

Caracterização de Compósitos de Poliolefinas Recicladas com Fibras de Açaí



ISSN 1518-7179

Novembro, 2008

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 36

Caracterização de Compósitos de Poliolefinas Recicladas com Fibras de Açaí

José Manoel Marconcini

Edson Noriyuki Ito

José Dalton Cruz Pessoa

Carlos Triveño Rios

Luiz Henrique Caparelli Mattoso

Elias Hage Jr

Embrapa Instrumentação Agropecuária

São Carlos, SP

2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 21072902
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Valentim Monzane
Foto da capa: Documento Embrapa
Editoração eletrônica: Manoela Campos

1ª edição

1ª impressão (2008): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação Agropecuária

M321c Marconcini, José Manoel

Caracterização de compósitos de poliolefinas recicladas com fibras de açafé./
José Manoel Marconcini, Edson Noriyuki Ito, José Dalton Cruz Pessoa, Carlos
Triveño Rios, Luiz Henrique Caparelli Mattoso, Elias Hage Junior. São Carlos:
Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

15 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos,
ISSN 1518-7179; 36).

1. Açafé - Fibras. 2. Compósitos. 3. Polietileno reciclado. 4. Polipropileno reciclado.
5. Ciência dos Materiais. I. Ito, Edson Noriyuki. II. Pessoa, José Dalton Cruz. III.
Rios, Carlos Triveño. IV. Mattoso, Luiz Henrique Caparelli. V. Hage Junior, Elias.
VI. Título. VII. Série.

CDD 21 ED 620.197
620.118

© Embrapa 2008

Autores

José Manoel Marconcini

Eng. de Materiais, Dr., Pesquisador,
Embrapa Instrumentação Agropecuária,
C.P. 741, CEP 13560-970,
São Carlos (SP)
marconcini@cnpdia.embrapa.br

Edson Noriyuki Ito

Eng. de Materiais, Dr.,
Depto. de Engenharia de Materiais da UFRN,
Campus Universitário S/N, Lagoa Nova,
59078-970 Natal-RN,
ito@ufrnet.br

José Dalton Cruz Pessoa

Físico, Dr., Pesquisador,
Embrapa Instrumentação Agropecuária,
C.P. 741, CEP 13560-970,
São Carlos (SP)
dalton@cnpdia.embrapa.br

Carlos Triveño Rios

Eng. de Materiais, Dr.,
UFSCar, Rod. Washington Luiz, km 235,
Caixa Postal, 676, São Carlos, SP,
CEP: 13565-905,
cartir@hotmail.com

Luiz Henrique Caparelli Mattoso

Eng. de Materiais, Dr., Pesquisador,
Embrapa Instrumentação Agropecuária,
C.P. 741, CEP 13560-970,
São Carlos (SP)
mattoso@cnpdia.embrapa.br

Elias Hage Jr

Eng. de Materiais, Dr.,
UFSCar, Rod. Washington Luiz, km 235,
Caixa Postal, 676, São Carlos, SP,
CEP: 13565-905,
elias@power.ufscar.br

Apresentação

O reforço de termoplásticos com fibras naturais, especialmente de plásticos reciclados, além de ser objeto relevante de pesquisa, apresenta forte interesse para a indústria, devido à redução de custos, produção de materiais de melhor desempenho, possibilidade de melhorias ambientais e uso de recursos naturais renováveis disponíveis localmente. Neste trabalho, compósitos de poliolefinas recicladas com resíduos de fibras de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) foram produzidos e estudados, avaliando-se propriedades térmicas e mecânicas. Diferentes composições (10 e 20% de fibras) foram obtidas e avaliadas com e sem a adição de compatibilizante. As análises térmicas foram utilizadas para caracterizar o comportamento térmico de fibras de açaí e das poliolefinas recicladas, auxiliando a estabelecer as temperaturas de processamento dos compósitos. Observou-se que a adição de fibras de açaí às poliolefinas recicladas manteve ou aumentou a resistência mecânica nos compósitos, em comparação com as poliolefinas recicladas.

