

Obtenção e Caracterização de Membranas Obtidas a partir de Blendas Poliméricas de Poliamida 6

Elieber Barros Bezerra, Amanda Melissa Damiano Leite,
Edcleide Maria Araújo, Tomás Jeferson Alves de Melo
Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – UAEMA,
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Resumo: A mistura de polímeros diferentes possibilita a obtenção de novos materiais com propriedades, na maioria das vezes superiores às dos componentes puros. Essa mistura vem sendo utilizada e aplicada na obtenção de membranas com intuito de melhorar as propriedades de barreira para que se possa separar duas fases restringindo total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes. Neste trabalho, membranas poliméricas foram obtidas a partir de blendas de poliamida 6 (PA6), polipropileno (PP) e compatibilizantes pelo método de inversão de fases, com a finalidade de serem utilizadas em processos de separação, purificação, fracionamento e contração. Estas foram estudadas por difração de Raios-X (DRX), calorimetria exploratória diferencial (DSC) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados de DRX evidenciaram a presença dos picos característicos de reflexão da PA6, PP e dos compatibilizantes. Por DSC, observou-se que a presença do compatibilizante não promoveu alterações significativas na cristalinidade da PA6. Por meio das fotomicrografias de MEV, visualizou-se a obtenção de membranas microporosas assimétricas, como também percebeu-se que a presença da segunda fase na PA6 modificou a morfologia das membranas.

Palavras-chave: Membranas, blendas, poliamida 6.

Preparation and Characterization of Membranes Obtained from Polymer Blends of Polyamide 6

Abstract: The mixture of different polymers enables obtaining new materials with properties most often superior to those of the pure components. This mixture is being used and applied in obtaining membranes with a view to improving the barrier properties, so that it can separate two phases wholly or partially, restricting the transport of one or more chemical species. In this work, polymer membranes were obtained from blends of polyamide 6 (PA6) and polypropylene (PP), compatibilizing by the method of phase inversion, for being used in processes of separation, purification, fractionation and contraction. These were studied by X-ray diffraction (XRD), differential scanning calorimetry (DSC) and scanning electron microscopy (SEM). XRD results showed the presence of peaks characteristic of PA6, PP and compatibilizers. For DSC, it was observed that the presence of the compatibilizer did not cause significant changes in crystallinity of PA6. Through the SEM photomicrographs is confirmed the production of asymmetric microporous membranes and the presence of the second modified PA6 phase in the morphology of the membranes is also noted.

Keywords: Membranes, blends, polyamide 6.

Introdução

A mistura de dois ou mais polímeros (blendas poliméricas) é uma das táticas de desenvolvimento de novos materiais com características diferentes daquelas dos polímeros puros, além de apresentar baixo custo, quando confrontado à síntese de novos polímeros^[1-2].

Essa mistura de polímeros tem como resultado mais frequente um sistema multifásico, devido à falta de afinidade química entre eles. Neste caso, as blendas são imiscíveis e apresentam características que não são adequadas para aplicações industriais, ou seja, incompatíveis. Para contornar este problema é indispensável introduzir agentes compatibilizantes que apresentem afinidade com os componentes da blenda, reduzindo a tensão interfacial entre as fases e melhorando as propriedades de interesse^[1-4].

As blendas poliméricas constituem uma alternativa para a melhoria do desempenho de plásticos de engenharia disponíveis no mercado, pois proporcionam um fator muito importante em relação ao custo/benefício, onde se podem alterar suas propriedades físicas e químicas para uma ampla utilização de materiais poliméricos^[5,6].

As blendas poliméricas podem ser produzidas a partir da combinação de materiais de alto valor agregado como os termoplásticos de engenharia, poliamidas (PA) e, poliolefinas de baixo custo como o polipropileno (PP). Elas são sistemas poliméricos considerados ideais para se obter materiais com uma larga faixa de características físicas, químicas e mecânicas a baixo custo e, ainda apresentam a possibilidade de poderem passar pelo processo de reciclagem^[7-10]. As blendas poliméricas

Autor para correspondência: Elieber Barros Bezerra, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – UAEMA, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CP 10034, CEP 58109-970, Campina Grande, PB, Brasil, e-mail: elieberbarros@hotmail.com

podem ser utilizadas em várias aplicações como na produção de membranas.

Membranas podem ser consideradas películas poliméricas ou inorgânicas que funcionam como uma barreira semipermeável para uma filtração em escala molecular, separando duas fases e restringindo, total ou parcialmente, o transporte de uma ou várias espécies químicas (solutos) presentes na solução. As membranas poliméricas têm sido amplamente utilizadas em indústrias (químicas, farmacêuticas, têxteis, de papel e alimentícias), através de métodos como: separação, purificação, fracionamento e concentração^[7-10].

