



Polímeros: Ciência e Tecnologia

ISSN: 0104-1428

abpol@abpol.org.br

Associação Brasileira de Polímeros

Brasil

Ferreira, Kaline R. M.; Leite, Itamara F.; Siqueira, Alex da S.; Raposo, Claudia M. O.; Carvalho, Laura H.; Silva, Suédina M. L.

Uso de Argila Organofílica na Compatibilização de Misturas PP/EPDM

Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 21, núm. 5, 2011, pp. 421-428

Associação Brasileira de Polímeros

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47021106014>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Uso de Argila Organofílica na Compatibilização de Misturas PP/EPDM

Kaline R. M. Ferreira

*Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, UFCG*

Itamara F. Leite

*Departamento de Engenharia de Materiais, UFPB*

Alex da S. Siqueira

*Universidade Estadual da Zona Oeste, UEZO*

Claudia M. O. Raposo

*Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia, UFCG*

Laura H. Carvalho, Suédina M. L. Silva

*Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, UFCG*

**Resumo:** Misturas PP/EPDM com variadas razões PP:EPDM, não compatibilizadas e compatibilizadas com o polipropileno modificado com anidrido maleico (PP-g-MA), foram preparadas por fusão. A influência da adição de 1 pcr de uma argila bentonita na morfologia, propriedades mecânicas e reológicas destas misturas foi avaliada. A bentonita empregada como carga, proveniente da Bentonit União Nordeste/PB foi purificada e modificada organicamente com tecnologia desenvolvida por nosso grupo de pesquisa, antes de ser adicionada às misturas. Os dados de difratometria de raios X mostraram que, para diferentes razões de PP:EPDM na mistura a incorporação de 1 pcr de argila organofílica resultou na formação de nanocompósitos intercalados desordenados (20 ou 40% de EPDM) ou intercalados/esfoliados (10 e 30% EPDM). A incorporação da argila organofílica provocou alterações nas propriedades morfológicas, mecânicas e reológicas das misturas, especialmente daquelas preparadas com 30% em massa de EPDM onde a ação compatibilizante da argila foi observada.

**Palavras-chave:** *Blendas PP/EPDM, argila organofílica, compatibilização.*

## The Use of an Organoclay on the Compatibilization of PP/EPDM Blends

**Abstract:** PP/EPDM blends with different PP:EPDM ratios, non-compatibilized and compatibilized with maleic anhydride grafted polypropylene (PP-g-MA) were prepared by melting. The influence of 1 phr bentonite clay addition on the morphology, mechanical and rheological properties of these blends was evaluated. The bentonite used as a filler, provided by Bentonit União Nordeste/PB, was purified and organically modified with a technology developed by our research group, before being added to the blends. X-ray diffraction results showed that, for blends having different PP:EPDM ratios, 1 phr organoclay addition led to the formation of intercalated (20 or 40% EPDM) or intercalated/exfoliated (10 and 30% EPDM) nanocomposites. The morphological, mechanical and rheological properties of the blends were modified by organoclay addition, especially for those with 30 wt% of EPDM, where a compatibilizing effect of the organoclay was observed.

**Keywords:** *PP/EPDM blends, organoclay, compatibilization.*

## Introdução

O desenvolvimento de misturas (blendas) poliméricas é de grande interesse acadêmico e industrial por ser uma prática relativamente simples de criar materiais com propriedades desejadas<sup>[1,2]</sup>. A mistura de polipropileno (PP) com elastômeros visa melhorar sua resistência ao impacto (tenacidade) a baixas temperaturas. Vários elastômeros são usados como modificadores de impacto para o PP, incluindo poliisobutíleno<sup>[3]</sup>, copolímero em bloco de estireno-butadieno<sup>[4]</sup>, poliisopreno<sup>[5]</sup> e borracha natural<sup>[6]</sup>, mas os copolímeros de etileno-propileno (EPR)<sup>[7]</sup> e os terpolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM)<sup>[8-11]</sup> têm sido mais eficientes para esta aplicação.

Estudos reportados na literatura têm mostrado que a incorporação do EPDM ao PP resulta na obtenção de PP tenacificado, também denominado poliolefina termoplástica

(TPO). Contudo, algumas propriedades mecânicas do PP, tais como dureza e rigidez são notavelmente reduzidas o que limita o campo de aplicação destes materiais<sup>[12]</sup>. Visando, portanto, conseguir um ótimo balanço de propriedades (tenacidade e dureza), cargas convencionais como talco e fibras de vidro têm sido incorporadas as poliolefinas termoplásticas (TPOs), produzindo compósitos ternários<sup>[13]</sup>. Devido ao tamanho ou razão de aspecto de tais cargas, grandes quantidades (>20% em massa) são requeridas para se atingir as propriedades desejadas o que dificulta o processamento e resulta em materiais mais densos. A substituição de tais cargas por pequenas quantidades (<5% em massa) de argilas organofílicas permite aumentos na dureza (módulo) do TPO comparável ao PP carregado com 30-40% de talco quando dispersas na matriz polimérica em escala nanométrica<sup>[14]</sup>.

**Autor para correspondência:** Suédina M. de L. Silva, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-140, Campina Grande, PB, Brasil, e-mail: [suedina@dema.ufcg.edu.br](mailto:suedina@dema.ufcg.edu.br)

Níveis muito baixos de carga (1-5%) em nanocompósitos a base de TPOs (nano-TPO) possibilita o processamento em temperaturas mais baixas o que diminui o tempo de ciclo, além disso, os TPOs na forma de nanocompósitos apresentam dureza equivalente aos carregados com talco, porém são mais leves (baixa gravidade específica), apresentam melhor resistência ao impacto a baixas temperaturas e uma melhor qualidade superficial das peças moldadas (superfícies com tato aveludado), maior resistência ao risco e maior temperatura de distorção térmica (HDT)<sup>[15]</sup>. Isto possibilita a utilização dos nano-TPOs na indústria automobilística, podendo substituir outros termoplásticos de engenharia para melhorar o processamento bem como a reciclagem<sup>[16]</sup>. Embora nanocompósitos a base de TPO (PP/EPDM) tenham sido preparados com sucesso por muitos grupos<sup>[17-23]</sup> as propriedades dos nano-TPOs são altamente dependentes de fatores como: tipo dos componentes, composição da mistura (razão de PP e EPDM) e, principalmente, tipo e teor de argila organofílica, bem como do grau de dispersão e de interação química desta com a matriz polimérica. Portanto, neste estudo foi avaliado o efeito de uma argila bentonita, proveniente de indústria local, na morfologia e propriedades mecânicas de misturas PP/EPDM (poliolefinas termoplásticas-TPOs), preparadas com variadas razões PP:EPDM, não compatibilizadas e compatibilizadas com polipropileno modificado com anidrido maleico (PP-g-MA).