Álvaro Macedo da Silva
Chefe Geral

Sumário

1. Introdução	9
2. Experimental	10
2.1. Materiais	10
2.2. Métodos	10
3. Resultados e discussões	11
Conclusões	14
Referências	14

Caracterização de Compósitos de Poliolefinas Recicladas com Fibras de Açaí

José Manoel Marconcini
Edson Noriyuki Ito
José Dalton Cruz Pessoa
Carlos Triveño Rios
Luiz Henrique Caparelli Mattoso
Elias Hage Jr

1. Introdução

O uso de fibras naturais como reforço para termoplásticos tem despertado interesse crescente, principalmente para termoplásticos reciclados, devido ao baixo custo, utilização de recursos naturais brasileiros disponíveis, além de contribuir para a diminuição da geração de resíduos (BONELLI et al., 2005).

As poliolefinas, polietilenos (PE) e polipropileno (PP), são plásticos de uso geral ("commodities") que são utilizados em embalagens, utensílios domésticos, fios, fibras e peças automobilísticas. A quantidade de plásticos descartada nos resíduos sólidos urbanos na coleta seletiva é em torno de 22% em massa (CEMPRE, [2008]). Deste total de plásticos, os polietilenos de alta densidade (HDPE) e de baixa densidade (LDPE) correspondem a 36%, enquanto que o polipropileno corresponde a 11%, o poli(tereftalato de etileno) (PET) a 20%, o PVC a 13% e outros tipos de materiais plásticos a 20% (CEMPRE, [2008]). Portanto, as poliolefinas são 47% dos plásticos descartados. Durante a etapa de coleta de reciclados plásticos ocorrem misturas entre eles, sendo que a contaminação de PP com HDPE não é facilmente removida durante o processo de separação por densidade, pois ambos os polímeros têm densidade específica muito próxima. A incompatibilidade entre HDPE e PP é agravada pelo fato de que as tampas de PP moldadas por injeção possuem uma viscosidade bem diferente dos HDPE utilizados em garrafas moldadas por sopro (SCHEIRS, 1998).

Há trabalhos contraditórios na literatura relatando os efeitos da contaminação de PP na reciclagem de HDPE (SCHEIRS, 1998; HARRIS, 1991). Devido ao fato do PP fundir a temperaturas em torno de 40°C acima do PE utilizado em garrafa de leite, ocorre a não dispersão eficiente de PP na matriz do reciclado de PE. A contaminação de PP em baixos níveis pode reduzir as propriedades mecânicas de HDPE reciclado (HARRIS, 1991). Há o indício de que contaminação de PP pode causar problemas em linhas de solda de peças moldadas de HDPE. Isto é, por causa do PP que é imiscível com HDPE, ocorre a segregação na frente do fluxo do fundido durante a etapa de moldagem, localizando-se preferencialmente na região da linha de solda (SCHEIRS, 1998). Porém, também foi verificado que a adição de uma quantidade de PP maior que 10% no HDPE têm pouco efeito na resistência à tração e ao impacto de HDPE pós-consumo, não alterando estas propriedades (SCHEIRS, 1998). Estas duas poliolefinas são muito semelhantes visualmente e frequentemente ocorre a mistura desses materiais nos processos de coleta e separação de reciclados. Esses materiais somente podem ser identificados separadamente utilizando-se métodos sofisticados de caracterização como a espectrofotometria na região do infravermelho (SCHEIRS, 1998).

As blendas de PP reciclado (oriundo de bateria) e HDPE reciclado (originado de garrafas de leite) estão sendo testadas pela Ford. As principais aplicações de blendas de PP reciclado são o uso em peças automobilísticas tais como, pára-choque de PP, peças de ar condicionado, ventoinhas, válvulas de fluxo de ar, visores, painel de instrumentos, fixadores, etc. (SCHEIRS, 1998).