As características das membranas obtidas a partir de uma blenda polimérica são decorrentes da natureza química do material, do processamento deste material, da composição e da razão de viscosidade entre seus componentes. Sendo que quanto mais próxima a viscosidade entre os componentes, mais finamente ocorre a dispersão do componente em menor quantidade na matriz^[11].

O objetivo desse trabalho foi desenvolver blendas poliméricas de poliamida 6 e através das blendas obter membranas pelo método de inversão de fase. As membranas poliméricas obtidas a partir de blendas de PA6/PP, PA6/agentes compatibilizantes e PA6/PP com agentes compatibilizantes, foram caracterizadas por difração de Raios-X (DRX), calorimetria exploratória diferencial (DSC) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Experimental

Materiais utilizados

Para a obtenção das blendas foi utilizado a Poliamida6 (PA6) fornecida pela Rhodia/SP, sob o código Technyl® C 216, MM= 10.500 g/mol, IV = 134 ml/g; Polipropileno (PP) fornecido pela Braskem/RS sob o código H103 (IF = 40g/10min); Polipropileno Enxertado com 6% de Ácido Acrílico (PPgAA), Polybond 1001 (IF=40g/10min) fornecido pela Chemtura/SP e Polipropileno Enxertado com 1% de Anidrido Maléico (PPgMA), Polybond 3200 (IF=115g/10min) fornecido pela Chemtura/SP, como agentes compatibilizantes; e Ácido Fórmico PA com 98% de pureza, fabricado pela Vetec/SP utilizado como solvente para a obtenção das membranas.

Obtenção das blendas

A composição das blendas obtidas foi 90/10 (% em peso) para as blendas binárias (PA6/PP, PA6/PPgMA e PA6/PPgAA) e 90/5/5 (% em peso) para as blendas ternárias de PA6/Compatibilizante/PP[8,9,12].

As misturas de PA6 e PP foram processadas em extrusora rosca dupla co-rotacional (ZSK-18 Werner Pfleiderer). O perfil de temperatura utilizado foi de 180-240°C nas zonas de aquecimento, com velocidade de rosca de 250 rpm e taxa de alimentação de 5kg/h. Antes de qualquer etapa de processamento a poliamida 6 (PA6) e os agentes compatibilizantes foram secos a vácuo na temperatura de 80°C por 24h.

Obtenção das membranas

As blendas foram diluídas em ácido fórmico nas proporções anteriormente descritas. A dissolução foi alcançada sob agitação (aproximadamente 1 hora) e, em seguida, foi colocada sob aquecimento (60±5°C), mantendo-se a agitação por mais uma hora, para que favorecesse a dissolução do PP presente na blenda^[12].

Imediatamente antes da obtenção das membranas, placa e bastão de vidro utilizados foram submetidos a aquecimento (60°C) em estufa. Após a preparação da solução, a mesma foi vertida em uma placa de vidro e espalhada como auxílio de um bastão de vidro. Em seguida o filme polimérico foi rapidamente imerso em banho de água destilada em temperatura ambiente (25±2°C), de modo que as placas ficassem inteiramente submersas. Após a precipitação (em torno de 3 minutos), as membranas foram retiradas das placas, lavadas com água destilada e, posteriormente, secas em temperatura ambiente.

Caracterização dos Materiais

Difração de Raios-X (DRX)

As análises de DRX foram conduzidas em um aparelho Shimadzu XRD-6000, utilizando-se radiação K α do cobre ($\lambda = 1,541 \text{ \AA}$), tensão de 40KV, corrente de 30 mA, varredura entre 2 θ de 2° a 30° e velocidade de varredura de 2°/min.

Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

Para a realização do ensaio foram utilizadas em torno de 5 mg de amostra das membranas obtidas a partir de blendas, a análise foi feita da temperatura ambiente até 300°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C/min em atmosfera de ar. A análise foi feita no equipamento, DSC 50 da Shimadzu.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foi empregado o microscópio eletrônico de varredura da Shimadzu, SSX 550. Foram avaliadas a superfície de topo e a seção transversal das membranas. As superfícies das amostras foram revestidas com ouro.

Resultados e Discussão

Difração de Raios-X (DRX)

A Figura 1 ilustra as curvas de DRX da poliamida 6 e das membranas desenvolvidas a partir das blendas binárias e ternárias. Foi possível verificar que para todas as membranas, picos foram observados em torno 20° e 24°, indicando a presença da fase α que é característica da PA6. Os picos presentes nas blendas em torno de 14° e 17° referem-se à reflexões de planos cristalinos do PP^[12-19].

