
DESENVOLVIMENTO E RECICLAGEM DO POLIPROPILENO MODIFICADO PELA PRESENÇA DE PÓ DE MADEIRA

Terezinha J. Masson*
José A. M. Agnelli**

Resumo

No presente trabalho foram estudados os compósitos virgens e reciclados mecanicamente, tendo como matriz o *polipropileno PP* (virgem) e, como fase particulada dispersa, atuando como agente reforçador a *serragem industrializada WF* (pó de madeira), de origem natural vegetal.

O compósito C_1 : PP/WF foi desenvolvido em Reômetro de Torque Haake e preparado em extrusora de dupla rosca com a composição 80% de polipropileno e 20% de pó de madeira. O compósito foi caracterizado após a primeira injeção e depois de um reprocessamento por injeção.

Após a primeira injeção, obteve-se uma ação reforçadora, e pela caracterização por Microscopia Eletrônica de Varredura, verificou-se que o desempenho mecânico foi atribuído principalmente à interação interfacial entre a carga reforçante e o polímero. Pela Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC), observou-se que o pó de madeira atuou como nucleante para o polipropileno.

Após o primeiro reprocessamento (reciclagem mecânica), o compósito PP/WF apresentou variações inferiores a 15% nas propriedades mecânicas, nos ensaios térmicos e no índice de fluidez, o que é aceitável para a maioria dos sistemas poliméricos.

* Chefe do Departamento de Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: física.upm@mackenzie.com.br.

** Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos.

Abstract

This current work has studied virgin and mechanically recycled composites. The matrix was *polypropylene (PP)*. The reinforcement used was sawdust of vegetable natural origin.

The following composite C₁:PP/WF, polypropylene with 20% of wood flour (WF); was developed in a Haake Torque Rheometer and they were prepared in a extrusion machine with twin-screw.

The characterization of that composite was made after the first injection and after the injection reprocessed material. The reinforcing effect was obtained after the first injection in the composite.

The Scanning Electronic Microscopy (SEM) shows that the interfacial interaction between reinforcements and the polymer.

The Differential Scanning Calorimetry (DSC) technic was used to observe the polypropylene crystalization. It was observed that the sawdust performed as polypropylene nucleating.

The analysis shows that composites, after reprocessments, have variations up to 15% (fifteen percent) in the mechanical properties, thermal analysis and melt flow index. This variation is acceptable for most of the polymers systems.

1 INTRODUÇÃO

Os compósitos de polipropileno são desenvolvidos utilizando-se resinas diferenciadas, que permitem uma ampla gama de variações estruturais e morfológicas nos diferentes tipos de homopolímeros e copolímeros produzidos. Entre os polímeros, o polipropileno (PP) é um dos mais estudados quando pretendem-se obter polímeros carregados e/ou reforçados^{1, 2}.

O pó de madeira (WF) como material de reforço é pouco explorado, sendo obtido por um processo de beneficiamento da serragem, conseguido de qualquer rejeito no processo de industrialização da madeira. É um complexo polimérico natural e sobretudo um recurso renovável, importante fator do ponto de vista ecológico e, diante da escassez de matérias-primas, está sendo utilizado como carga principalmente para as resinas fenólicas e amínicas^{3, 4, 5, 6, 7}.

Sendo reciclável, o polipropileno contribui para a redução do lixo polimérico, e os compósitos PP/WF fazem parte de um dos potenciais do Brasil, pois de um lado tem-se a disponibilidade do pó de madeira e de outro, a capacidade de produção do polipropileno⁸.

Este trabalho está baseado na utilização do pó de madeira (WF) como material de reforço particulado para a matriz polipropileno (PP). Foram analisadas as propriedades mecânicas e o índice de fluidez dos corpos-de-prova do compósito, tendo como objetivo desenvolver e verificar o desempenho da reciclagem mecânica do termoplástico polipropileno modificado pela presença de pó de madeira, em comparação com as propriedades de materiais comerciais já existentes. Pretende-se, assim, gerar conhecimentos que permitam transformar o pó de madeira, que a princípio é uma carga, em um material de reforço particulado, contribuir para a elucidação da microestrutura do polipropileno virgem modificado com pó de madeira, verificando a dispersão e a interação entre as fases constituintes e verificar a viabilidade do reprocessamento (reciclagem mecânica) do compósito desenvolvido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Pó de madeira (WF)

O pó de madeira (WF), obtido a partir da serragem industrializada e empregado no reforço da matriz polipropileno, foi fornecido pela Pinhopó – Moagem de Ma-

deiras Ltda., cuja denominação técnica é *Farinha de Madeira (wood flour)*, obtida a partir da serragem e da trituração de madeiras, em especial o *pinnus eliottis*, simplificada denominada pinus⁹.

A Farinha de Madeira é utilizada pelas indústrias como carga, para redução de custos e para melhorar as propriedades físicas dos produtos finais, nos segmentos de plásticos, de fundição (macharia e moldes), de cerâmica refratária e de tintas. É utilizada também como material acústico, em explosivos, eletrodos e ainda, como abrasivo suave para limpeza e polimento de peças.

Esse material é fornecido em diversas especificações de acordo com o tipo de madeira, e classificado pela sua granulometria, pureza, brancura, umidade, entre outros. Em recente pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, o produto apresentou as características citadas na Tabela 1, conforme catálogo do fabricante⁹.