## Experimental

### Materiais

O polipropileno isotáctico - PP H103 - (índice de fluidez de 40 dg/min a 230 °C/2,16 Kg e densidade de 0,905 g.cm<sup>-3</sup>), fornecido pela Braskem/Brasil e o terpolímero de etileno-propileno-dieno – EPDM de nome comercial Keltan 3200A (49% de etileno e viscosidade Mooney 51, ML (1 + 4) a 125 °C), fornecido pela DSM Elastomers Brazil/São Paulo, foram usados na preparação das blendas. O compatibilizante, polipropileno modificado anidrido maleico (PP-g-MA), Polybond 3200, com 1% em massa de anidrido maleico (índice de fluidez de 115 g/10 min a 190 °C/2,16 Kg; densidade de 0,91 g.cm<sup>-3</sup> e temperatura de fusão de 160-170 °C) foi fornecido pela Crompton Corporation/USA.

A bentonita Argel 35 (AN) com capacidade de troca catiônica (CTC) de 0,92 meq/g de argila, conforme determinada previamente<sup>[24]</sup>, foi fornecida pela Bentonit União Nordeste (BUN-Campina Grande/Brasil). Esta argila foi purificada, visando à remoção de matéria

orgânica, de acordo com procedimento reportado por Araújo et al. (2007)<sup>[25]</sup> e, codificada como AP. O surfactante brometo de cetil trimetil amônio, C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N<sup>+</sup>Br<sup>-</sup>, fornecido pela Vetec, foi usado como recebido na modificação orgânica da argila AP. A argila modificada organicamente com tecnologia nacional<sup>[26]</sup> foi codificada como APO.

### Preparação das amostras

As misturas PP/EPDM, PP/EPDM//PP-g-MA, PP/EPDM/APO e PP/EPDM/PP-g-MA/APO foram preparadas em um misturador interno Haake Rheomix 600, operando com rotores do tipo *roller* a 180 °C e 50 rpm por 15 minutos. As composições estudadas estão apresentadas na Tabela 1. A quantidade de argila organofílica (APO) empregada na preparação das misturas foi de 1 parte por cem de resina (1 pcr) em relação a quantidade de EPDM e, a quantidade de PP-g-MA foi de três vezes a quantidade de argila, correspondente a uma razão PP-g-MA: APO de 3:1. Antes da mistura o PP-g-MA foi seco em uma estufa a vácuo a 80 °C por 24 horas.

### Caracterização das Amostras

#### Difratometria de raios X (DRX)

As medidas de DRX foram conduzidas à temperatura ambiente em um equipamento Shimadzu XRD-6000, utilizando radiação Cuk $\alpha$  ( $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ ), tensão de 40 kV, corrente de 30 mA. As misturas foram examinadas em um intervalo de 2 $\theta$  entre 2 e 12° e velocidade de varredura de 2°/min. Corpos de prova com espessura média de 1,0 mm, moldados por compressão a 180 °C, foram usados para esta caracterização.

#### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As superfícies de fratura das misturas foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura JEOL T330A. As amostras foram fraturadas em nitrogênio líquido e as superfícies de fratura recobertas com uma fina camada de ouro antes de serem analisadas.

#### Propriedades mecânicas

As misturas foram caracterizadas por ensaio de tração de acordo com a norma da ASTM D882. Os testes foram conduzidos a temperatura ambiente em uma máquina EMIC com célula de carga de 20 N e velocidade de afastamento das garras de 5 mm/min. Uma média de 5 corpos de prova foi empregada para cada composição.

**Tabela 1.** Composição das amostras.

Amostra	Código	Proporção PP/EPDM	PP (g)	EPDM (g)	PP-g-MA (g)	APO (g)
PP/EPDM	PE91	90/10	45	5	–	–
	PE82	80/20	40	10	–	–
	PE73	70/30	35	15	–	–
	PE64	60/40	30	20	–	–
PP/EPDM/PP-g-MA	PEP91	90/10	45	5	0,15	–
	PEP82	80/20	40	10	0,30	–
	PEP73	70/30	35	15	0,45	–
	PEP64	60/40	30	20	0,60	–
PP/EPDM/APO	PEA91	90/10	45	5	–	0,05
	PEA82	80/20	40	10	–	0,10
	PEA73	70/30	35	15	–	0,15
	PEA64	60/40	30	20	–	0,20
PP/EPDM/ PP-g-MA/APO	PEPA91	90/10	45	5	0,15	0,05
	PEPA82	80/20	40	10	0,30	0,10
	PEPA73	70/30	35	15	0,45	0,15
	PEPA64	60/40	30	20	0,60	0,20

### Reometria de placas paralelas

O comportamento reológico das misturas foi avaliado em reômetro de placas paralelas da empresa Haake (MARS) nas seguintes condições: temperatura de análise de 190 °C, diâmetro da placa superior de 25 mm e distância entre as placas de 1 mm. Os testes foram realizados em triplicatas, sendo apresentado o valor médio para cada ponto analisado. Ensaios de varredura de deformação foram realizados na faixa de 0,1 a 500%, e os ensaios de varredura de frequência de 0,628 a 628 rad/s.

