

INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BLENDA DE POLI(TEREFTALATO DE ETILENO) E POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE

*C. M. A. Lopes e M. I. Felisberti
Caixa Postal 6154, Barão Geraldo, Campinas/SP, CEP 13083-970
misabel@iqm.unicamp.br
Instituto de Química/UNICAMP*

RESUMO

Em misturas poliméricas imiscíveis, a morfologia é uma das características mais importantes porque determina as propriedades finais do material. A influência da morfologia no comportamento dinâmico mecânico e na resistência à tração foi avaliada em blendas de poli (tereftalato de etileno) (PET) e polietileno de baixa densidade (PEBD) contendo 30, 50 e 70 % em massa de PET, preparadas em extrusora de dupla rosca. A análise por microscopia eletrônica de varredura revelou que as blendas apresentam morfologia de fase dispersa esférica em uma matriz contínua e através de testes de solubilidade seletiva constatou-se que as blendas contendo 30% de PET tem a matriz constituída por PEBD, e que na composição com 50% de PET ocorre inversão de fase. Resultados de resistência à tração indicam que o polímero da matriz tem uma influência maior na elongação na ruptura que no módulo de Young. Enquanto os valores de módulo diminuem gradualmente com o aumento do teor de PET, ocorre uma queda abrupta na elongação quando a composição muda de 30 para 50 % de PET. O comportamento dinâmico mecânico é afetado pela composição e pela morfologia.

Palavras-chaves: Blendas imiscíveis, morfologia, Resistência à tração, DMA

INTRODUÇÃO

Misturando-se polímeros na forma de blendas é possível obter materiais com propriedades diferentes daquelas dos homopolímeros puros. A maioria das blendas poliméricas é constituída por componentes termodinamicamente imiscíveis.

As propriedades físicas de uma blenda imiscível são determinadas pela sua morfologia gerada durante o processo de mistura mecânica. E esta, por sua vez, é influenciada pelas propriedades dos componentes das blendas, por exemplo a reologia, pela composição e pelas condições de processamento usadas na mistura⁽¹⁾.

O objetivo desse trabalho é analisar o efeito da composição na morfologia de blendas de poli (tereftalato de etileno) (PET) e polietileno de baixa densidade (PEBD), polímeros imiscíveis, e a influência desta nas propriedades mecânicas.

Os dois polímeros componentes das blendas apresentam características mecânicas muito distintas. O PET é um polímero com alto valor de módulo de Young que apresenta fratura frágil e cujo mecanismo de deformação microscópica ocorre através de bandas de cisalhamento, que consiste no deslizamento de planos inclinados a 45° em relação ao eixo de aplicação da tensão. O PEBD é um polímero que sofre escoamento e fratura dúctil, apresentando elongação elevada e baixos valores de módulo. O mecanismo de deformação envolve a propagação de micro trincas conectadas por fibrilas de polímero⁽²⁾.

Devido a essas diferenças, espera-se que a variação na composição e na morfologia de blendas PET/PEBD resulte em mudanças acentuadas no comportamento mecânico e dinâmico-mecânico. Uma melhor compreensão da extensão da influência desses fatores sobre as propriedades mecânicas de blendas pode contribuir para a obtenção de materiais com propriedades mecânicas adequadas para uma aplicação específica.

EXPERIMENTAL

Preparação das blendas

Blendas de PET reciclado (ReciPET) e PEBD (OPP), nas composições de 30%, 50% e 70% em massa de PET, foram preparadas em uma extrusora dupla rosca (L/D=8), na faixa de temperatura de 220°C a 265°C e velocidade de rotação da rosca de 100 rpm.

Morfologia - microscopia eletrônica de varredura

As amostras foram fraturadas em nitrogênio líquido nos sentidos perpendicular e paralelo ao fluxo da extrusora, metalizadas com carbono e ouro e subsequentemente analisadas em microscópio eletrônico de varredura com fonte de emissão de campo (FE-SEM) JEOL JSM-6340F através do sinal gerado pelos elétrons secundários (SEI). A voltagem de aceleração utilizada foi de 3 kV.

Teste de solubilidade seletiva

Amostras das blendas e dos polímeros puros foram mantidas por 60 minutos em ácido clorosulfônico concentrado à temperatura ambiente.