Uma abordagem para utilização da biomassa é a sua utilização na composição de novos materiais que sejam ambientalmente corretos e que provenham de fontes renováveis. As fibras naturais têm sido cada vez mais utilizadas como reforço para termoplásticos, devido

ao baixo custo da matéria-prima, sua biodegradabilidade e pelas boas propriedades mecânicas conferidas ao compósito (BONELLI et al., 2005). Neste contexto a importância das fibras naturais como reforço vem aumentando significativamente devido a fatores como o alto preço das fibras sintéticas e à busca crescente por materiais de baixo custo que sejam provenientes de fontes renováveis, possuam boas propriedades mecânicas e térmicas e não causem danos ambientais.

Para promover o uso de fibras naturais, tais como sisal, juta, piaçava, em aplicações na área de engenharia uma série de fatores precisam ser pesquisados e desenvolvidos. Estes incluem: (1) a fraca interação entre fibras naturais e matrizes poliméricas; (2) a suscetibilidade das fibras naturais à degradação termooxidativa durante o processamento dos compósitos e (3) a resposta mecânica destes compósitos (CHAND e DWIVEDI, 2006; LUNDQUIST et al., 2003; CHOW et al., 2007).

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palma da região norte do Brasil. A agroindústria do açaí é uma das cadeias produtivas importantes para o estado do Pará. Estima-se hoje que somente na cidade de Belém são comercializados de 100.000 a 120.000 toneladas de frutos de açaí por ano, e que sua indústria de processamento gera um excedente de cerca de 300 toneladas por dia de lixo orgânico constituído principalmente de caroços (ROGEZ, 2000; PESSOA et al., 2006), descartados em aterros sanitários e cursos d'água.

Este trabalho apresenta como objetivo a caracterização de compósitos entre blendas de poliolefinas recicladas, (PP/PE)rec, com fibras de açaí, obtidas do descarte do processamento do açaí. As poliolefinas recicladas e as composições de compósitos com as fibras de açaí, com e sem o agente de compatibilização polipropileno funcionalizado com anidrido maleico (PP-MAH) foram caracterizadas por meio de análises térmicas, propriedades mecânicas e morfológicas.

2. Experimental

Materiais

Foi utilizada uma amostra de poliolefinas recicladas (PP/PE)rec que foi gentilmente doada pela empresa RECIPLAST, com índice de fluidez de 1,0g/10min (230°C/2,16Kg). As fibras de açaí (Açaí) foram adquiridas da empresa Amazon Frut e o Polipropileno funcionalizado com anidrido maleico (PP-MAH) (Orevac®), utilizado como agente de compatibilização, foi fornecido pela empresa Arkema.

Métodos

As fibras de açaí apresentam-se na forma de penachos, conforme (Fig. 1), as quais foram trituradas em moinho de faca para a redução do tamanho e a homogeneização da amostra. Os grânulos de (PP/PE)rec e do PP-MAH foram pulverizados em um moinho criogênico para a obtenção do material em pó. As fibras de açaí, os pós do (PP/PE)rec e do PP-MAH foram secos durante 15 horas a 80°C em estufa a vácuo.

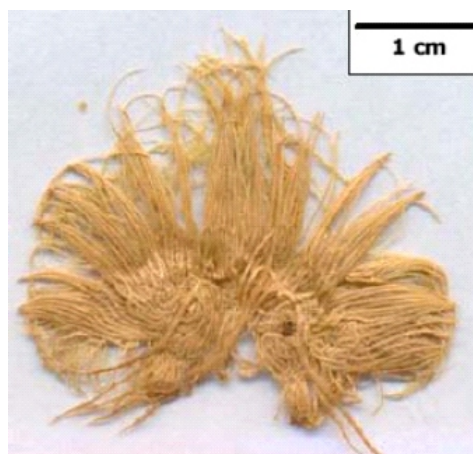


Fig. 1 - Penacho de fibras de açaí.