A Pinhopó – Moagem de Madeiras Ltda fornece a farinha de madeira em seis classes distintas de granulometria que variam da malha 20 a 200 (peneira Tyler), acondicionadas em sacaria de 30 kg.

TABELA 1

Características técnicas do pó de madeira (WF)⁹

Propriedade	Unidade	Valor
Teor máximo de umidade	%	7
Densidade aparente (norma DIN 53466)	g/cm ³	0,2504
Teor de cinzas (a 600°C)	-	0,34
Teor de silício (em SiO ₂)	%	< 0,03
PH do extrato (água 6,2)	-	5

Para este trabalho, utilizou-se pó de madeira industrializado com tamanho médio de partícula igual à abertura da malha 140 (índice *mesh*, peneira Tyler), que é o tipo mais indicado.

A estabilidade térmica do pó de madeira, foi avaliada por Termogravimetria (TG), realizada no Analisador Térmico Analyst 2000 da TA Instruments.

2.2 Termoplástico polipropileno modificado

Os corpos-de-prova do compósito PP/WF foram obtidos com 80% da matriz polipropileno (PP) reforçada com 20% de pó de madeira (WF), conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2

Constituição e características do compósito obtido no presente trabalho

	Fornecedor	Denominação técnica	Tipo	Penelra Tyler	Densidade	Teor de umidade
Matriz polimérica polipropileno (PP)	Polibrasil S. A. Indústria e Comércio	PP Prolen [®] TM 6100	Homopolímero	-	$\rho = 0,905$ g/cm ³	-
Reforço particulado pó de madeira (WF)	Pinhopó Moagem de Madeiras Ltda	Farinha de Madeira (wood flour – WF)	Reforço particulado de diâmetro médio: $d_{50} = 0,146$ mm	Índice mesh: 140	(aparente) $\rho = 0,2504$ g/cm ³	7%

2.3 Métodos

O compósito C₁: PP/WF foi desenvolvido em um Reômetro de Torque Haake, modelo Rheocord 90, usando-se como acessório um misturador interno Rheomix 600, com rotores tipo Roller, que foi utilizado apenas para estudar a influência do pó de madeira na processabilidade dos compósitos. O polímero PP e o reforço WF foram misturados intensamente à temperatura de 200°C, durante 40 minutos, com a rotação dos rotores fixada em 45 rpm e com um carregamento de 60 gramas (20% WF e 80% PP).

O compósito PP/WF foi preparado em uma extrusora de rosca dupla, co-rotacional, Werner & Pfleiderer – ZSK 30, equipada com dois alimentadores, sendo que os componentes foram adicionados na mesma posição de alimentação. O material extrudado na forma de fio foi resfriado em água e granulado em um granulador automático, posteriormente seco em estufa a 80°C, durante 4 horas. Foram preparados 3 kg do compósito.

A partir do compósito obtido em extrusora de rosca dupla, os corpos-de-prova foram moldados para serem utilizados nos ensaios mecânicos de tração, de flexão, de impacto e de dureza, nos ensaios térmicos e na caracterização estrutural. Foi utilizada uma injetora Arburg Allouder 270 V, com capacidade máxima de injeção de 54 cm³ e diâmetro de rosca de 25 mm.

O compósito desenvolvido em reômetro de Torque Haake e preparado em extrusora de dupla rosca foi caracterizado após a primeira injeção e após um reprocessamento por injeção.

Os ensaios de tração foram realizados segundo a ASTM D 638-94, com dez ensaios para cada composição. Para cada corpo-de-prova foi determinada a resistência à tração. As medições foram realizadas em Máquina Universal de Ensaio – Instron (modelo 1127), com célula de carga 500 kgf.

Os ensaios de flexão foram realizados segundo a norma ASTM D 790-94, com dez ensaios para cada composição, em Máquina Universal de Ensaio – Instron (modelo 1127), com célula de carga 500 kgf. Para cada corpo-de-prova determinou-se a resistência à flexão (σ_F) e o módulo de elasticidade sob flexão (E_F).

Os ensaios de Índice de Fluidez foram realizados em um Plastômetro Kayeness, conforme a norma ASTM D-1238, com cinco ensaios para cada composição, na condição L ($T = 230^\circ\text{C}$ e carga 2,160 kg). O material utilizado estava na forma de grânulos, coletado após a etapa de extrusão das formulações em rosca dupla.

Os ensaios de densidade foram realizados conforme norma ASTM D-792.

Os ensaios de Resistência ao Impacto Izod com entalhe foram realizados em máquina de impacto instrumentada Ceast, modelo Resil 25R, conforme a norma ASTM D-256-94, com dez ensaios para cada composição.

Os ensaios de Dureza Rockwell R foram realizados conforme a norma ASTM D-785-94, com dez ensaios para cada composição.

Os ensaios da Temperatura de Distorção ao Calor sob carga foram realizados em um medidor de temperatura de distorção térmica (HDT) e temperatura Vicat, marca Ceast, modelo HDT 6 Vicat P/N 6921, conforme a norma ASTM D-648, com seis ensaios para cada composição, com duas tensões (455 kPa e 1820 kPa).

Os ensaios da Temperatura do Ponto de Amolecimento Vicat foram realizados em máquina de impacto instrumentada Ceast, modelo Resil 25R, conforme a norma ASTM D-1525, com seis ensaios para cada composição.