Resistência à tração

As amostras injetadas foram submetidas a ensaios realizados em uma máquina universal EMIC DL2000, com cela de carga de 5000N e velocidade de 50mm/min. As dimensões dos corpos de prova e condições de teste foram determinados pela norma ASTM D 638. Foram ensaiados 8 corpos de prova para cada amostra. Utilizou-se o teste Q para eliminar valores discrepantes.

Comportamento dinâmico-mecânico

Amostras retangulares (10 x 3 x 1 mm), cortadas de corpos de prova injetados, no sentido perpendicular ao do fluxo da injetora, foram analisadas no equipamento DMTA V, Rheometrics Scientific, nas seguintes condições:

Deformação: 0,01 %

Frequência: 1Hz

Faixa de temperatura: -140 a 280 °C.

RESULTADOS

As micrografias das blendas nas diferentes composições são apresentadas na figura 1. A morfologia é de fase dispersa em uma matriz contínua e a análise em ambos os sentidos, paralelo e perpendicular ao fluxo da extrusora, confirma o formato esférico dos domínios e a ausência de orientação dos mesmos na direção do fluxo. É possível observar que os domínios não estão aderidos à matriz, refletindo a ausência de interação entre os polímeros.

Os testes de solubilidade seletiva foram usados para identificação das fases. O ácido clorosulfônico dissolve totalmente o PET e não ataca o PEBD. Apenas a amostra contendo 30 % de PET manteve a forma original, indicando que nessa composição a matriz é constituída por PEBD, enquanto que para as demais ocorreu a total dissolução do PET, restando apenas a fase dispersa de PEBD. Portanto, há a inversão de fases quando o teor de PET passa de 30 para 50 %. O efeito da inversão de fase pode ser observado nos resultados dos testes de resistência à tração e da análise dinâmico mecânica.