As curvas de termogravimetria (TG) foram obtidas em um equipamento da marca TA Instruments modelo TGA Q500, à razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, massa de amostra em torno de 10mg, porta amostra de platina, da temperatura ambiente a 600°C , vazão de ar sintético no forno de 60 ml min^{-1} e 40 ml min^{-1} de nitrogênio na balança.

As curvas de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foram obtidas em um equipamento da marca TA Instruments modelo DSC Q100, à razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, massa de amostra em torno de 3 a 4mg, porta-amostra de alumínio com tampa, na faixa de temperatura -80 a 200°C e vazão de nitrogênio de 50 ml min^{-1} .

As formulações dos compósitos que foram misturadas em uma extrusora de dupla rosca corrotacional ($d = 19\text{ mm}$ and $L/D = 25$) da B&P Process Equipment and Systems model MP19-TC, usando um perfil de temperatura de 180°C na zona de alimentação, 190°C na zona seguinte e 200°C nas zonas subseqüentes. As amostras foram moldadas em uma injetora da marca Arburg Allrounder modelo 270V usando os mesmos perfis de temperatura usados durante a etapa de mistura por extrusão e com uma temperatura de molde de 40°C . As formulações dos compósitos processadas são apresentadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Formulações dos compósitos preparados.

#	Materiais	% em massa
1	Poliolefinas recicladas - (PP/PE)rec	100
2	(PP/PE)rec / Açaí	90/10
3	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH	85/10/5
4	(PP/PE)rec / Açaí	80/20
5	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH	75/20/5

Os ensaios de resistência à tração foram realizados segundo a norma ASTM D638-01 em uma máquina universal de ensaios da marca Instron modelo 5569, a aquisição e o tratamento dos dados foram realizados utilizando-se o Software Merlin II, a uma velocidade de 5 mm.min^{-1} , utilizando um extensômetro de 25 mm com remoção a 1% de deformação.

3. Resultados e Discussões

A partir dos resultados de termogravimetria da mistura de poliolefinas (PP/PE)rec, apresentada na Figura 2, pode se observar que, em ar sintético, a temperatura de início de degradação foi de $228,2^{\circ}\text{C}$ enquanto que para as fibras de açaí foi de $225,0^{\circ}\text{C}$. Essa informação é importante para o processamento dos materiais e obtenção dos compósitos, pois se deve processá-los nas etapas de extrusão e injeção abaixo destas temperaturas de início de degradação. Neste trabalho foi utilizada a temperatura máxima de processamento de 200°C para o processamento dos compósitos, acima da temperatura fusão das poliolefinas (Fig. 3) e abaixo das temperaturas de degradação dos materiais. As fibras de açaí, em atmosfera de nitrogênio, apresentaram temperatura de início de degradação em torno de 230°C (MARTINS et al., 2006).

As fibras de açaí devem sempre ser previamente secas, pois foi observada uma quantidade de voláteis (água, óleos, etc.) em torno de 9,3%, entre temperatura ambiente e 175°C . A quantidade de resíduos das fibras de açaí em 550°C foi de 4,8%, enquanto para o (PP/PE)rec foi de 1,6%.

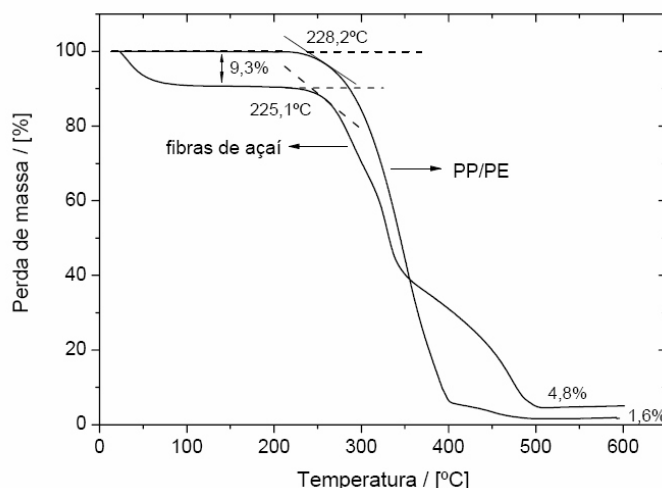


Fig. 2 - Curvas TG das fibras de açai e da mistura de poliolefinas recicladas (PP/PE)rec, razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, massa de amostra em torno de 10mg, porta amostra de platina, e vazão de ar sintético no forno.