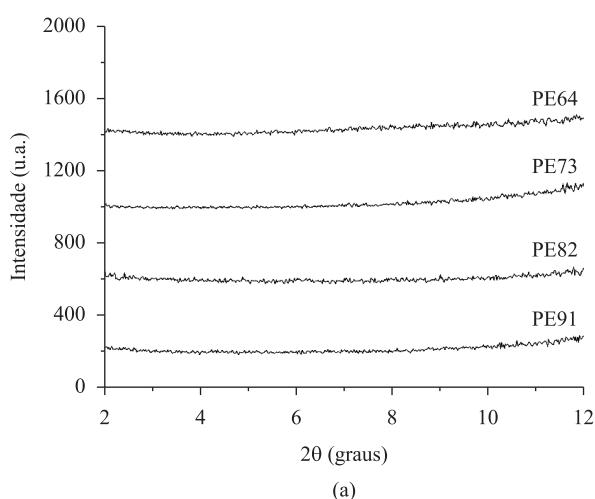
### Resultados e Discussão

#### Difratometria de raios X (DRX)

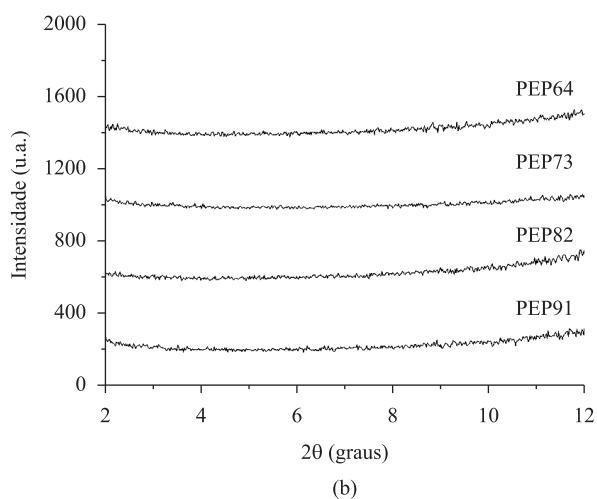
Os difratogramas de raios X das misturas PP/EPDM, com razões de PP para EPDM correspondentes a 90:10; 80:20; 70:30 e 60:40 não compatibilizadas (PE91, PE82, PE73 e PE64) e compatibilizadas com PP-g-MA (PEP91, PEP82, PEP73 e PEP64), estão mostrados na Figura 1. Conforme esperado, não se observa picos para nenhuma destas misturas na faixa de  $2\theta$  estudado (de 1,5 a 12°). Por outro lado, quando a argila organofílica APO foi incorporada as misturas PE82, PE73 e PE64 não compatibilizadas (Figura 2a), à distância interplanar basal da mesma aumentou de 1,9 nm ( $2\theta = 4,6^\circ$ ) para

aproximadamente 3,9 nm ( $2\theta = 2,3^\circ$ ), devido à penetração de cadeias poliméricas dentro da região interlamelar da argila. Os picos registrados para estas misturas (PEA82, PEA73 e PEA64) são bem alargados e de baixa intensidade, sugerindo a extensiva penetração do polímero e formação de nanocompósitos intercalados desordenados. Para a mistura PEA91, o pico correspondente a reflexão basal (001) da argila APO não foi observado. É possível que neste caso, nanocompósito predominantemente esfoliado tenha sido formado, pois a ausência de pico em um difratograma, correspondente a reflexão basal (001) da argila no polímero, sugere que as camadas de argila estão delaminadas e aleatoriamente dispersas na matriz polimérica<sup>[27]</sup>.

A Figura 2b mostra os difratogramas de raios X das misturas PP/EPDM/APO compatibilizadas com PP-g-MA (PEPA91, PEPA82, PEPA73 e PEPA64). Os difratogramas destas misturas foram semelhantes aos das misturas não compatibilizadas (PEA91, PEPA82, PEPA73 e PEPA64) (Figura 2a). Observa-se a presença de picos alargados e de baixa intensidade para as misturas PEPA82 e PEPA64, em torno de 3,9 nm ( $2\theta = 2,3^\circ$ ) correspondentes a reflexão basal (001) da argila APO, sugerindo a formação de nanocompósitos intercalados desordenados. Para a mistura PEPA91 o pico 001 está deslocado para valores de  $2\theta$  inferiores a 2,3° (distância interplanar basal superior a 3,9 nm) sugerindo a obtenção de um nanocompósito

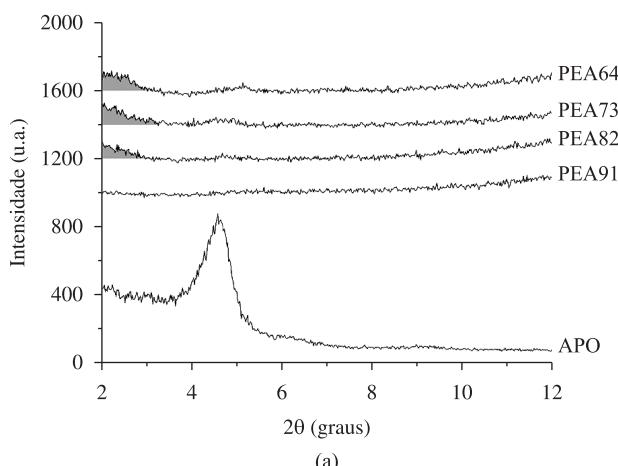


(a)

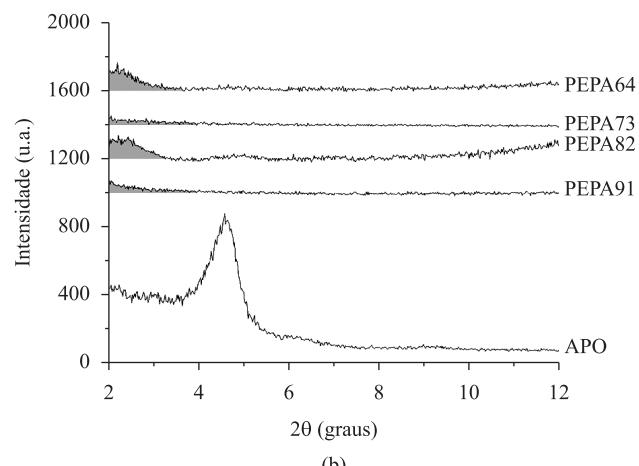


(b)

Figura 1. Difratogramas das misturas PP/EPDM a) não compatibilizadas; e b) compatibilizadas com PP-g-MA.



(a)



(b)

Figura 2. Difratogramas da argila organofílica APO e das misturas a) PP/EPDM/APO; e b) PP/EPDM/PP-g-MA/APO.

com estrutura mais desordenada do que às apresentadas pelas misturas PEPA82 e PEPA64. Para a mistura PEPA73, praticamente, não se observa pico na faixa de 20° estudado, indicando a possível obtenção de um nanocompósito predominantemente esfoliado.