O polipropileno puro apresenta quatro picos característicos de difração, sendo esses 12°, 16°, 21° e 25°, conforme também reportado na literatura^[14,15]. Nas blendas, verificam-se apenas dois picos de menor intensidade referentes ao PP, em torno de 14° e 17°, pois

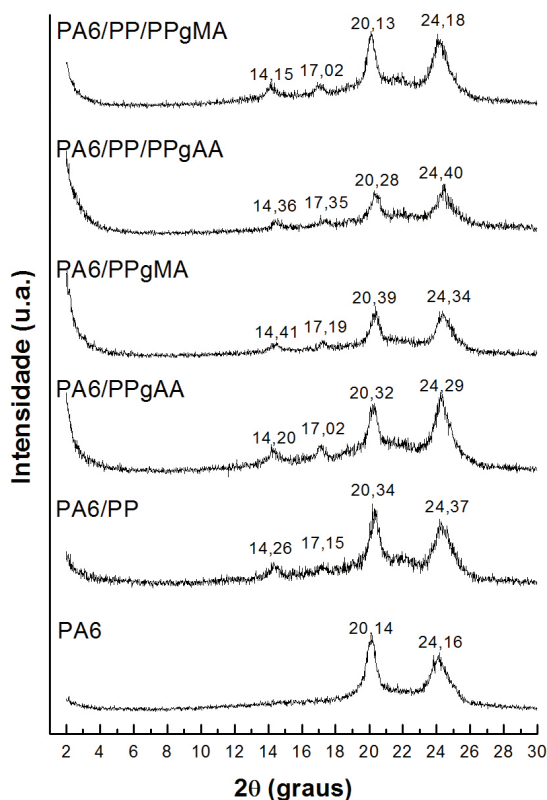


Figura 1. Difratogramas de DRX das membranas.

os picos de 21° e 25° provavelmente foram sobrepostos aos picos da poliamida^[16,17,20].

Nas blendas, o pico mais intenso é o da poliamida 6, o componente em maior proporção. Pequenos picos referentes ao polipropileno e seus compatibilizantes começam a aparecer nas membranas obtidas a partir de blendas binárias e ternárias. Estes se mantêm inalterados independente da composição da blenda. Isto pode indicar que o processo de mistura e formação da membrana não alteraram a estrutura cristalina dos componentes e que a cristalização de cada fase ocorre independentemente, confirmando também a formação de uma blenda imiscível^[15,16,18,19,21].

Para as membranas obtidas a partir das blendas (PA6/PPgAA e PA6/PPgMA), apresentadas na Figura 1, um comportamento diferente ao apresentado pela PA6/PP pode ser verificado. Para a blenda de PA6/PPgAA, nota-se que ocorreu uma inversão na intensidade dos picos característicos da PA6, ou seja, o pico presente na faixa de 20° se tornou menos intenso do que o presente na faixa de 24°. Já para a membrana obtida da blenda PA6/PPgMA observa-se uma equiparação na intensidade dos picos característicos da PA6. Para ambas as composições não foram observadas variações significativas nos picos característicos do PP. Para esses difratogramas a utilização do agente compatibilizante sugere que o mesmo interferiu ou modificou a cristalinidade dessas membranas^[16,21].

Nas membranas produzidas a partir das blendas ternárias que possuem em sua composição os agentes compatibilizantes, é plausível verificar nos difratogramas,

um comportamento semelhante ao das blendas binárias. Observa-se que para a blenda ternária (PA6/PP/PPgAA), os picos apresentados no difratograma são menos intensos quando confrontados com o da blenda binária (PA6/PPgAA). Além disso, observa-se uma inversão da intensidade como também visto para blenda binária. Já para a blenda ternária obtida a partir do agente compatibilizante PPgMA, observam-se picos mais intensos ao se comparar com os da blenda binária. Aparentemente, o agente compatibilizante promoveu variações na intensidade das blendas^[21].

Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

As curvas de aquecimento e resfriamento da PA6 e suas membranas obtidas a partir das blendas estão apresentadas na Figura 2 e, na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de fusão e o grau de cristalinidade para a poliamida 6 (PA6) e suas membranas obtidas através de blendas.

Observa-se que as temperaturas de fusão (T_m) e de cristalização (T_c) das blendas não apresentaram diferenças significativas com relação à PA6 pura (Tabela 1), mostrando que praticamente não houve alterações na estrutura cristalina dos componentes dessa blenda. Para as curvas (Figura 2a), verifica-se que a PA6 possui dois picos de temperatura de fusão. Estes são comumente encontrados em poliamidas e são atribuídos às duas formas cristalinas distintas, denominadas na literatura como α e γ . Os picos em torno de 211 e 221° correspondem à estrutura cristalina γ e α respectivamente^[6,20-23].

Em análise das membranas obtidas a partir de PA6 e da blenda PA6/PP, observa-se que a presença do PP (Figura 2a) promoveu uma alteração no pico duplo da PA6, ocorrendo assim à falta de predominância de fases.

