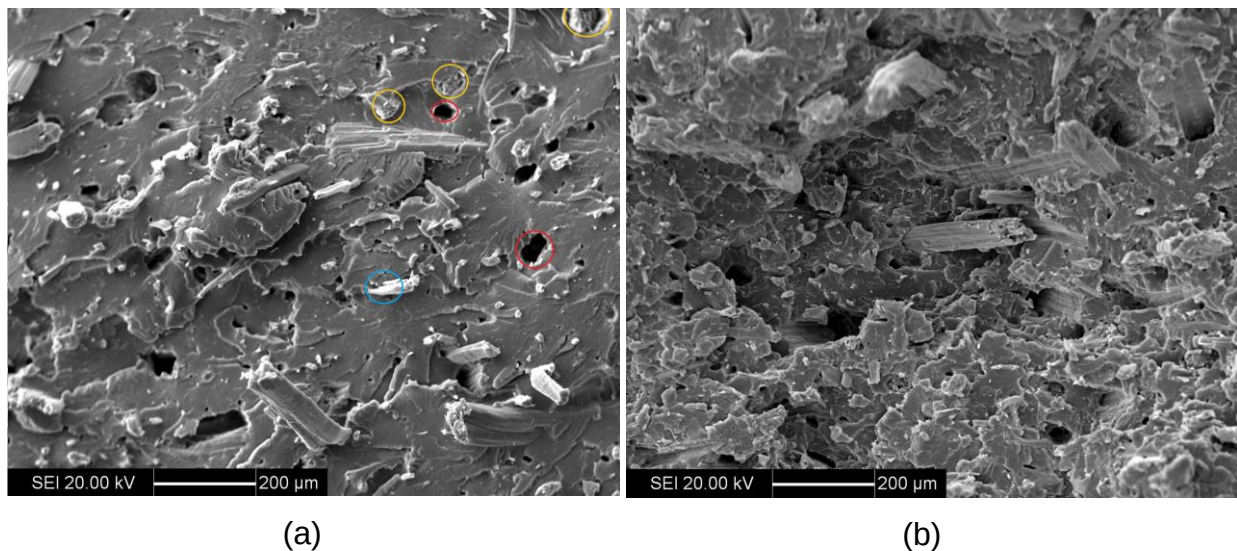


Figura 5 – Micrografias dos compósitos de PP contendo 20% (a) e 40% (b) de fibras de malva.

Em ambas as micrografias é possível notar arrancamento, descolamento e ruptura das fibras, sendo algumas rupturas rente à superfície (circulado em amarelo). Pode se observar também algumas fibras com boa aderência. A presença de vários buracos, de onde as fibras foram arrancadas, evidencia falta de adesão adequada com a matriz, indicando teor de compatibilizante insuficiente. Mesmo assim, esta adesão foi suficiente para aumentar a resistência à tração dos compósitos em relação à matriz. Ainda, o compósito com 40% de fibra apresentou uma maior quantidade de vazios na superfície analisada quando comparado com o compósito com 20% de fibra de malva, o que pode ser explicado pela menor quantidade de compatibilizante utilizada em relação à quantidade de fibras, na composição de 40%.

CONCLUSÕES

Foi possível preparar compósitos de PP copolímero com fibra de malva obtendo-se primeiramente um concentrado da fibra via homogeneizador drais, e depois a incorporação via extrusora dupla rosca corrotacional até teores de 40%.

A fibra de malva, uma carga ecologicamente correta e sustentável, uma opção de reforço que não agride de maneira expressiva o meio ambiente, proporcionou um aumento de desempenho nas propriedades do polipropileno.

Em relação às propriedades mecânicas, houve um aumento na resistência à tração e à flexão, assim como nos módulos respectivos, tendo os maiores valores na composição com 40% de fibra. Como já esperado para compósitos termoplásticos dúcteis, a incorporação de fibras mais rígidas resulta em decréscimo nas propriedades de resistência ao impacto e deformação antes da ruptura, sendo que neste caso a formulação que apresentou uma menor perda foi a formulação com 20% de fibra de malva.

Os resultados de HDT mostraram que a fibra de malva confere maior estabilidade dimensional frente ao calor, sendo que o compósito com 40% de fibra obteve os maiores valores em relação ao compósito com 20%.

A análise de índice de fluidez mostrou que a fibra de malva aumenta a resistência ao escoamento do PP.

As análises por microscopia eletrônica de varredura evidenciaram que o teor de agente compatibilizante utilizado nas formulações, não foi suficiente para uma adesão adequada das fibras com a matriz, facilitando o arrancamento das mesmas.

AGRADECIMENTOS

À empresa Castanhal Companhia Têxtil, pela doação das fibras; à empresa Plásticos Novacor para realização da incorporação.

REFERENCIAIS

1. **Thermoplastic Composites Best Practice Guide** For: ADCOMP Partners. Disponível em: <
http://www.adcomp.co.uk/DisplayFilePublic/Thermoplastic%20Composites%20-%20Best%20Practice%20Guide.pdf?fi_id=1203&Action=displayFile&file=Thermoplastic%20Composites%20-%20Best%20Practice%20Guide.pdf>. Acesso em: 04 de novembro de 2015

2. MARGEM, J. I. **Estudo das Características Estruturais e Propriedades de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras de Malva.** Tese de Doutorado Apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Materiais. Campos de Goytacazes, 2013.
3. PETRY, A. **Mercado Brasileiro de Polipropileno com Ênfase no Setor Automobilístico.** Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia departamento de Engenharia Química. Porto Alegre, 2011.
4. BONSE, B. C.; et al. **Effect of compatibilizer and bamboo fiber content on the mechanical properties of PP-g-MA compatibilized polypropylene/bamboo fiber composites.** In: POLYMER PROCESSING SOCIETY 26th ANNUAL MEETING - PPS26, 2010, Banff.
5. CARANTI, L. R. A. **Estudo da Influência dos Teores de Fibra, Agente Compatibilizante e Tamanho de Fibra nas Propriedades de Compósitos de Polipropileno com Fibra de Bambu.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica de Materiais e Processos) - Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo.
6. INÁCIO, A. L. N. **Comportamento mecânico e térmico de compósitos de PP/EPDM/ talco reciclado contendo fibra de bambu.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica de Materiais e Processos) - Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo.

PROPERTY ASSESMENT OF POLYPROPYLENE COPOLYMER COMPOSITES CONTAINING MALLOW FIBERS

ABSTRACT

Polypropylene composites were manufactured containing 20 wt% and 40 wt% mallow fiber, by preparing a fiber concentrate via drais mixer and subsequent incorporation via twin-screw extruder. Injected specimens were subjected to mechanical, thermal and morphological tests. The 20 wt% and 40 wt% fiber composites showed an increase in tensile strength of 10% and 30%, respectively, and in flexural strength of 45% and 120%, respectively, compared to virgin polypropylene, and a decrease in impact strength of 40% for both formulations. The highest increases in tensile and flexural modules were 200 and 250%, respectively. Analysis by scanning electron microscopy showed greater interaction with the fiber matrix for the composition containing 20 wt% fiber in relation to that containing 40 wt%, due to the lower amount of compatibilizer present in the latter. The ability of mallow fiber to impart increased mechanical and thermal performance to polypropylene has been confirmed.

Keywords: polypropylene copolymer, mallow fiber, composites