A análise térmica por calorimetria diferencial de varredura (DSC), foi realizada em equipamento da Du Pont Equipamentos (TA Instruments), utilizando-se módulo DSC 2910 e as amostras obtidas no processo de extrusão e após a injeção dos corpos-de-prova. A massa utilizada no ensaio foi de aproximadamente 10 mg.

3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÕES

Os resultados dos diversos ensaios e avaliações estruturais são apresentados nas Tabelas e Figuras dos itens descritos a seguir.

3.1 Ensaios de tração – resistência à tração

A Tabela 3 apresenta os valores da resistência à tração referentes ao polipropileno puro (PP) e ao compósito C_1 :(PP/WF).

TABELA 3

Resultados de resistência à tração (MPa)

Formulações Ensaio	PP puro σ_T (MPa)	C ₁ : PP/WF (PP/20%WF) σ_T (MPa)
1	34,1 ± 0,6	36,3 ± 0,3
2	33,8 ± 0,3	35,9 ± 0,7
3	33,6 ± 0,1	35,3 ± 1,3
4	32,8 ± 0,7	36,5 ± 0,1
5	33,5	37,2 ± 0,6
6	33,5	38,3 ± 1,7
7	32,9 ± 0,6	36,5 ± 0,1
8	34,0 ± 0,5	37,2 ± 0,6
9	33,5	36,8 ± 0,2
10	33,3 ± 0,2	35,9 ± 0,7
Valor médio	33,5 ± 0,4	36,6 ± 0,8

Com os dados da Tabela 3, foi elaborado um diagrama de barras comparativo da propriedade resistência à tração (σ_T) entre o PP puro e o compósito PP/WF, ilustrado na Figura 1.

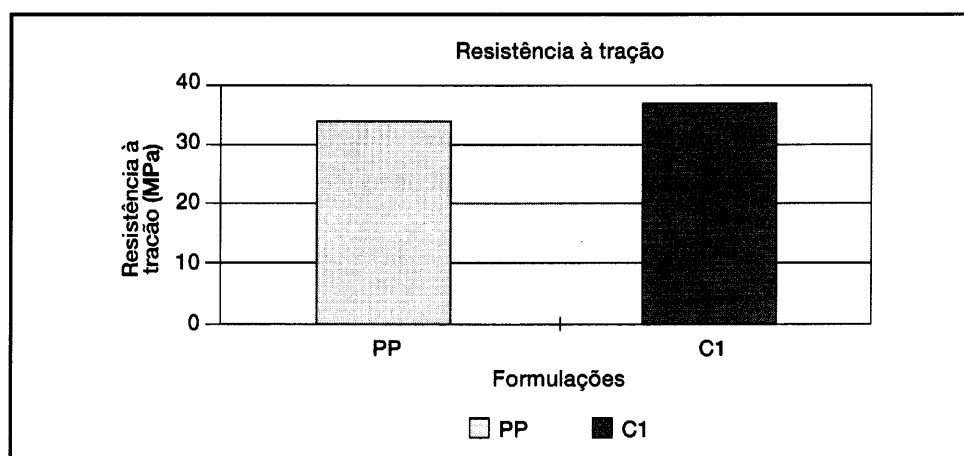


Figura 1 Comparação das resistências à tração (σ_T) entre o PP puro e compósito C₁

Analisando-se os valores da Tabela 3 e do diagrama da Figura 1, observou-se que todos os valores obtidos para o compósito PP/WF são superiores em relação àqueles do PP puro, ou seja, verificou-se um acréscimo de 9,3% nos valores da resistência à tração do compósito PP/WF (PP reforçado com 20% de pó de madeira), em relação aos valores do PP puro.

3.2 Resistência à flexão (MPa) e módulo de flexão (GPa)

A Tabela 4 fornece os valores da resistência à flexão obtidos para o polipropileno puro (PP) e para o compósito PP/WF.

TABELA 4

Resultados de resistência à flexão (MPa)

Formulações Ensaio	PP puro σ_F (MPa)	C ₁ : PP/WF (PP/20%WF) σ_F (MPa)
1	35,8 ± 0,1	46,8 ± 0,9
2	36,0 ± 0,3	45,0 ± 0,9
3	35,0 ± 0,7	43,5 ± 2,4
4	35,8 ± 0,1	48,0 ± 2,1
5	34,9 ± 0,8	46,5 ± 0,6
6	36,2 ± 0,5	46,5 ± 0,6
7	36,0 ± 0,3	43,9 ± 2,0
8	35,5 ± 0,2	46,5 ± 0,6
9	35,5 ± 0,2	45,8 ± 0,1
10	36,0 ± 0,3	46,5 ± 0,6
Valor médio	35,7 ± 0,4	45,9 ± 1,9

Com os dados da Tabela 4, foi elaborado um diagrama de barras comparativo da propriedade resistência à flexão (σ_F) entre o PP puro e o compósito C₁: PP/WF, ilustrado na Figura 2.