Os resultados mostram que a temperatura de fusão (T_m) das membranas obtidas das blendas com PP e PP enxertado praticamente permaneceu constante, apresentando um único pico endotérmico (Figura 2a). Este pico corresponde à fusão da fase cristalina α do PP. Entretanto, a adição do agente compatibilizante influenciou a temperatura de cristalização do PP (Figura 2b), podendo-se observar que a adição deste nas blendas binárias e ternárias produziu uma diminuição da temperatura de cristalização do PP^[5,6,23,24].

No caso da curva de DSC da blenda binária de PPgAA (Figura 2a), observa-se que a presença do grupo ácido altera completamente o pico de fusão da PA6, provavelmente devido à interação do agente compatibilizante com a matriz polimérica. Para a amostra da blenda de PA6/PPgMA (Figura 2a), percebe-se que a adição do agente compatibilizante alterou o pico de fusão da poliamida^[5]. Estes resultados estão de acordo aos apresentados para os difratogramas de DRX (Figura 1), indicando que a presença de agentes compatibilizantes com grupos funcionais influencia na cristalinidade da poliamida^[15,16,21,25].

Para a blenda ternária PA6/PP/PPgAA (Figura 2a), observa-se uma equiparação dos dois picos característicos da PA6^[5]. Para a blenda ternária PA6/PP/PPgMA (Figura 2a), percebe-se que houve uma inversão na predominância da fase cristalina da PA6. Observa-se que

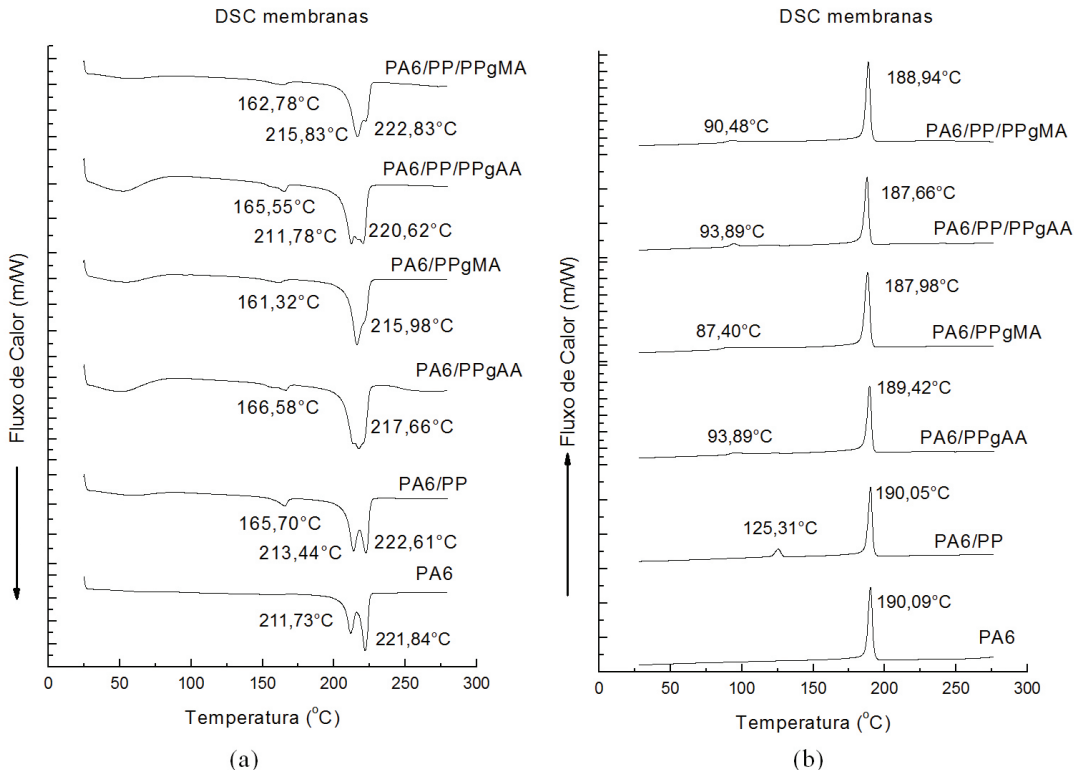


Figura 2. Curvas DSC para a membrana: (a) fluxo de calor endotérmico e (b) fluxo de calor exotérmico.

Tabela 1. Parâmetros de fusão e de cristalização da poliamida 6 e de suas membranas.