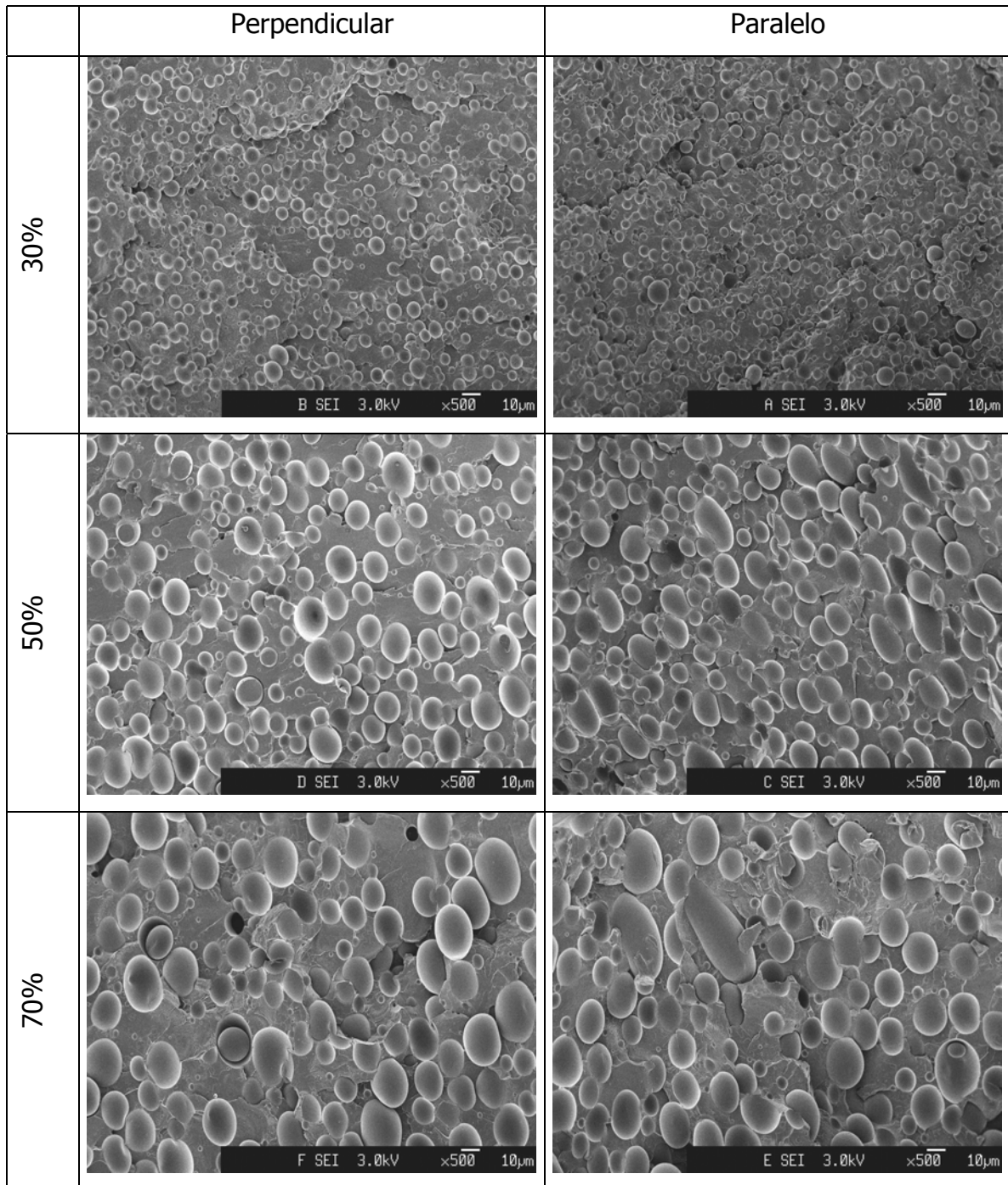


Figura 1: Micrografias de fraturas perpendicular e paralela à direção do fluxo da extrusora de blendas PET/PEBD extrudadas contendo 30, 50 e 70% de PET. Aumento de 500 x.

A figura 2 mostra as curvas de tensão (σ) x deformação (ϵ) para as blendas e para os componentes puros. Embora não possa ser visualizado na taxa de deformação utilizada, curvas de σ x ϵ típicas do PEBD apresentam um pico, característico do escoamento sofrido por polímeros semicristalinos em temperaturas entre a temperatura de transição vítrea e a fusão, e, no caso do PEBD, associado ao mecanismo de fratura dúctil. Na curva da amostra com 50% de PET, para o qual observa-se a inversão de fase, esse pico aparece nitidamente, enquanto que a tensão máxima para essa amostra supera a da blenda com 70% de PET. Esses fatos são indicativos da ocorrência da transição do mecanismo de fratura de frágil para dúctil.