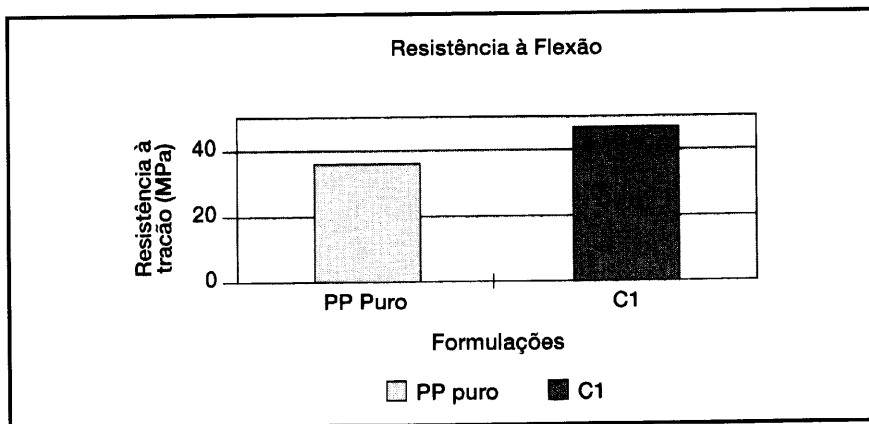


Figura 2 Comparação das resistências à tração (σ_T) entre o PP puro e compósito C₁

Analisando-se os valores da Tabela 4 e o diagrama da Figura 2, observou-se que todos os valores da resistência à flexão obtidos para o compósito PP/WF são superiores em relação àqueles do PP puro, ou seja, verificou-se um acréscimo de 28,5% nos valores da resistência à flexão do compósito PP/WF em relação aos valores do PP puro.

A Tabela 5, apresenta os valores obtidos nos ensaios do módulo de elasticidade à flexão entre o PP puro e o compósito C₁: PP/WF.

TABELA 5

Resultados do módulo de elasticidade à flexão

Formulações Ensaio	PP puro E _F (GPa)	C ₁ : PP/WF (0WF) E _F (GPa)
1	1,32 ± 0,01	1,78 ± 0,06
2	1,32 ± 0,01	1,74 ± 0,02
3	1,30 ± 0,01	1,68 ± 0,04
4	1,30 ± 0,01	1,65 ± 0,07
5	1,25 ± 0,06	1,74 ± 0,02
6	1,28 ± 0,03	1,76 ± 0,04
7	1,30 ± 0,01	1,74 ± 0,02
8	1,35 ± 0,04	1,65 ± 0,07
9	1,30 ± 0,01	1,74 ± 0,02
10	1,35 ± 0,04	1,68 ± 0,04
Valor médio	1,31 ± 0,03	1,72 ± 0,05

Com os dados da Tabela 5, foi elaborado um diagrama de barras comparativo da propriedade módulo de elasticidade à flexão (E_F) entre o PP puro e o compósito C₁: PP/WF, ilustrado na Figura 3.

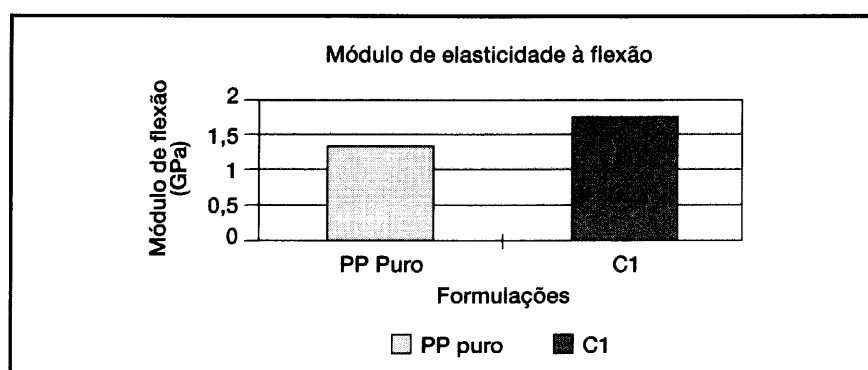


Figura 3 Comparação dos módulos de elasticidade a flexão

Analisando-se os valores da Tabela 5 e o diagrama da Figura 3, observou-se que todos os valores obtidos para o compósito C_1 são superiores em relação àqueles do PP puro, isto é, há um aumento na rigidez pela incorporação das cargas reforçantes. Verificou-se um acréscimo de 28,5% no módulo de flexão do compósito C_1 : PP/WF (PP reforçado com 20% de pó de madeira) em relação aos valores do PP puro.

3.3 Ensaios de índice de fluidez

A Tabela 6 apresenta os valores dos ensaios do índice de fluidez obtidos para o polipropileno puro (PP) e para o compósito C_1 : PP/WF.

TABELA 6

Resultados dos ensaios de índice de fluidez

Formulações	PP puro	C_1 :PP/WF (PP/20%WF)
Ensaio	IF (g/10 min)	IF (g/10 min)
1	15,5 ± 0,2	8,5 ± 0,2
2	15,5 ± 0,2	8,9 ± 0,2
3	15,9 ± 0,2	8,7
4	15,8 ± 0,1	8,6 ± 0,1
5	15,8 ± 0,1	8,6 ± 0,1
Valor médio	15,7 ± 0,2	8,7 ± 0,2

A partir da Tabela 6, foi elaborado um diagrama de barras comparativo do índice de fluidez entre o polipropileno puro (PP) e o compósito PP/WF, ilustrado na Figura 4.