Amostras	(%)	T _m (°C)		T _c (°C)		ΔH _f (J/g)	X _c (%)*
		PA6	PP	PA6	PP		
PA6	100	211,7/221,8	-	190	-	67,65	35,98
PA6/PP	90/10	213,4/222,6	165,7	190	125,3	63,75	37,67
PA6/PPgAA	90/10	217,6	166,5	189,4	93,8	62,16	36,73
PA6/PPgMA	90/10	215,9	161,3	187,8	87,4	65,79	38,88
PA6/PP/PPgAA	90/5/5	211,7/220,6	165,5	187,6	93,8	58,48	34,56
PA6/PP/PPgMA	90/5/5	215,8/222,8	162,7	188,9	90,4	49,75	29,40

T_m = Temperatura do pico de fusão; ΔH_f = Entalpia de fusão; X_c = Grau de cristalinidade, ΔH_f/ΔH_{F100} x. 100%. ΔH_{F100} = Entalpia de fusão da poliamida 6 com 100% de cristalinidade, 188 J/g^[13]. *As determinações do grau de cristalinidade, X_c, foram normalizadas em relação à poliamida 6.

a presença do agente compatibilizante provavelmente influenciou o seu comportamento^[5,16,25].

Examinando-se a temperatura de fusão do PP (Figura 2a), percebe-se que praticamente não houve alteração do seu pico ou temperatura^[15-17,21]. Ao se analisar as temperaturas de cristalização (Figura 2b), observa-se que praticamente não houve alteração em relação ao pico característico da PA6. A temperatura de cristalização do PP das membranas, apresentou uma diminuição ao se adicionar o agente compatibilizante, sendo esta mais intensa na blenda binária de PA6/PPgMA.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Superfície de topo das membranas

As fotomicrografias de topo das membranas obtidas de PA6 e suas blendas binárias e ternárias estão apresentadas na Figura 3a-f.

Ao analisar a Figura 3a, observa-se na superfície dessa membrana partículas brancas, que provavelmente devem-se ao fato de uma dissolução parcial da PA6 com o ácido fórmico.

Na fotomicrografia da blenda binária de PA6/PP (Figura 3b), percebe-se que a presença da segunda fase na matriz de PA6, alterou a superfície das membranas quando comparadas com as da PA6, nota-se uma superfície mais limpa e aparentemente com presença de poros muito pequenos. Verifica-se ainda que a membrana (PA6/PP) apresenta aparentemente esferas ou bolhas em sua superfície. Isso pode ser atribuído a uma dissolução incompleta e/ou a insolubilidade do PP no ácido fórmico^[5,15,16].

Analisando a Figura 3c, d, observa-se que as blendas binárias (PA6/PPgAA e PA6/PPgMA) apresentam uma morfologia diferenciada da membrana de PA6. Nota-se

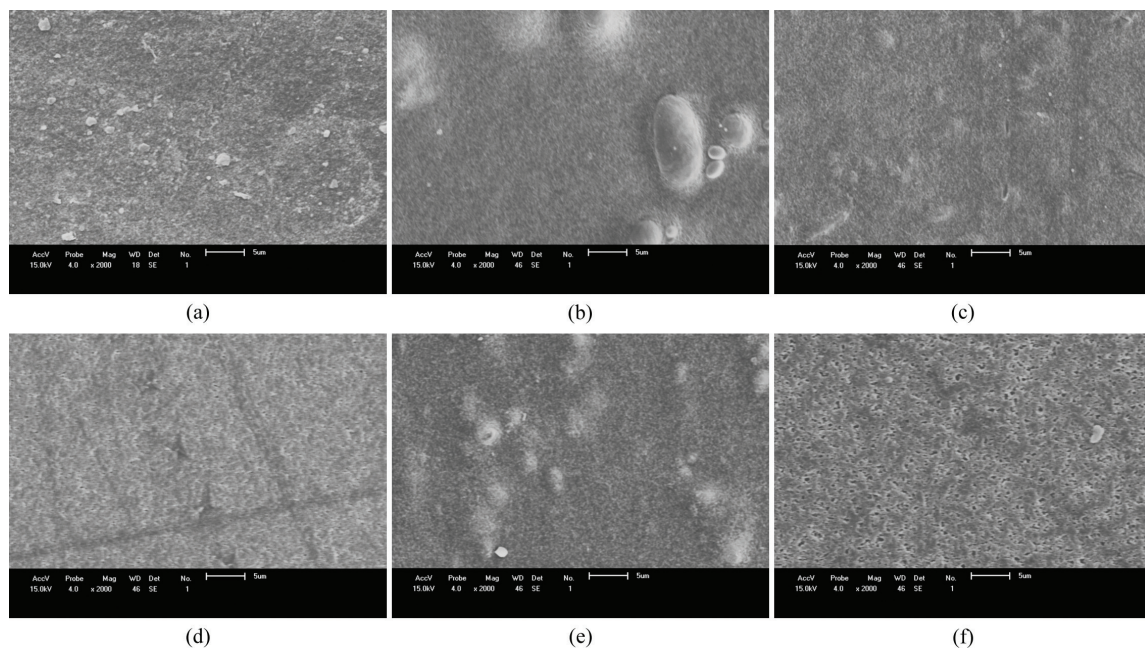


Figura 3. Fotomicrografias de MEV da superfície de topo da membrana: (a) PA6, (b) PA6/PP, (c) PA6/PPgAA, (d) PA6/PPgMA, (e) PA6/PP/PPgAA e (f) PA6/PP/PPgMA.