Segundo a literatura<sup>[28]</sup>, as propriedades mecânicas dos nanocompósito s são significativamente melhoradas quando partículas de argila estão esfoliadas na matriz polimérica e quando uma boa afinidade entre as fases é atingida. Por esta razão, as propriedades mecânicas das misturas com morfologias predominantemente esfoliada ou intercalada/desordenada foram avaliadas (PEPA91, PEPA73, PEA91 e PEA73), conforme difratogramas mostrados na Figura 2.

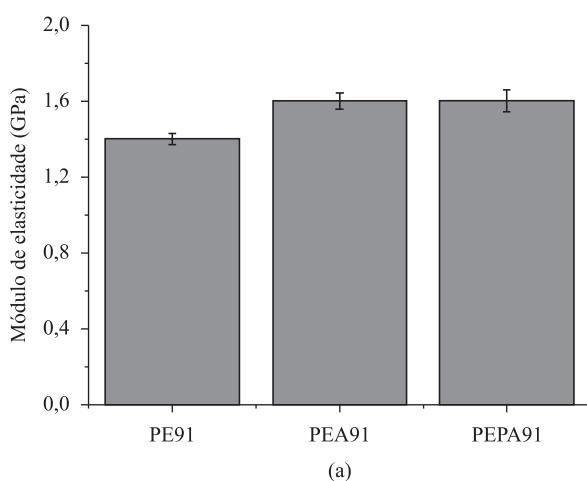
#### Propriedades mecânicas

Nas Figuras 3, 4 e 5 estão reportados os valores de módulo de elasticidade, resistência à tração e alongamento na ruptura das misturas PP/EPDM (PE), PP/EPDM/APO (PEA) e PP/EPDM/PP-g-MA/APO (PEPA), com razões de PP:EPDM correspondentes a 90:10 e 70:30.

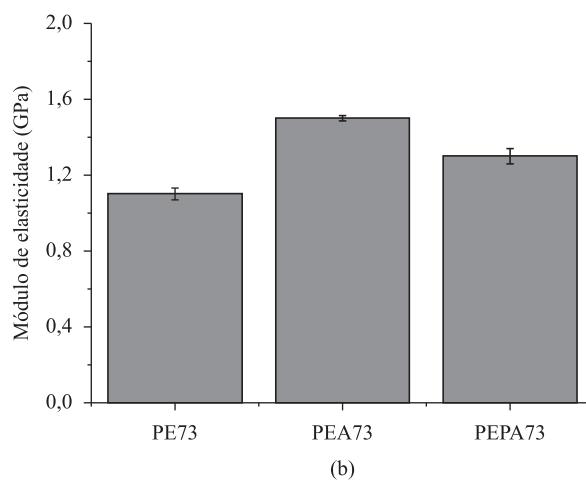
Comparando as misturas de PEA91 e PEPA73 com as misturas PE91 e PE73, observa-se que as misturas contendo 1 pcr de APO apresentaram aumentos de aproximadamente 21 e 61% nos valores

de resistência à tração; de 14 e 36% nos valores de módulo de elasticidade e de 67 e 91% nos valores de alongamento na ruptura, respectivamente. Como os maiores aumentos nos valores das propriedades mecânicas foram registrados para a mistura PEPA73, é possível que nesta mistura, a argila organofílica APO tenha atuado de forma mais efetiva como compatibilizante na interface dos dois polímeros, limitando a segregação de fases durante a etapa de mistura e, resultando em uma fina dispersão de fases ou em um aumento no grau de continuidade da fase EPDM na matriz de PP<sup>[29,30]</sup>. Para confirmar esta suposição, análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizadas e os resultados obtidos estão mostrados na Figura 6.

As propriedades mecânicas das misturas, PEPA91 e PEPA73, preparadas com a adição conjunta de PP-g-MA e APO também estão mostradas nas Figuras 3, 4, e 5. Estas misturas também apresentaram propriedades mecânicas superiores às das misturas PE91 e PE73 e quando comparadas com as misturas PEA91 e PEA73, verifica-se que os valores de módulo de elasticidade e de resistência à tração destas misturas são semelhantes ou ligeiramente inferiores aos das misturas PEA91 e PEA73. Por outro lado, os valores de alongamento na ruptura das misturas PEPA91 e PEPA73 são ligeiramente superiores aos das misturas PEA91 e PEA73. Os maiores valores desta propriedade para as misturas PEPA91 e

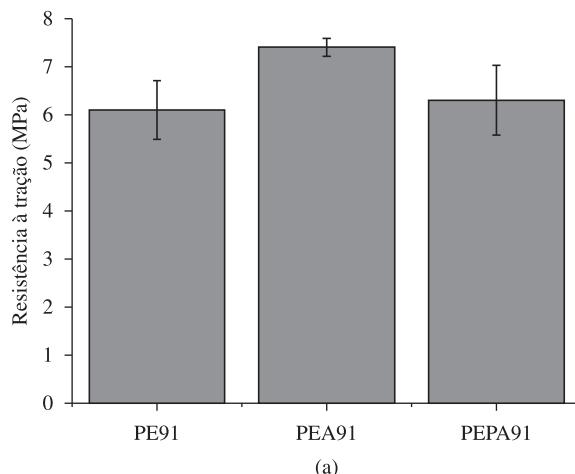


(a)

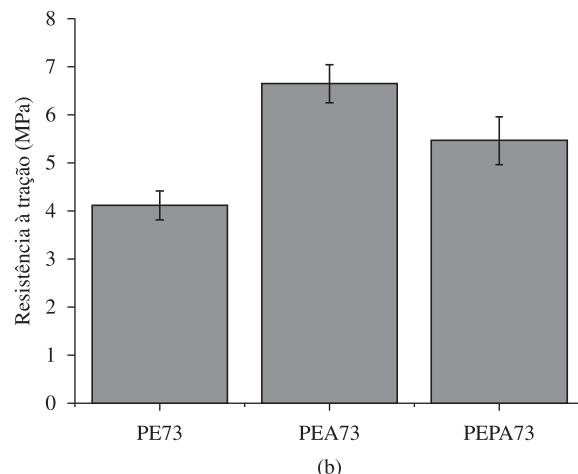


(b)

**Figura 3.** Módulo de elasticidade das misturas PP/EPDM (PE), PP/EPDM/APO (PEA) e PP/EPDM/PP-g-MA/APO (PEPA), com razões de PP:EPDM correspondentes a: a) 90:10; e b) 70:30.