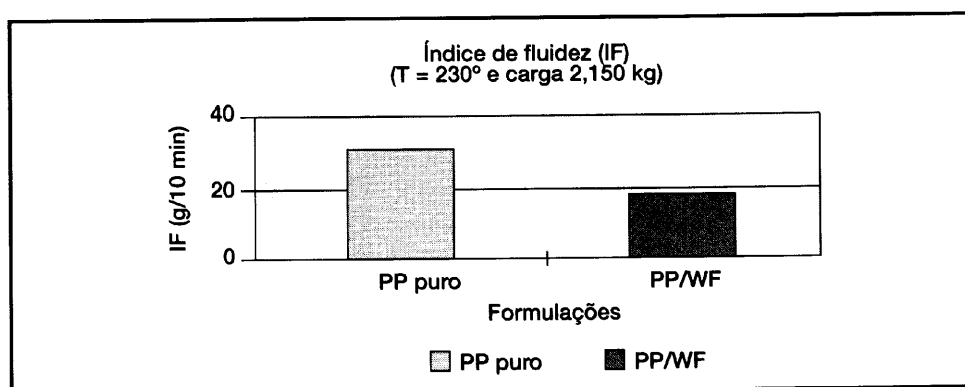


Figura 4 Comparação dos índices de fluidez entre o PP puro e o compósito PP/WF

Analisando-se os valores da Tabela 6 e da Figura 4, observou-se que houve um decréscimo de 44,6% nos valores do índice de fluidez do compósito C₁: PP/WF (PP reforçado com 20% WF) em relação aos valores do PP puro.

3.4 Medidas de densidade

A Tabela 7 apresenta os valores das medidas de densidade obtidos para o polipropileno puro (PP) e para o compósito C₁: PP/WF.

TABELA 7

Medidas de densidade

Formulações Ensalos	PP puro ρ (g/cm ³)	C ₁ : PP/WF (PP/20%WF) ρ (g/cm ³)
1	0,905 ± 0,003	1,012 ± 0,008
2	0,910 ± 0,002	1,050 ± 0,030
3	0,908	1,010 ± 0,010
4	0,910 ± 0,002	1,015 ± 0,005
5	0,905 ± 0,003	1,015 ± 0,005
Valor médio	0,908 ± 0,003	1,020 ± 0,016

A partir da Tabela 3, foi elaborado um diagrama de barras comparativo da densidade entre o PP e PP/WF.

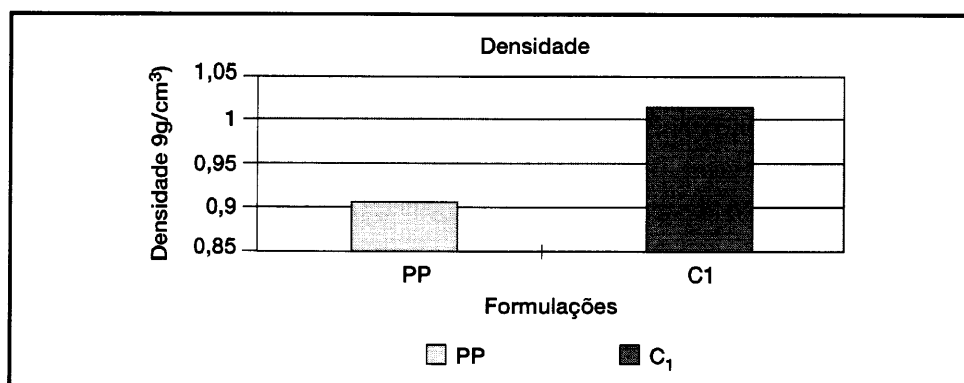


Figura 5 Comparação das densidades entre o PP puro e o compósito PP/WF

Analisando-se os valores da Tabela 7 e da Figura 5, observou-se um acréscimo de 12,3% nos valores da densidade do compósito C_1 : PP/WF em relação aos valores do PP puro.

3.5 outros ensaios

- a) Ensaio de Resistência ao Impacto Izod com Entalhe: obteve-se o valor médio de (25 ± 2) J/m para o PP puro e (17 ± 1) J/m para o compósito C_1 : PP/WF, verificando-se um decréscimo de 32% no valor da resistência ao impacto do compósito C_1 : PP/WF em relação ao valor do PP puro.
- b) Ensaio de Dureza Rockwell R: obteve-se o valor médio de (81 ± 1) para o PP puro e (85 ± 1) para o compósito C_1 : PP/WF, verificando-se um acréscimo de aproximadamente 4% no valor da dureza do compósito C_1 : PP/WF em relação ao PP puro, o que pode proporcionar ao compósito C_1 : PP/WF uma maior resistência a risco, o que deve ser útil em inúmeras aplicações.
- c) Ensaio da Temperatura de Distorção ao Calor: obteve-se o valor médio de $(106 \pm 1)^\circ\text{C}$ para o PP puro e $(112 \pm 1)^\circ\text{C}$ para o compósito C_1 : PP/WF, a uma tensão de 455 kPa, verificando-se um acréscimo de 6% no valor da distorção ao calor do compósito C_1 : PP/WF em relação ao valor do PP puro. A uma tensão de 1820kPa obteve-se $(56 \pm 1)^\circ\text{C}$ para o PP puro e $(67 \pm 1)^\circ\text{C}$ para o compósito C_1 : PP/WF, verificando-se um acréscimo de 20% no valor da distorção ao calor do compósito C_1 : PP/WF em relação ao valor do PP puro.
- d) Ensaio da Temperatura do Ponto de Amolecimento Vicat: obteve-se o valor médio de $(153 \pm 1)^\circ\text{C}$ para o PP puro e $(151 \pm 1)^\circ\text{C}$ para o compósito C_1 : PP/WF, verificando-se que os resultados são equivalentes.