que a membrana apresentou uma superfície com poros muito pequenos ou até mesmo com a ausência deles, semelhante à blenda de PA6/PP. Observa-se que a presença de diferentes tipos de agentes compatibilizantes altera a superfície das membranas. Desta forma, vê-se que o método de preparação das membranas (inversão de fase), bem como a utilização de uma segunda fase, influenciou na porosidade e distribuição dos poros^[5,15,16].

Na Figura 3e, está a fotomicrografia da membrana obtidas da blenda ternária (PA6/PP/PPgAA). Percebe-se uma morfologia diferenciada das anteriormente apresentadas. Observa-se uma superfície aparentemente contínua e com a ausência de poros ou estes são muito pequenos. Nota-se também a presença de partículas bem como a visualização de uma fase, indicando assim que essa blenda é imiscível conforme citado anteriormente, essa imiscibilidade já vem sendo confirmada a partir das caracterizações anteriores de DRX e DSC.

Para a membrana obtida a partir da blenda ternária de PA6/PP/PPgMA (Figura 3f), visualiza-se que a membrana obtida apresentou poros com diâmetros superiores as membranas anteriormente estudadas. Nota-se que a membrana apresentou distribuição uniforme dos poros em toda sua superfície.

De maneira geral, a presença de outras fases na PA6 provocaram uma modificação significativa na morfologia das membranas obtidas.

Seção transversal das membranas

A Figura 4a-f apresenta as fotomicrografias obtidas por MEV das seções transversais das membranas. Para todas as membranas foi possível observar a formação de uma estrutura assimétrica, com uma camada no topo com poros muito pequenos e um suporte com poros maiores e aparentemente interconectados.

Na Figura 4a, visualiza-se uma seção transversal com a formação de um suporte com macroporos. Além desses, observa-se a presença de poros menores em sua estrutura. Para a membrana PA6/PP (Figura 4b), verifica-se uma morfologia diferente da encontrada na PA6, essa diferença morfológica se deve possivelmente a adição de uma segunda fase na matriz polimérica, onde está provavelmente alterou a viscosidade da solução, promovendo uma dificuldade da troca de solvente e não solvente, favorecendo uma menor camada seletiva e uma camada esponjosa não tão bem definida, esse fato se deve provavelmente a não compatibilização do polipropileno na poliamida 6^[24-26].

Na Figura 4c, d, observa-se uma diferença na morfologia provavelmente devido à presença do compatibilizante. Com isso, a pele filtrante apresenta-se mais fina em relação às outras membranas obtidas e uma seção transversal com poros de diâmetro menor, indicando que a presença da segunda fase contribuiu significativamente para essa diminuição. Nota-se ainda a presença de domínios esféricos e alongados nessas membranas, onde estes podem estar relacionados com o polipropileno disperso na matriz de poliamida (Figura 4c). Já nas membranas PA6/PPgMA (Figura 4d), a morfologia apresenta-se semelhante àquela anteriormente citada. Porém, elas não apresentaram a presença de domínios de PP, indicando que o PP funcionalizado com anidrido maléico possivelmente reagiu com os grupos terminais da PA6^[5,15,16,24-27].

Nas Figuras 4e e 4f encontram-se as membranas obtidas a partir do sistema ternário. Pode-se observar que a presença do PPgAA (Figura 4e), possivelmente tenha promovido um aumento da viscosidade, influenciando de maneira significativa na morfologia da membrana, promovendo uma camada seletiva mais espessa e uma