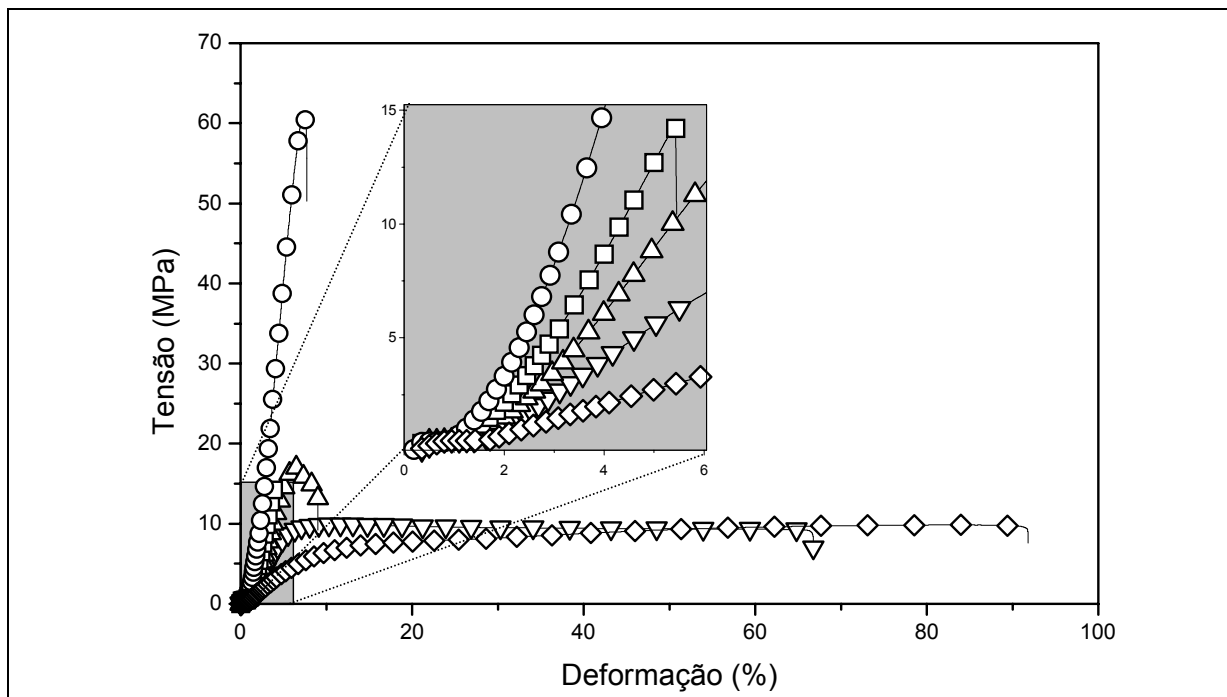


Figura 2: Curvas tensão x deformação em função do teor de PET nas blendas PET/PEBD: (◇) 0%; (▽) 30%; (△) 50%; (□) 70%; (○) 100%.

O módulo de Young e a elongação na ruptura são mostrados na figura 3. Conforme esperado, quanto maior o teor de polietileno, maior a elongação na ruptura e quanto maior o teor de PET, maior o módulo de Young, ou seja, maior a resistência do material à tração. O módulo aumenta gradativamente com a composição, enquanto que o comportamento da elongação é mais complexo. Comparando as blendas, a elongação cai drasticamente quando a composição muda de 30 para 50% de PET, ou seja, quando o PET passa a constituir a matriz. Esse resultado indica que essa propriedade, assim como o mecanismo de fratura, são mais sensíveis a alterações morfológicas que o módulo, sendo determinadas pelo polímero da matriz.

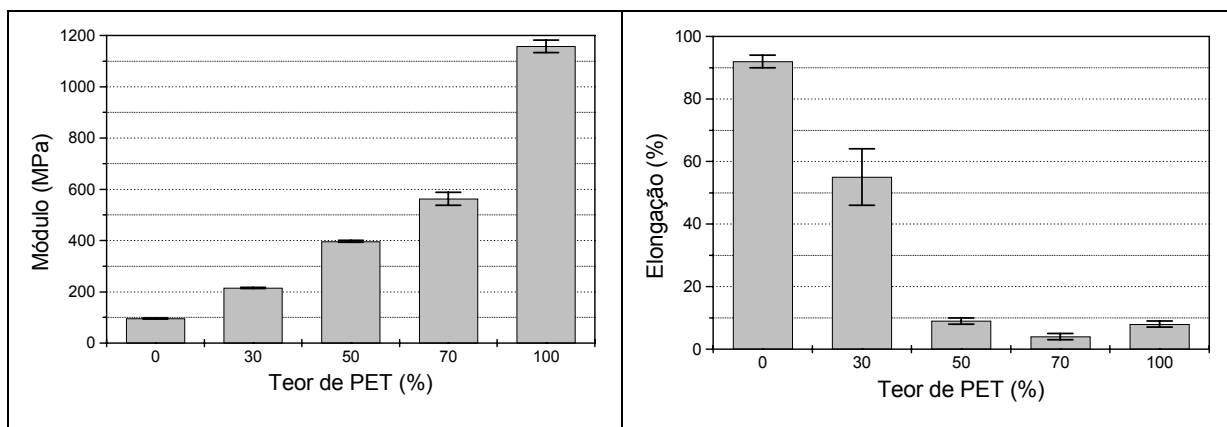


Figura 3: Módulo de Young e elongação na ruptura em função do teor de PET nas blendas PET/PEBD.

O comportamento dinâmico-mecânico das blendas, expresso através das curvas de módulo de armazenamento (E') e perda (E'') em função da temperatura é mostrado na figura 4.