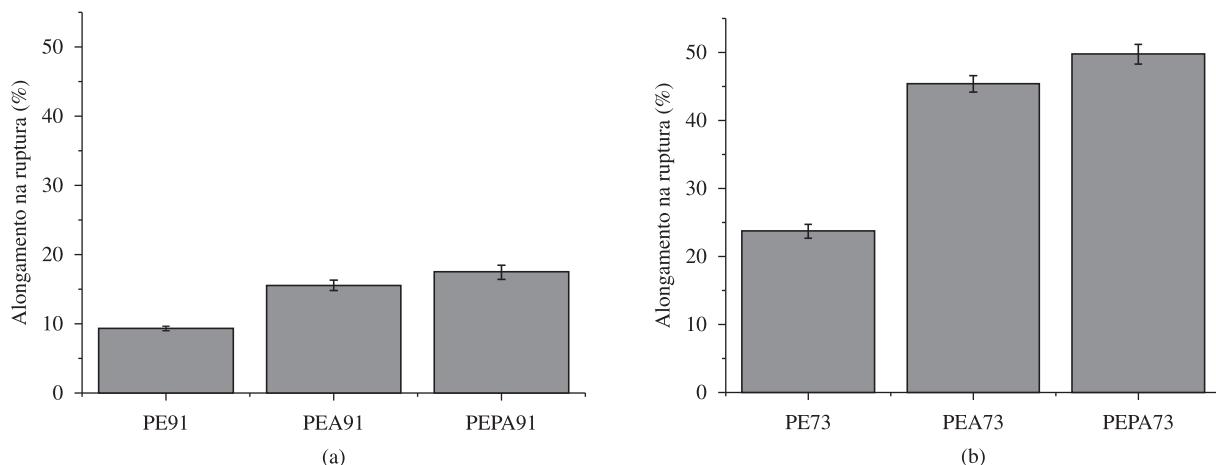


(a)



(b)

**Figura 4.** Resistência à tração das misturas PP/EPDM (PE), PP/EPDM/APO (PEA) e PP/EPDM/PP-g-MA/APO (PEPA), com razões de PP:EPDM correspondentes a: a) 90:10; e b) 70:30.



**Figura 5.** Alongamento na ruptura das misturas PP/EPDM (PE), PP/EPDM/APO (PEA) e PP/EPDM/PP-g-MA/APO (PEPA), com razões de PP:EPDM correspondentes a: a) 90:10; e b) 70:30.

PEPA73 sugerem uma maior compatibilização das misturas PP/EPDM quando preparadas na presença dos dois componentes (PP-g-MA e APO), uma vez que o alongamento na ruptura tem alta sensibilidade a variações estruturais e morfológicas de materiais<sup>[30]</sup>.

Os valores de resistência à tração e de módulo de elasticidade da mistura PP/EPDM contendo 30% em massa de EPDM e 1 pcr de APO (PEA73) foram semelhantes aos da mistura PP/EPDM contendo apenas 10% em massa de EPDM (PE91). Entretanto, o alongamento na ruptura da mistura PEA73 foi consideravelmente superior. Com base nesses resultados fica evidenciado que a incorporação de apenas 1 pcr da argila organofílica APO às misturas PP/EPDM promoveu a tenacificação do PP sem comprometer a sua rigidez.

#### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As micrografias de MEV das misturas PE, PEA e PEPA, com razões de PP:EPDM correspondentes a 90:10 e 70:30, estão mostradas na Figura 6. As misturas PE91 e PE73 exibiram uma morfologia globular típica de blendas imiscíveis, com gotículas esféricas da fase EPDM dispersa na matriz PP (Figuras 6a,b). A presença de vazios indica que a adesão interfacial é fraca para ambas as amostras<sup>[31]</sup>. A morfologia da mistura PEA91 (Figura 6c) é semelhante a da mistura PE91 (Figura 6a), indicando que a incorporação de argila organofílica APO praticamente não afetou o tamanho e a forma da fase dispersa. Por outro lado, a morfologia da mistura PEA73 (Figura 6d) exibiu uma extensão considerável de continuidade de fase, morfologia elipsoidal, significando que a forma irregular da fase dispersa, promovida pela carga APO resultou em um maior grau de interpenetração das fases. Comportamento semelhante foi reportado na literatura<sup>[32]</sup>.

A mistura PEPA91 (Figura 6e), mistura contendo PP-g-MA e APO, apresentou uma fase dispersa com menor tamanho de partícula e com uma menor quantidade de vazios quando comparada com a mistura PEA91 (Figura 6c), indicando que a mistura PP-g-MA/APO impede a coalescência e aglomeração das partículas de EPDM. Isto era esperado, uma vez que o PP-g-MA promove a compatibilização das fases constituintes, possibilitando uma maior interação entre as ambas as fases e, consequentemente, uma redução no tamanho da fase dispersa<sup>[1]</sup>.

A morfologia da mistura PEPA73 (Figura 6f) também foi afetada com a presença da mistura PP-g-MA/APO; a morfologia elipsoidal da fase dispersa EPDM mudou para esférica e os tamanhos das partículas foram inferiores aos observados para a mistura PE73 (Figura 6b). Isto indica um aumento na interação interfacial entre as duas fases.

Os resultados de MEV evidenciam o papel fundamental da argila organofílica APO em promover mudanças significativas na morfologia da mistura PE73 e, como consequência nas propriedades mecânicas da mesma. Evidenciam também o aumento na compatibilização dos componentes poliméricos quando as misturas foram preparadas na presença de PP-g-MA/APO (misturas PEPA). Os resultados de viscosidade complexa mostrados na Figura 7 e Tabela 2 corroboram estas observações.