3.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As Figuras 6 e 7 apresentam as micrografias do pó de madeira. É possível observar que ele ainda conserva a forma preferencial de microfibrilas, mesmo após um processo industrial de moagem. A característica reforçante do pó de madeira pode ser atribuída à presença dessas microfibrilas. Também foi constatada a formação de alguns aglomerados; isso deve influenciar negativamente no desempenho mecânico dos compósitos.

As Figuras 8 a 10 apresentam as micrografias dos compósitos PP/WF; observa-se uma distribuição homogênea, uma dispersão adequada do pó de madeira na matriz polimérica e poucos aglomerados. Também constata-se uma boa interação interfacial entre a carga reforçante e a matriz polimérica.



Figura 6 Micrografia do pó de madeira (WF) com 100 vezes de aumento

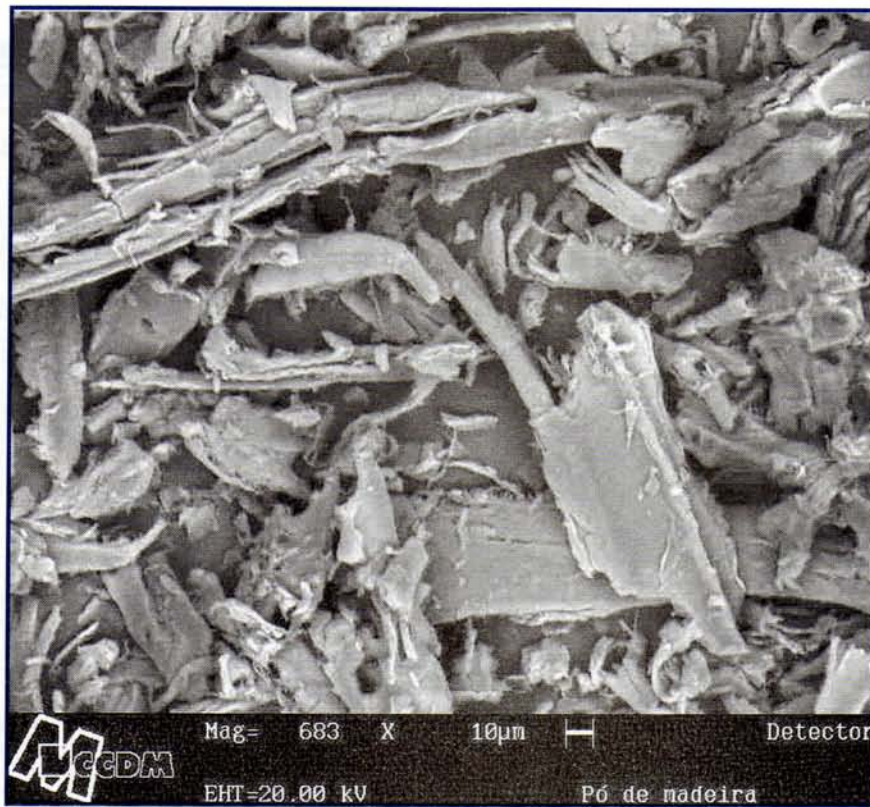


Figura 7 Micrografia do pó de madeira (WF) com 683 vezes de aumento

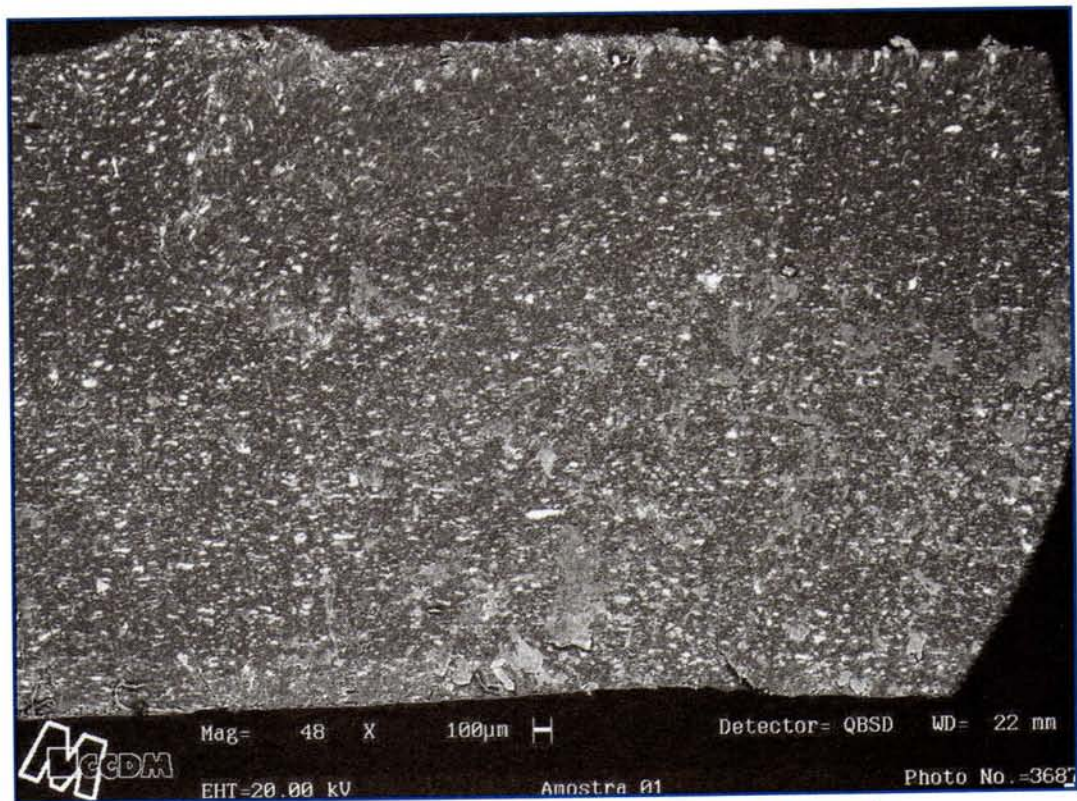


Figura 8 Micrografia do compósito C₁: PP/WF com 48 vezes de aumento

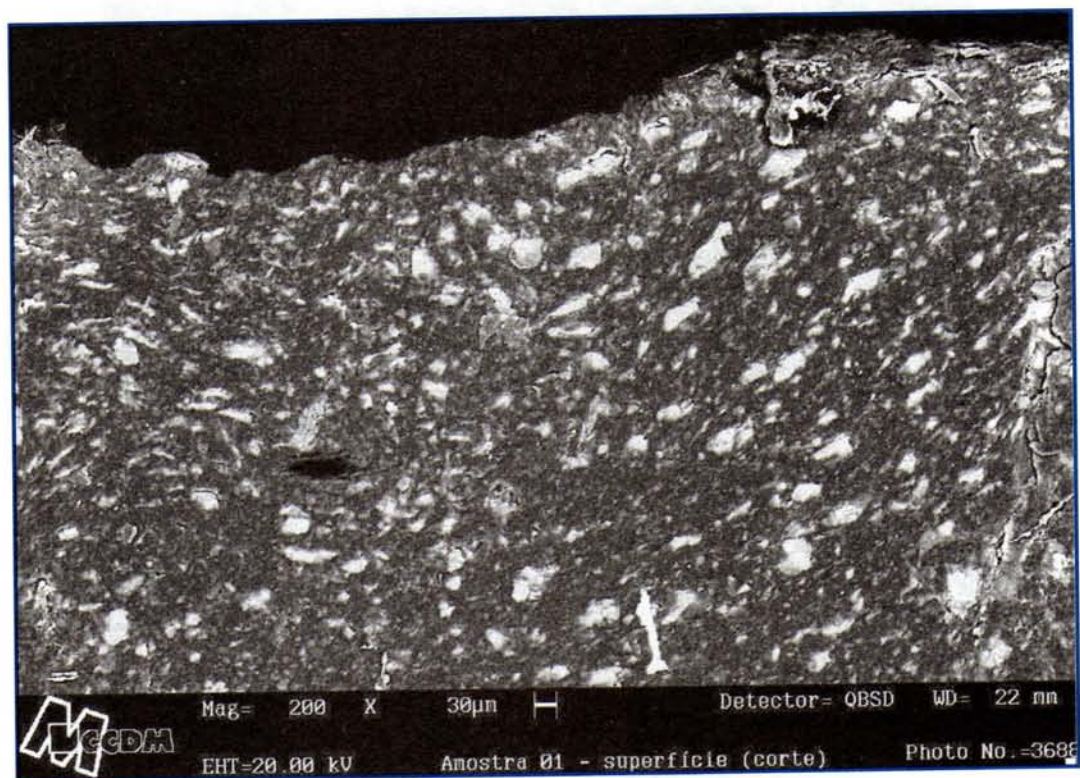


Figura 9 Micrografia do compósito PP/WF com 200 vezes de aumento

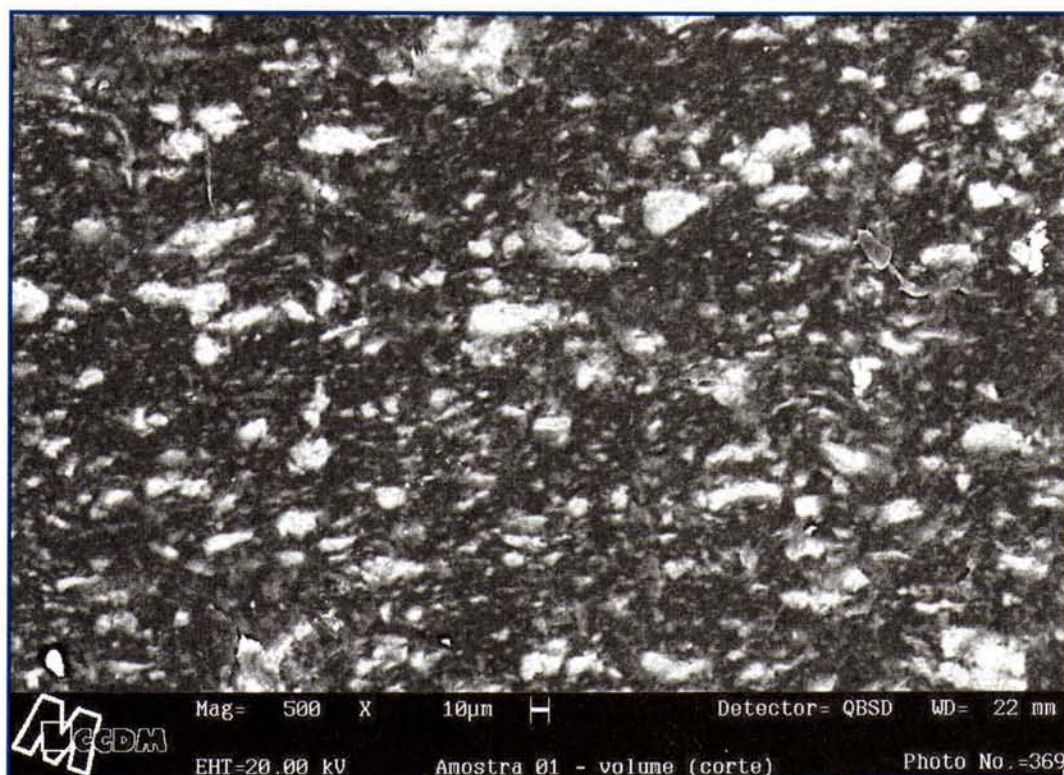


Figura 10 Micrografia (volume de corte) do compósito PP/WF com 500 vezes de aumento