Com o resultado da caracterização por DSC, apresentada na Figura 3, pode-se observar que ocorrem duas transições térmicas referentes à temperatura de fusão de dois tipos de polímeros diferentes na amostra de poliolefinas recicladas.

As poliolefinas recicladas (PP/PE)rec apresentaram uma primeira faixa de fusão, entre 102 e 132°C , com pico de fusão em $125,9^{\circ}\text{C}$, correspondente a misturas de polietileno de baixa densidade e de polietileno de alta densidade. Também se observou uma segunda faixa de fusão entre 132 e 169°C , com pico de fusão em 161°C , correspondente ao polipropileno (PP). Foi realizada uma estimativa do percentual de polipropileno na mistura PP/PE a partir da equação (1), proposta por Camacho e Karlsson (CAMACHO e KARLSSON, 2001), na qual os autores apresentam uma correlação entre o H de fusão do PP e a porcentagem em massa de PP (XPP) em blendas PP/PE.

$$H \text{ de fusão do PP} = 0,6892.XPP \quad (1)$$

A partir da análise da curva DSC, obteve-se, neste trabalho, o valor de H de fusão do PP igual a $53,79 \text{ J g}^{-1}$, e utilizando-se a equação 1, estimou-se um valor de fração mássica de PP (XPP) em torno de 78%. Considerando a mistura de reciclados contendo somente PE e PP, a fração mássica de polietilenos (XPE) é igual a 22%. Os valores de fração mássica dos polímeros desta estimativa foram utilizados nos cálculos de entalpia de fusão dos componentes PE e PP nos compósitos.

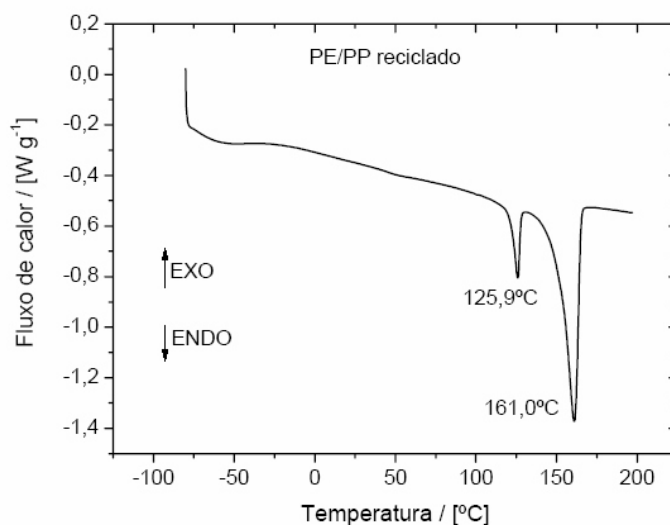


Fig. 3 - Curva DSC da mistura de poliolefinas recicladas PP/PE, à razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, massa de amostra de 3,4mg, porta amostra de alumínio com tampa, na faixa de temperatura -80 e 200°C e vazão de nitrogênio de 50 ml min^{-1} .

A partir dos resultados da Tabela 2 observou-se que a adição de fibras de açaí na mistura de poliolefinas, na ausência de compatibilizante, pequenas variações na temperatura de fusão do polietileno (T_m PE), é a uma diminuição da entalpia de fusão do componente polietileno nos compósitos. Esta diminuição pode ser interpretada como uma inibição da cristalização do polietileno em relação à blenda (PP/PE)rec. A adição de 5% de PP-MAH também não alterou a T_m PE significativamente, e levou a uma redução no ΔH_m PE, comparando-se ao polietileno na blenda.