Com base no exposto, o controle da morfologia e do comportamento da fase dispersa torna-se um fator chave na determinação do desempenho de blendas poliméricas, que depende principalmente da interface entre os componentes poliméricos. De acordo com a literatura<sup>[33-43]</sup> argilas organofílicas podem reduzir o tamanho dos domínios da fase dispersa de blendas poliméricas desde que sejam intercaladas ou esfoliadas em pelo menos um dos componentes da blenda polimérica. Conforme reportado<sup>[44,45]</sup>, enxertos formados *in situ*, durante o processo de mistura por fusão de blendas poliméricas/argilas organofílicas, podem ter a mesma função dos copolímeros em bloco, diminuindo eficientemente a tensão interfacial e reduzindo o tamanho dos domínios da fase dispersa.

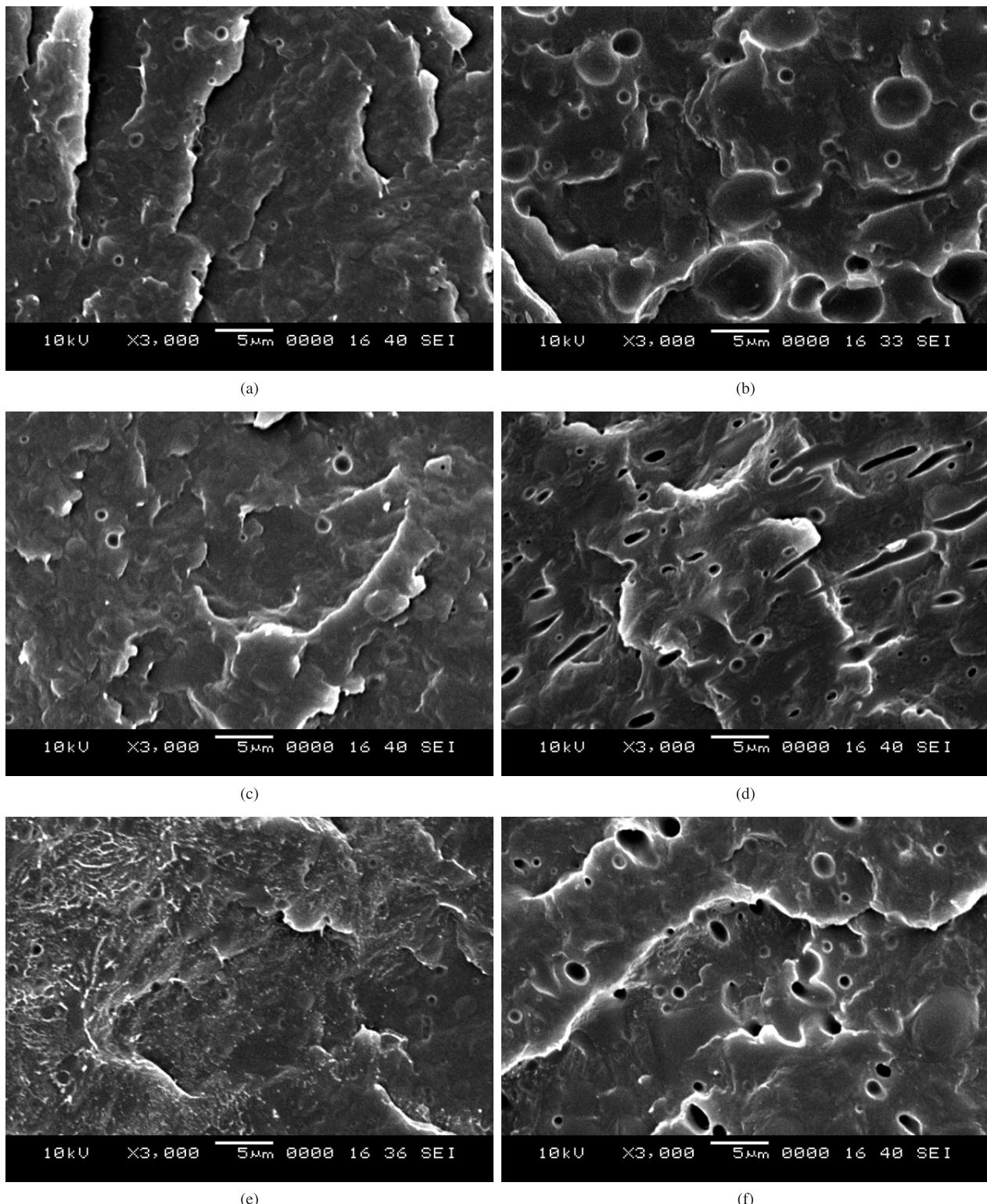
#### Reometria de placas paralelas

Os gráficos de varredura de deformação das misturas PE, PEA e PEPA, com razões de PP:EPDM correspondentes a 90:10 e 70:30, estão apresentados na Figuras 7. Nota-se que na região de viscoelasticidade linear (reta paralela ao eixo da deformação) as misturas PEA e PEPA apresentaram valores de viscosidade complexa superiores aos da mistura PE nas composições estudadas. Em primeira análise este comportamento indica que a presença da argila dificulta o fluxo do material. As misturas PEA73 e PEPA73 apresentaram a maior diferença de viscosidade em relação à mistura PE. Este comportamento foi atribuído ao efeito modificador da argila. O aumento no valor da viscosidade complexa para a mistura PEPA91 pode ser atribuído a presença de agente compatibilizante PP-g-MA, o que aumenta a interação entre a argila e a matriz polimérica. Os resultados das propriedades mecânicas corroboram este comportamento.

A análise de varredura de frequência das misturas foi realizada com deformação de 1%, região linear da viscoelasticidade. O comportamento dos materiais no ponto de cruzamento, determinado quando os valores dos módulos são iguais ( $G' = G''$ ), fornece resultados importantes sobre a estrutura do polímero, massa molar

e distribuição de massa molar. De acordo com a Tabela 2, as frequências de cruzamento das misturas PEA73 e PEPA73 foram inferiores a da mistura PE73, sendo a maior redução apresentada pela última, indicando que neste caso a interação entre as fases PP e EPDM foi maior. Para a mistura PEA91 não houve redução no valor de frequência quando comparada com a mistura PE91. Este

comportamento sugere que para esta composição a argila APO não atuou como compatibilizante. Por outro lado, a frequência foi reduzida para a mistura PEPA91, indicando que para a mistura PE91 a compatibilização se deu apenas com a incorporação de ambos os componentes (PP-g-MA + APO), conforme sugere os resultados das propriedades mecânicas e de MEV.