3.7 Calorimetria diferencial de varredura (DCS)

Pela técnica de Calorimetria Diferencial de Varredura, verifica-se se uma carga reforçante age como nucleante observando-se o aumento da temperatura de cristalização da matriz polimérica. Por meio de análise dos valores encontrados, verificou-se que o pó de madeira atuou como nucleante para o polipropileno, pois a inclusão do pó de madeira (WF) aumentou a temperatura de cristalização do polipropileno (de 106,5°C a 111,3°C). No compósito C₁: PP/WF houve um aumento no grau de cristalinidade (de 41,8% para 45,7%), o que pode explicar a menor resistência ao impacto deste compósito.

3.8 Reprocessamento dos compósitos

Os corpos-de-prova dos compósitos foram moídos e para simular a primeira reciclagem mecânica (primeiro reprocessamento), foram novamente injetados e testados. De acordo com os valores obtidos, é viável a utilização de tais formulações após o primeiro processamento, dependendo da finalidade a que se propõe o material, posto que a variação média nos valores das propriedades estudadas neste trabalho foi de até 15%.

4 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos neste trabalho, concluiu-se:

- Dos ensaios de processabilidade, realizados no Reômetro de Torque Haake, constatou-se que o compósito PP/WF pode ser processado em condições similares ao PP puro.
- A preparação do compósito em extrusora de rosca dupla possibilitou que na moldagem por injeção fossem obtidos corpos-de-prova com aspecto visual satisfatório e bom acabamento superficial.
- Por meio da análise por termogravimetria, concluiu-se que o pó de madeira não sofreu degradação térmica intensa, mas apresentou estabilidade térmica moderada nas condições de processamento empregadas neste trabalho. Como consequência da estabilidade térmica limitada do pó de madeira, houve escurecimento do corpo-de-prova do compósito C_1 : PP/WF.
- As incorporações do pó de madeira proporcionaram expressivos aumentos da rigidez do polipropileno (módulo de flexão).
- Devido à modificação com pó de madeira, houve uma redução na resistência ao impacto Izod, com entalhe, atribuída ao aumento no grau de cristalinidade da matriz polimérica do compósito PP/WF.
- Pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), comprovou-se que o desempenho mecânico do compósito C_1 : PP/WF pode ser atribuído principalmente à interação interfacial entre WF e o polímero PP. A distribuição e a dispersão da carga reforçante na matriz polimérica foi satisfatória, mesmo com a observação de alguns aglomerados provenientes da fase dispersa.
- No comportamento de cristalização, caracterizado por DSC, verificou-se que o pó de madeira atuou como nucleante para o polipropileno. A presença do pó de madeira também interferiu na morfologia dos cristalitos de polipropileno, resultando em um aumento no grau de cristalinidade desta matriz polimérica.
- Após um reprocessamento (reciclagem mecânica), o compósito PP/WF apresentou variações inferiores a 15% nas propriedades mecânicas, nos ensaios térmicos e no índice de fluidez.

REFERÊNCIAS

1. GATCHTER R., MULLER H. *Plastics additives handbook*, 3 ed. Munique: Hanser Publishers, 1990.
2. RICHARDSON, T. L. *Composites: a design guide*. Nova York: Industrial Press Inc., 1987.
3. MANCINI, S.D., FRATTINI, G., ZANIN, M. Potencial de reciclagem dos materiais advindos de resíduos urbanos. In: Anais do Simpósio de Eng. de Mat. DEMa-UFSCar, p. 64-65, 1995.
4. STARK, N. M., BERGER, M. J. Effect of particle size on properties of wood-flour reinforced polypropylene composites. In: Proceedings – The Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison: p. 134-143, 1997.
5. RECH, G. R., VIEIRA, S. L., CARVALHO, G. A., ZENI, M., ZATTERA, J. A. Utilization of wood sawdust in composites based on polypropylene. In: Proceedings – Second International Symposium on Natural Polymers and Composites – ISNaPol/98. Atibaia, p. 111-114, 1998.
6. OKSMAN, K. CLEMONS, C. Effect and coupling agent on impact performance of wood flour-filled polypropylene. In: Proceedings – The Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, Wisconsin, p. 43-49, 1997.
7. OKSMAN, K., CLEMONS, C. Mechanical properties na morphology of impact modified polypropylene-wood flour composites. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 67, p. 1503-1513. 1998.
8. AGNELLI, J. A. M., WIEBECK, H. Reciclagem de polímeros: situação brasileira. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, n. 4, ano 6, p. 9-18, out./dez., 1996.
9. CATÁLOGO Técnico da Pinhopó. Moagem de Madeiras Ltda.
10. CATÁLOGO Técnico do Reômetro.