Comparando-se as composições com adição de 20% de fibras de açaí, observou-se uma redução de ΔH_m PE, de $35,6 \text{ J g}^{-1}$ na blenda para $26,7 \text{ J g}^{-1}$ no compósito sem compatibilizante, ocorrendo um aumento para $33,7 \text{ J g}^{-1}$ no compósito com compatibilizante.

Tabela 2 - Resultados referentes ao componente polietileno da blenda (PP/PE)rec do compósitos reciclados.

#	Materiais	T_m PE ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH_m PE ($\text{J g}_{\text{PE}}^{-1}$)
1	(PP/PE)rec (100)	125,9	35,6
2	(PP/PE)rec / Açaí (90/10)	126,0	32,0
3	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH (85/10/5)	125,9	32,3
4	(PP/PE)rec / Açaí (80/20)	126,3	26,7
5	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH (75/20/5)	125,8	33,7

Na Tabela 3, ao se analisar a temperatura de fusão do polipropileno, pode-se observar efeito semelhante ao ocorrido com o polietileno, em que houve pequenas variações de T_m PP com o aumento da porcentagem de fibras na ausência e na presença de PP-MAH.

A entalpia de fusão do PP (ΔH_m PP) nos compósitos apresentou uma diminuição com o aumento da adição de fibras, mostrando um efeito inibidor na cristalização do polipropileno. Porém, com a adição de PP-MAH, a redução não foi tão acentuada de maneira similar ao componente polietileno.

Tabela 3 - Resultados referentes ao componente Polipropileno blenda (PP/PE)rec do compósitos reciclados.

#	Materiais	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH_m PP ($\text{J g}_{\text{PP}}^{-1}$)
1	(PP/PE)rec (100)	161,0	69,0
2	(PP/PE)rec / Açaí (90/10)	161,1	66,2
3	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH (85/10/5)	161,0	62,9
4	(PP/PE)rec / Açaí (80/20)	161,7	58,4
5	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH (75/20/5)	161,2	66,2

Os resultados de ensaios mecânicos apresentados na Tabela 4 mostram que com a adição da fibra de açaí, assim como do agente de compatibilização PP-MAH, não ocorreu variação na propriedade de resistência máxima do compósito.

A blenda (PP/PE)rec apresenta uma elongação de mais de 395% que é um valor limite em função do limite de altura do travessão da máquina de ensaio. Os resultados de elongação apresentados na Tabela 4 são referentes aos valores obtidos na tensão máxima do material, pois nesta tensão os compósitos apresentaram mudanças nas propriedades visuais e mecânicas. Verificou-se que a elongação máxima reduziu-se em função do aumento da concentração de fibra de açaí e essa elongação é aumentada com a adição do compatibilizante interfacial PP-MAH.

O aumento da elongação máxima com adição do PP-MAH nos compósitos é um indício da eficiência da compatibilização da fibra de açaí com a blenda (PP/PE)rec.

Observou-se que a adição das fibras de açaí levou a um aumento do módulo de elasticidade para todos os compósitos, ao se comparar com a blenda. Pode-se também constatar que nos compósitos, com o aumento da concentração de fibra de açaí, ocorreu um aumento do módulo de elasticidade e uma ligeira redução deste módulo com a adição do PP-MAH.

Tabela 4 - Resultados de propriedades mecânicas dos compósitos.

#	Materiais	$\sigma_{\text{máximo}}$ (MPa)	$\varepsilon_{\text{máximo}}$ (%)	E (GPa)
1	(PP/PE)rec (100)	$24,0 \pm 0,3$	$9,7 \pm 0,2^{*1}$	$1,1 \pm 0,1$
2	(PP/PE)rec / Açaí (90/10)	$23,8 \pm 0,8$	$6,4 \pm 0,3^{*2}$	$1,4 \pm 0,1$
3	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH (85/10/5)	$23,5 \pm 0,6$	$7,3 \pm 0,6^{*2}$	$1,3 \pm 0,0$
4	(PP/PE)rec / Açaí (80/20)	$23,2 \pm 0,9$	$4,2 \pm 0,1^{*2}$	$1,6 \pm 0,1$
5	(PP/PE)rec / Açaí / PP-MAH (75/20/5)	$24,4 \pm 1,5$	$5,4 \pm 0,3^{*2}$	$1,4 \pm 0,1$

*1 A blenda (PP/PE)rec pura apresenta a elongação de ruptura no limite do travessão da máquina universal de tração com valor em torno de 395%.

