

Avaliação das propriedades mecânicas de blendas de poliestireno/composto de borracha reciclada (SBRr)

D. F. Silva*, C. B. B. Luna, G. Silva, E. M. Araújo, T. J. A. Melo

Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande
Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58429-900, Campina Grande–PB.

(Recebido em 26/05/2014; aceito em 26/05/2014)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O poliestireno (PS) é um polímero de fácil processamento e baixo custo, entretanto, possui propriedades mecânicas de resistência e ductilidade limitadas. Para solucionar este problema, a principal técnica utilizada pelas indústrias tem sido sua tenacificação com elastômeros. Portanto, o objetivo deste trabalho foi preparar blendas de poliestireno/composto de borracha reciclada (SBRr), utilizando dois tipos diferentes de poliestirenos e o compatibilizante (SBS), com o intuito de tenacificar o poliestireno e comparar com o HIPS comercial. As blendas PS/SBRr (50/50%) e PS/SBRr/SBS (47,5/47,5/5%) com ambos os polímeros apresentaram melhores resultados sob impacto. O módulo elástico de todas as blendas reduziu com o aumento do teor de SBRr e a resistência à tração foi inferior à do PS. O reaproveitamento do SBRr em blendas é uma alternativa muito interessante do ponto de vista tecnológico, pois minimiza o efeito negativo de seu descarte ao meio ambiente.

Palavras-chave: Blendas; poliestireno; SBRr; compatibilizante.

Abstract:

Polystyrene (PS) is one polymer of easy processing and low cost, however, have mechanical properties of strength and ductility limited. To solve this problem, the main technique used by industries has been toughening with its elastomer. Therefore, the aim of this work was to prepare blends of polystyrene/compound by recycled rubber (SBRr), using two different types of polystyrene and compatibilizer (SBS), in order to toughen polystyrene and compare with commercial HIPS properties. The blends PS/SBRr (50/50%) and PS/SBRr/SBS (47.5/47.5/5%) with both polymers showed better results in strength. The elastic modulus for all the blends decreased with increasing content of SBRr and tensile strength was lower than that of PS. Reuse of SBRr in blends is a very interesting alternative technological point of view, because it minimizes the negative effect of its discharge to the environment.

Keywords: Blends; polystyrene; SBRr; compatibilizer.

1. Introdução

As blendas poliméricas podem ser definidas como a mistura de dois ou mais polímeros e/ou copolímeros, com o objetivo de alcançar um produto final cujas propriedades atendam aos requisitos para uma determinada aplicação [1]. Entre as vantagens das blendas pode-se citar a facilidade de ajustar as propriedades dos plásticos às necessidades de uso e são importantes para gerar propriedades mecânicas, químicas ou de barreiras desejadas e melhorar a processabilidade de polímeros de alto desempenho [2]. A possibilidade de alterar as propriedades de um polímero por meio da simples adição mecânica de outros polímeros com custos menores do que os de alterar o processo de polimerização e realizar reações químicas adicionais ou sintetizar um novo polímero tornam a blenda uma estratégia bastante atrativa para a indústria [3]. A incorporação de elastômeros como modificadores de impacto é um dos métodos mais utilizados para a melhoria da

tenacidade de polímeros frágeis e para que isso ocorra algumas condições são essenciais como a temperatura de transição vítrea do componente elastomérico deve ser bem abaixo da temperatura ambiente, a borracha deve formar uma segunda fase dispersa na matriz vítrea e deve haver uma boa adesão entre as fases, esse processo pode dar-se por mistura mecânica ou por polimerização do polímero vítreo na presença do componente elastomérico, obtendo-se um copolímero do tipo enxertado [4]. A aplicação de alguns polímeros fica limitada pelo baixo desempenho sob impacto nas condições de temperatura ambiente. Esta situação se agrava, principalmente para temperaturas de utilização abaixo de zero grau Celsius [5]. Uma maneira de contornar esta limitação é preparar blendas poliméricas, em que a fase dispersa é um elastômero, sendo então classificada como uma blenda imiscível. As blendas com esta característica apresentam alta tensão interfacial e fraca adesão entre a fase contínua e a fase dispersa. Estudos têm sido direcionados para