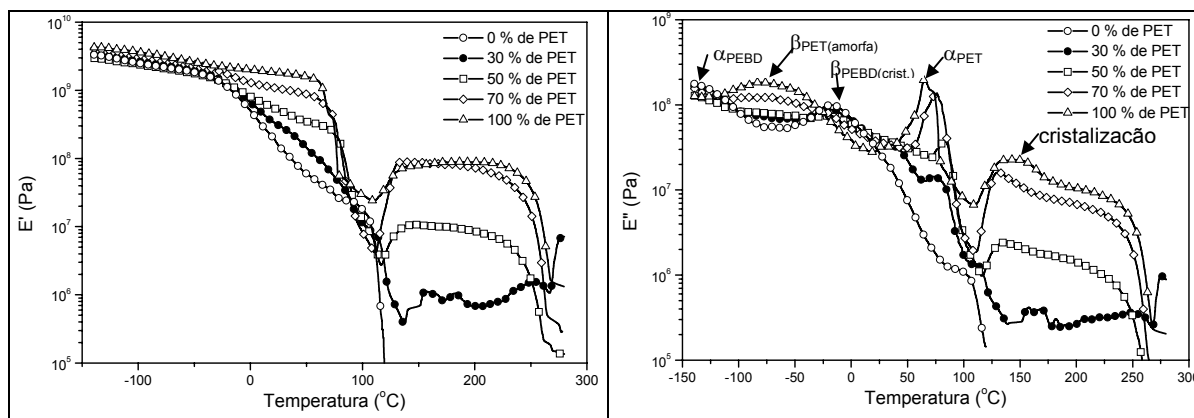


Figura 4: Curvas de DMA das blendas PET/PEBD injetadas.

Na curvas de E'' do PET puro observam-se duas relaxações: a transição vítrea (α), manifestada no pico com máximo em torno de 70 °C e a relaxação secundária da fase amorfa (β), por volta de -80 °C. A cristalização a frio do PET ocorre em torno de 130 °C, e se manifesta como um aumento do módulo de armazenamento e de perda. Para o PEBD puro, observa-se a relaxação β da fase cristalina, logo abaixo de 0 °C; e outra abaixo de -100 °C, atribuída à transição vítrea⁽³⁾.

A análise das curvas de E'' revela que as transições dos polímeros não são deslocadas nas blendas, um indicativo da ausência mistura. Entretanto, as suas intensidades são alteradas em função da composição.

CONCLUSÕES

A morfologia e a composição afetam as propriedades mecânicas das blendas PET/PEBD de forma distinta. O módulo de Young é afetado pela composição mas independente da morfologia estabelecida, enquanto que a elongação na ruptura é bastante sensível às variações morfológicas, sendo determinada pelo polímero da matriz. O mecanismo de fratura das blendas é determinado por ambas as contribuições, morfologia e composição. As propriedades dinâmico também são diferentemente afetadas por esses fatores.

AGRADECIMENTOS

FAPESP (processos 99/03698-0 e 99/03642-4), Tetra Pak, Mercoplás e ReciPET.

REFERÊNCIAS

1. G.O. Shonaike, P.S. Simon, Polymer Blends and Alloys, Marcel Dekker, New York, E.U.A. (1999).
2. L.E. Nielsen, R.F. Landel, Mechanical Properties of Polymers and Composites, Marcel Dekker, New York, E.U.A. (1994).
3. N.G. McCrum, B.E. Read, G. Williams, Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids, Dover, Mineola, E.U.A. (1991)

INFLUENCE OF MORPHOLOGY ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) AND LOW DENSITY POLYETHYLENE BLENDS

*C. M. A. Lopes e M. I. Felisberti
Caixa Postal 6154, Barão Geraldo, Campinas/SP, CEP 13083-970
misabel@iqm.unicamp.br
Instituto de Química/UNICAMP*

ABSTRACT

Morphology plays an important role on the ultimate properties of immiscible polymer blends. The influence of morphology on dynamic mechanical behaviour and tensile strength was evaluated in poly(ethylene terephthalate) (PET) and low density polyethylene (LDPE) blends containing 30, 50 and 70 % of PET, prepared in twin screw extruder. Scanning electronic microscopy analysis showed that the blends present a disperse morphology of spherical domains in a continuous matrix. Selective solubility tests indicated that the blend containing 30% of PET have PEBD matrix while in the composition with 50% of PET phase inversion takes place. Tensile strength results showed that the polymer of the matrix have higher influence in the elongation at break than in the Young modulus. The modulus values decrease linearly with the increase of PET content in the blends. However, the reduction in the elongation at break was drastic when the composition changed from 30 to 50 % of PET. The dynamic mechanical behaviour is also affected by both composition and morphology.

KEY-WORDS: immiscible polymer blends, morphology, tensile strength, DMA