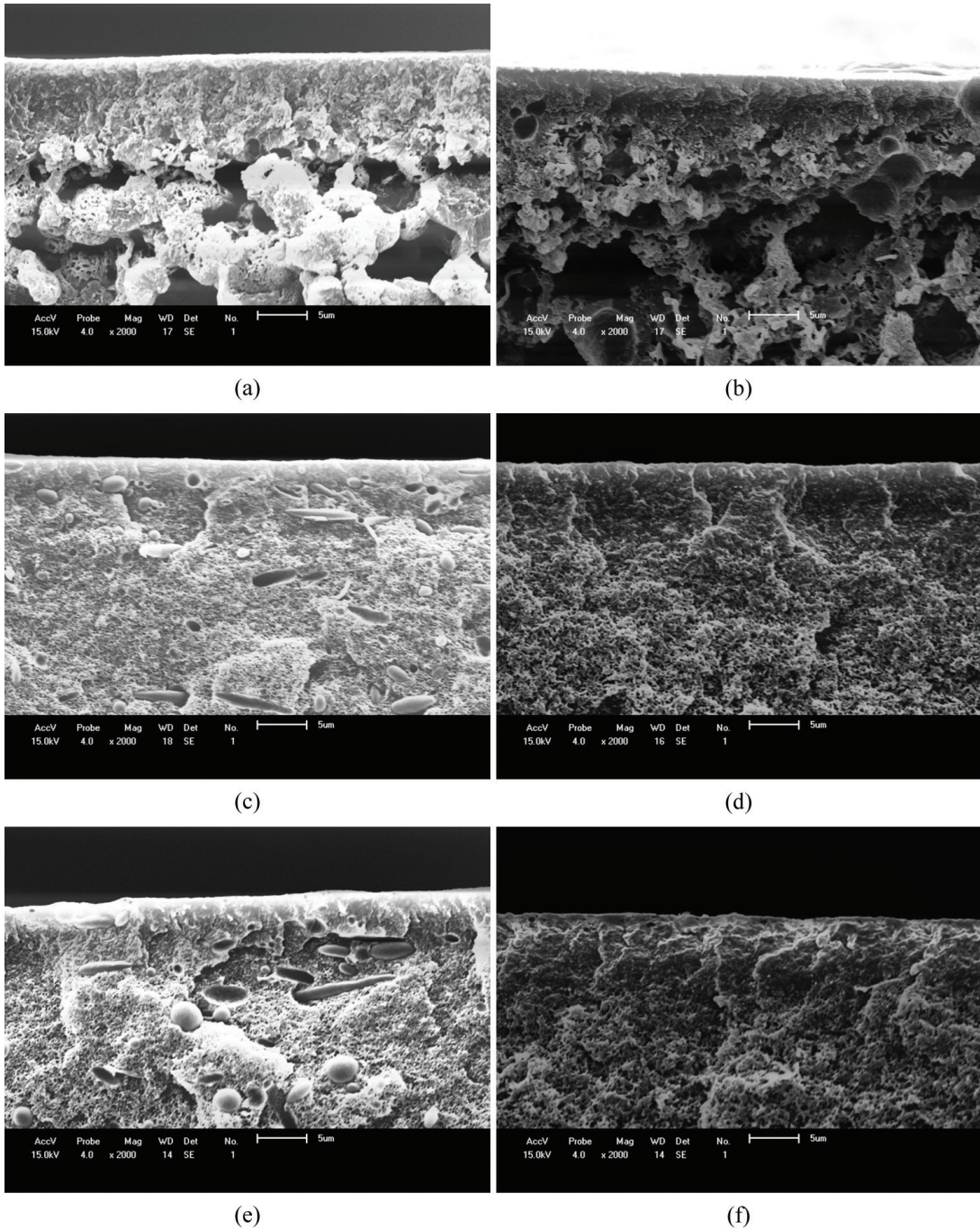


Figura 4. Fotomicrografias de MEV da seção transversal das membranas: (a) PA6, (b) PA6/PP, (c) PA6/PPgAA, (d) PA6/PPgMA, (e) PA6/PP/PPgAA e (f) PA6/PP/PPgMA.

camada porosa com poros pequenos. Nota-se também a presença de um número maior de vazios e domínios. Já as membranas com PPgMA (Figura 4f), pode-se observar a formação de uma pele filtrante mais fina e a camada porosa com poros bem distribuídos e aparentemente bem dispersos e homogêneos. Isto pode ser atribuído a uma melhor interação do agente compatibilizante com a matriz e a segunda fase^[5,15,16,27].

Conclusões

Membranas poliméricas foram obtidas com sucesso a partir de blendas binárias de PA6/PP, PA6/compatibilizantes e ternárias de PA6/PP/compatibilizantes. Por DRX, verificou-se a presença dos picos característicos de reflexão da PA6, PP e dos compatibilizantes e que as membranas obtidas não

apresentaram variações nos seus picos característicos. Para o difratograma das blendas binária e ternária, ambas com a presença de compatibilizante, a estrutura cristalina de uma das fases não apresentou interferência da outra fase. Por DSC, confirmou-se a presença das fases cristalinas (α e γ) da PA6. Para as membranas obtidas a partir das blendas binárias de PA6/compatibilizante, observou-se que não houve variações significativas no grau de cristalinidade. Na membrana obtida da blenda ternária, observou-se que adição do agente compatibilizante reduziu a temperatura de cristalização do PP, além de influenciar na cristalinidade da PA6 para a blenda ternária de PA6/PP/PPgMA. Por meio do MEV, visualizou-se que a presença da segunda fase e/ou dos agentes compatibilizantes alterou a morfologia das membranas. As membranas apresentaram morfologia característica de blendas imiscíveis. As membranas desenvolvidas com PPgMA apresentaram uma morfologia mais homogênea. Em geral, as membranas obtidas poderão ser utilizadas provavelmente em processos de separação, purificação, fracionamento e contração.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Rhodia, à Braskem/RS, à Chemtura/SP, ao LabMat (Laboratório de Engenharia de Materiais/CCT/UFCG), ao MCTI/CNPq e à CAPES pelo auxílio financeiro.