*2 O valor de deformação na resistência máxima está sendo utilizado devido ao efeito visual de mudança crítica na aparência dos compósitos.

Conclusões

A adição de fibras de açaí nas quantidades de 10 e 20% em poliolefinas recicladas levou à obtenção de compósitos com a manutenção do nível de propriedades mecânicas e termomecânicas da blenda de poliolefinas recicladas, com indício de um melhor desempenho do compósito com a adição de 20% de fibras de açaí sem a adição de agente compatibilizante.

A obtenção de novos materiais na forma de compósitos a partir de poliolefinas recicladas e de fibras vegetais de açaí, que atualmente são descartados em grandes quantidades, é possível, vantajosa e promissora, apresentando impacto positivo sobre o meio ambiente.

Agradecimentos

À empresa RECIPLAST pela doação do polímero reciclado e as agências de fomento Embrapa, CNPq, FAPESP e PRONEX/FINEP/CNPq.

Referências

BONELLI, C. M. C.; ELZUBAIR, A.; SUAREZ, J. C. M.; MANO, E. B. Comportamento térmico, mecânico e morfológico de compósitos de polietileno de alta densidade reciclado com fibra de piaçava. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v.15, n. 4, p. 256-260, 2005.

CAMACHO, W.; KARLSSON, S. NIR, DSC, and FTIR as Quantitative Methods for Compositional Analysis of Blends of Polymers Obtained From Recycled Mixed Plastic Waste. (near infrared spectroscopy, differential scanning calorimetry, Fourier transform infrared spectroscopy). **Polymer engineering and science**, Stanford, v. 41, p. 1626-, 2001.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. **Cempre Ciclosoft 2008**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2008.php>. Acesso em: 14 maio 2008.

CHAND, N.; DWIVEDI, U. K. Effect of coupling agent on abrasive wear behaviour of chopped jute fibre-reinforced polypropylene composites. **Wear**, Lausanne, v. 261, n. 10, 1057-1063, 2006.

CHOW, C. P. L.; XING, X. S.; LI, R. K. Y. Moisture absorption studies of sisal fibre reinforced polypropylene composites. **Composites Science and Technology**, Barking, v. 67, n. 2, p. 306-313, 2007.

HARRIS, M. G. The Physical Properties and effects of polymeric contamination on post-consumer recycled high density polyethylene. In: **Polyolefins**: VII RETEC, Houston, TX, 1991. [S. l.: s. n., 1991]. Pp. 672-678.

LUNDQUIST, L.; MARQUE, B.; HAGSTRAND, P. O. ; LETERRIER, Y.; MANSON, J. A. E. Novel pulp fibre reinforced thermoplastic composites. **Composites Science and Technology**, Barking, v. 63, n. 1, p. 137-152, 2003.

MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. Estudo térmico da fibra do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). In: CBRATEC, 5; CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE TÉRMICA E CALORIMETRIA, 5., 2006, Poços de Caldas, MG. **Livro de resumos...** [S. l.]: ABRATEC, 2006. p. 48.

PESSOA, J. D. C.; ARDUIN, M.; MARTINS, M. A. In: WORLD CONGRESS OF FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 13.; IUForst2006, Nantes France. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2006. p. 593.

ROGEZ, H. **Açaí**: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém, PA: EDFPA, 2000.

SCHEIRS, J. **Polymer Recycling**: Science, Technology and Applications. New York: John Wiley & Sons, 1998.



Embrapa Instrumentação Agropecuária

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