**Figura 6.** Micrografias de MEV das misturas: a) PE91; b) PE73; c) PEA91; d) PEA73; e) PEPA91; e f) PEPA 73.

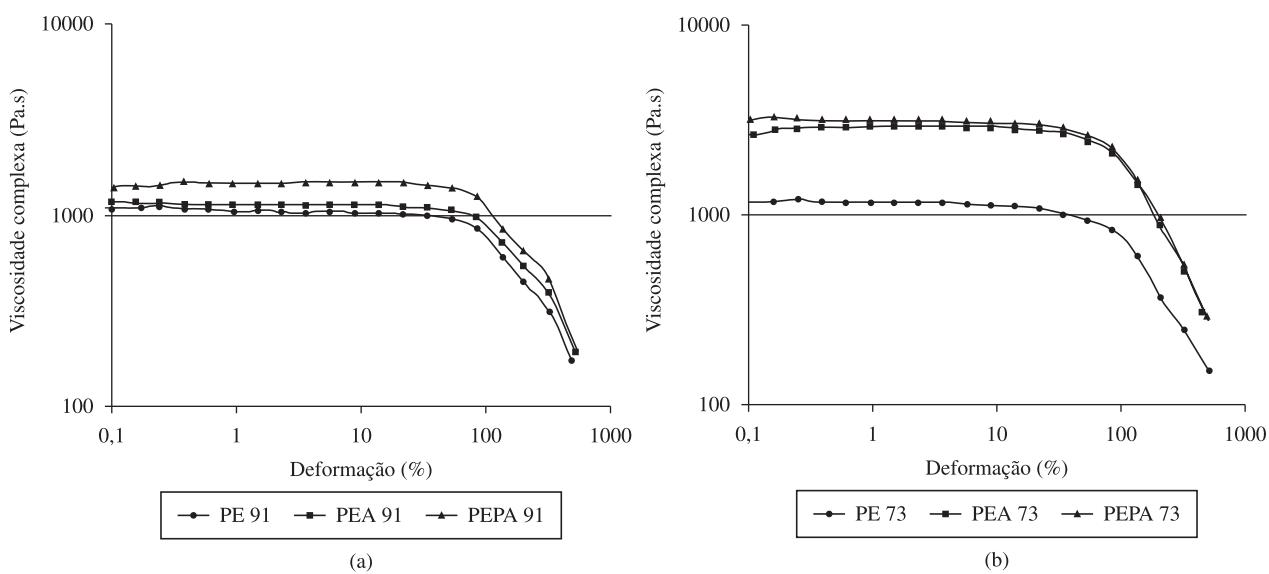


Figura 7. Viscosidade complexa das misturas: a) PE91, PEA91, PEPA91; e b) PE73, PEA73 e PEPA73.

Tabela 2. Varredura de frequência das misturas.

Amostras	Frequência	$G' = G''$
PE 91	298	39831
PEA 91	301	41330
PEPA 91	198	38140
PE 73	330	56721
PEA73	139	48480
PEPA 73	107	40180

## Conclusões

A incorporação de apenas 1 pcr de argila organofílica às misturas PP/EPDM e PP/EPDM/PP-g-MA resultou na formação de nanocompósitos poliméricos com estrutura desordenada. O teor de EPDM afetou a morfologia dos nanocompósitos obtidos. A argila organofílica atuou como agente compatibilizante para a mistura PP/EPDM, resultando no aumento das propriedades mecânicas das mesmas. O processo de compatibilização praticamente não foi alterado com a incorporação simultânea da argila APO e do PP-g-MA. Isto indica que a argila organofílica APO pode ser utilizada como agente compatibilizante inorgânico para estas misturas em substituição ao compatibilizante orgânico PP-g-MA, tradicionalmente usado para fortalecer a interface e estabilizar a morfologia das blends PP/EPDM.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a RENAMI pelo apoio financeiro, a Bentonit União Nordeste (BUN), a Braskem, DSM Elastomers Brazil e a Crompton Corporation pela doação da argila bentonita e dos polímeros.

## Referências Bibliográficas

1. Gomes, A. S.; Barbosa, R. V. & Soares, B. G. - Polímeros, p.19 (1992).
2. Dai, Y. Q.; Wang, B.; Wang, S. J.; Jiang, T. & Cheng, S. Y. - *Rad. Phys. Chem.*, **68**, p.493 (2003). [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X\(03\)00216-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X(03)00216-0)
3. Bianchi, L.; Cimino, S.; Forte, A.; Greco, R.; Martuscelli, E.; Riva, F. & Silvestre, C. J. - *Mater. Sci.*, **20**, p.895 (1985). <http://dx.doi.org/10.1007/BF00585732>
4. González, J.; Albano, C.; Candal, M. V.; Ichazo, M. N. & Hernández, M. - *Nucl. Instrum. Method. Phys. Research B: Beam Interac. Mater. Atoms.*, **236**, p.354 (2005).
5. Karger-Kocsis, J.; Kalló, A.; Szafner, A.; Bodor, G. & Sényei, Z. - *Polymer*, **20**, p.37 (1979).
6. Tinker, A. J. - *Polym. Commun.*, **25**, p.325 (1984).
7. Nitta, K.; Kawada, T.; Yamahiro, M.; Mori, H. & Terano, M. - *Polymer*, **41**, p.6765 (2000). [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(99\)00895-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(99)00895-2)
8. Jang, B. Z.; Uhlmann, D. R. & Vander, J. B. S. - *J. Appl. Polym. Sci.*, **29**, p.4377 (1984). <http://dx.doi.org/10.1002/app.1984.070291266>
9. Arroyo, M.; Zitzumbo, R. & Avalos, F. - *Polymer*, **41**, p.6351 (2000). [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(99\)00821-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(99)00821-6)
10. Jiang, W.; Tjonga, S. C. & Lia, R. K. Y. - *Polymer*, **41**, p.3479 (2000).
11. Pukánszky, B.; Tudos, F.; Kalló, A. & Bodor, G. - *Polymer*, **30**, p.1399 (1989).
12. Machado, M. A. L.; Biagiotti, J.; Arroyo, M. & Kenny, J. M. - *Polym. Eng. Sci.*, **43**, p.1018 (2003).
13. Sirisinha, K. P. & Preechachon, I. J. - *Appl. Polym. Sci.*, **89**, p.3557 (2003). <http://dx.doi.org/10.1002/app.12544>
14. Lee, H.; Fasulo, P. D.; Rodgers, W. R. & Paul, D. R. - *Polymer*, **46**, p.11673 (2005). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2005.09.068>
15. Leaversuch, R. "Plastics Technology", 2009.
16. Ou, Y.; Guo, T.; Fang, X.; Yu, Z. - *J. Appl. Polym. Sci.*, **74**, p.2397 (1999). [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19991205\)74:10%3C2397::AID-APP7%3E3.0.CO;2-N](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19991205)74:10%3C2397::AID-APP7%3E3.0.CO;2-N)
17. Mishra, J. K.; Hwang, K. J. & Ha, C. S. - *Polymer*, **46**, p.1995 (2005). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2004.12.044>
18. Kim, D. H.; Fasulo, P. D.; Rodgers, W. R. & Paul, D. R. - *Polymer*, **48**, p.5308 (2007). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2007.07.011>
19. Kim, D. H.; Fasulo, P. D.; Rodgers, W. R. & Paul, D. R. - *Polymer*, **49**, p.2492 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2008.04.005>
20. Lee, H.; Fasulo, P. D.; Rodgers, W. R. & Paul, D. R. - *Polymer*, **47**, p.3528 (2006). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2006.03.016>
21. Deshmane, C.; Yuan, Q. & Misra, R. D. K. - *Mater. Sci. Eng.*, **460-461**, p.277 (2007). <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2007.01.045>