Referências Bibliográficas

1. Agrawal, P. - “*Influência do tipo de polietileno e de compatibilizantes no desempenho de blendas de poliamida 6/ polietileno*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil (2007).
2. Agrawal, P.; Araújo, E. M. & Mélo, T. J. A. - *Polímeros*, **18**, p.152 (2008). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282008000200013>
3. Utracki, L. A. - “*Polymer Blends Handbook*”, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, v.1, p.123-339 (2002).
4. Agrawal, P.; Araújo, E. M. & Mélo, T. J. A. - *Polímeros*, **21**, p.383 (2011). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000062>
5. Roeder, J.; Oliveira, R. V. B.; Gonçalves, M. C.; Soldi, V. & Pires, A. T. N. - *Polym. Test.*, **21**, p.815 (2002). [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9418\(02\)00016-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9418(02)00016-8)
6. Tseng, F. P.; Lin, J. J.; Tseng, C. R. & Chang, F. C. - *Polymer*, **42**, p.713 (2001). [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(00\)00400-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(00)00400-6)
7. Leite, A. M. D. - “*Obtenção de membranas a partir de nanocompósitos de poliamida 6/argila organofílica para separação de água/óleo*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil (2008).
8. Mulder, M. - “*Basic principles of membrane technology*”, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p.363 (1997).
9. Feitosa, M. A. F. - “*Compatibilização de blenda polimérica de poliamida 6,6/polietileno de baixa densidade utilizando radiação ionizante de feixe de elétrons*”, Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil (2008).
10. Bezerra, D. C.; Fernandes, P. C.; Silva, T. R. G. & Araújo, E. M. - *Polímeros*, **20**, p.389 (2010). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282010005000053>
11. Fiegenbaum, F. - “*Estudo da compatibilização das blendas PP/PA6 e PA6/EPR*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2007).
12. Cunha, C. T. C. - “*Desenvolvimento de membranas a partir de blendas de PA6/PEAD/compatibilizantes*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil (2011).
13. Kohan, I. M. - “*Nylon Plastics Handbook*”, Hanser Publishers, Munich, p.97 (1995).
14. Oliveira, M. F. L.; Oliveira, M. G. & Leite, M. C. A. M. - *Polímeros*, **21**, p.78 (2011). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000015>
15. Minkova, L.; Yordanov, H. R. & Filippi, S. - *Polymer*, **43**, p.6195 (2002). [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00532-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00532-3)
16. Kusmono, M. I.; Chow, Z. A.; Takeichi, W. S. & Rochmadi, T. - *Eur. Polym. J.*, **44**, p.1023 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2008.01.019>
17. Tabatabaei, S. H.; Carreau, P. J. & Ajji, A. - *J. Memb. Sci.*, **345**, p.148 (2009). <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2009.08.038>
18. Rezende, C. A. - “*Blendas de nylon-6 com polietileno e polipropileno para fabricação de fibras têxteis*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil (2004).
19. Hanamoto, L. S. & Felisberti, M. I. - “*Estudo da influência da taxa de resfriamento na cristalização do sPP*”, in: Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMAT), v.15, Natal (2002).
20. Gaylord, N. G. - *Eur. Polym. J.*, **31**, p.475 (1995).
21. Salmoria, G. V.; Leite, J. L. & Paggi, R. A. - *Polym. Test.*, **28**, p.746 (2009). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2009.06.010>
22. Tol, R. T.; Mathot, V. B. F. & Groeninckx, G. - *Polymer*, **46**, p.369 (2005). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2004.10.085>
23. Gonella, L. B. - “*Compatibilização de blendas de polipropileno/nylons*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2001).
24. Rosa, S. M. L. - “*Estudo das propriedades de compósitos de polipropileno com casca de arroz*”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2007).
25. Chongprakobkit, M.; Opaprakasit, M. & Chuayjuljit, S. - *JOM*, **17**, p.9 (2007).
26. Zhaohui, L.; Zhang, X.; Tasaka, S. & Imagaki, N. - *Mater. Lett.*, **48**, p.81 (2001). [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-577X\(00\)00283-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-577X(00)00283-4)
27. Shi, D.; Hu, G. H.; Ke, Z.; Li, R. K. Y. & Yin, J. - *Polymer*, **47**, p.4659 (2006). <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2006.04.058>

Enviado: 15/06/13
Reenviado: 29/10/13
Aceito: 15/01/14