22. Mehta, S.; Mirabella, F. M.; Rufener, K. & Bafna, A. J. - *J. Appl. Polym. Sci.*, **92**, p.928 (2004). <http://dx.doi.org/10.1002/app.13693>
23. Tjong, S. C. & Ruan, Y. H. J. - *J. Appl. Polym. Sci.*, **110**, p.864 (2008). <http://dx.doi.org/10.1002/app.28560>
24. Leite, I. F.; Soares, A. P. S.; Carvalho, L. H.; Malta, O. M. L.; Raposo, C. M. O. & Silva, S. M. L. - *J. Thermal. Anal. Calorim.*, **100**, p.563 (2010). <http://dx.doi.org/10.1007/s10973-009-0265-3>
25. Araujo, P. E. R.; Araújo, S. S.; Raposo, C. M. O.; Silva, S. M. L. - "Poly(ethyleneterephthalate)(PET)/layered silicate nanocomposites. Effect of Bentonite purification on morpholog/behavior relationship", in: Proceedins of the 23th Polymer Processing Society Annual Meeting, p.1, 2007.
26. Silva, S. M. L., Araujo, P. E. R.; Ferreira, K. R. M.; Canedo, E. L.; Carvalho, L. H. & Raposo, C. M. O. *Polym. Eng. Sci.*, **49**, p.1696 (2009). <http://dx.doi.org/10.1002/pen.21399>
27. Ray, S. S. & Okamoto, M. - *Prog. Polym. Sci.*, **28**, p.1539 (2003).
28. Sánchez-Solís, A.; Garcia-Rejon, A. & Manero, O. - *Macromol. Symp.*, **192**, p.281 (2003).
29. Marconcini, J. M. & Ruvolo Filho, A. - *Polímeros*, **16**(4), p.323, 2006.
30. Motamedi, P. & Bagheri, R. - *Mater. Des.*, **31**, p.1776 (2010). <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2009.11.013>
31. Dintcheva, N. Tz.; Filippone, G.; Mantia, F. P.; Acierno, D. - *Polym. Degrad. Stab.*, p.527 (2010).
32. Filippone, G.; Dintcheva, N. Tz.; Mantia, F. P. & Acierno, D. - *Polymer*, **51**, p.3956 (2010). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2010.06.044>
33. Petridis, D. & Vougaris, D. - *Polymer*, **43**, p.2213 (2002). [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00039-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00039-3)
34. Gelfer, M. Y.; Song, H. H.; Liu, L.; Hsiao, B. S.; Chu, B.; Rafailovich, M.; Si, M. & Zaitsev, V. - *J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.*, **41**, p.44 (2003). <http://dx.doi.org/10.1002/polb.10360>
35. Yurekli, K.; Karim, A.; Amis, E. J. & Krishnamoorti, R. - *Macromol.*, **36**, p.7256 (2003). <http://dx.doi.org/10.1021/ma0207551>
36. Wang, Y.; Zhang, Q. & Fu, Q. - *Macromol. Rapid. Commun.*, **24**, p.231 (2003). <http://dx.doi.org/10.1002/marc.200390026>
37. Khatua, B. B.; Lee, D. J.; Kim, H. Y. & Kim, J. K. - *Macromol.*, **37**, p.2454 (2004). <http://dx.doi.org/10.1021/ma0352072>
38. Li, Y. & Shimizu, H. - *Polymer*, **45**, p.7381 (2004). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2004.09.018>
39. Yoo, Y.; Park, C.; Lee, S.; Choi, K.; Kim, S. & Lee, J. H. - *Macromol. Chem. Phys.*, **206**, p.878 (2005). <http://dx.doi.org/10.1002/macp.200400526>
40. Li, Y. & Shimizu, H. - *Macromol. Rapid. Commun.*, **26**, p.710 (2005). <http://dx.doi.org/10.1002/marc.200400654>
41. Ray, S. S.; Pouliot, S.; Bousmina, M. & Utracki, L. A. - *Polymer*, **45**, p.8403 (2004).
42. Ray, S. S. & Bousmina, M. - *Macromol. Rapid. Commun.*, **26**, p.1639 (2005).
43. Ray, S. S. & Bousmina, M. - *Macromol. Rapid. Commun.*, **26**, p.450 (2005).
44. Hong, J. S.; Namkung, H.; Ahn, K. H.; Lee, S. J. & Kim, C. - *Polymer*, **47**, p.3967 (2006). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2006.03.077>
45. Si, M.; Araki, T.; Ade, H.; Kilcoyne, A. L. D.; Fisher, R.; Sokolov, J. C. & Rafailovich, M. H. - *Macromol.*, **39**, p.4793 (2006).

*Enviado: 02/12/10**Reenviado: 14/03/11**Aceito: 26/03/11*

DOI: 10.1590/S0104-14282011005000072