*Email: divaniaf@yahoo.com.br (D. F. Silva)

avaliar a forma, o tamanho e a distribuição dos domínios da fase dispersa, relacionando-os com as propriedades macroscópicas do material resultante. A adição de pequenas quantidades de um terceiro componente à blenda imiscível pode alterar a energia interfacial e a dispersão entre as fases, atuando como um agente compatibilizante. Os agentes compatibilizantes geralmente são copolímeros em bloco ou enxertados e podem provocar um decréscimo no tamanho da fase dispersa e modificar a tenacidade da blenda [6]. A reciclagem de resíduos na forma de materiais para as mais diversas aplicações tem sido uma alternativa para solucionar diversos problemas relacionados à questão ambiental, quer seja na diminuição do volume de resíduos gerados e seus perigos de descarte, quer seja na diminuição da utilização de recursos naturais cada vez mais escassos. O desenvolvimento da blenda PS/SBRr proporcionou além dos benefícios de natureza econômica, pelo baixo custo da produção das mesmas, a utilização de compostos de borracha reciclada da região para outros fins, minimizando o efeito negativo desses rejeitos industriais sobre o meio ambiente e agregando valor a um material descartado, além do cumprimento da legislação aplicável à defesa do meio ambiente [7]. Os polímeros utilizados para produzir as blendas foram: O poliestireno (PS) é um polímero termoplástico e um dos mais utilizados na indústria de transformação de plásticos devido às suas características de ser facilmente sintetizado, processado, reciclado e de baixo custo. É relativamente resistente à degradação, entretanto, possui baixa resistência ao impacto. Para contornar esse problema, a principal técnica utilizada pelas indústrias de polímeros tem sido sua tenacificação com elastômeros. Essa tenacificação pode ser feita por meio da preparação de blendas com elastômeros ou por reações de copolimerização do estireno [8]. Os resíduos de borracha utilizados foi o copolímero de estireno-butadieno (SBR), oriundos das indústrias de calçados e de pneus são fonte de poluição ambiental e desperdício de matéria-prima com boas propriedades e alto valor agregado. Sabe-se que estes materiais apresentam resistência relativamente alta a agentes biológicos e às intempéries, causando assim sérios problemas à comunidade em geral quando descartados. Tanto os aspectos econômicos quanto a poluição ambiental são justificativas para que também se envidem esforços no sentido de promover a reciclagem destes materiais poliméricos [9]. O objetivo desse trabalho foi tenacificar o poliestireno por meio da adição de um composto de borracha reciclada (SBRr).

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

Matrizes poliméricas

Foram utilizados dois diferentes tipos de poliestirenos cristais sob os códigos 158K, com índice de fluidez de 4,5g/10min e, 145D, com índice de fluidez de 17g/10min, ambos na forma de grânulos, adquiridos da Unigel/SP.

Fase dispersa

Foi utilizado um composto de borracha reciclada (SBRr) na forma de pó preto (sandálias havaianas), com granulometria de 425µm passado em peneira N° 40 (ABNT), proveniente da indústria de calçados São Paulo Alpargatas S.A. de Campina Grande/PB. Este composto é constituído de uma mistura de copolímero de estireno-butadieno (SBR) como componente principal, cargas, aditivos de processamento, agentes de cura, estabilizantes, etc.

Compatibilizante

Foi utilizado o copolímero tribloco de estireno-butadieno-estireno (SBS), kraton D1101B contendo 31% de poliestireno, adquirido da Activas/PE.

Poliestireno de alto impacto

Para efeito de comparação, foi utilizado o poliestireno de alto impacto (HIPS) comercial Styron 478, com índice de fluidez de 6g/10min, adquirido da Activas/PE

2.2. Métodos

2.2.2. Preparação das blendas poliméricas

As blendas binárias e ternárias foram preparadas nas proporções: PS/SBRr (70/30, 60/40 e 50/50%) e PS/SBRr/SBS (67,5/27,5/5 57,5/37,5/5; e 47,5/47,5/5%) e processadas por extrusão simultânea de todos os componentes em uma extrusora de rosca dupla corrotacional modular, modelo ZSK de 18mm da Cooperion-Werner-Pfleiderer.

Para todas as misturas, foram utilizadas as seguintes condições de processo na extrusora:

- taxa de alimentação dos materiais na extrusora de 4 Kg/h (alimentação gravimétrica);
- velocidade de rosca de 250 rpm;
- perfil de temperatura nas zonas do cilindro da extrusora, cabeçote e matriz: 190°C na 1ª e 2ª zonas e 200°C nas demais.

As amostras para os ensaios de tração (ASTM D638) e impacto Izod (ASTM D256) foram moldadas por injeção, utilizando-se uma injetora FLUIDMEC, Modelo H3040. A temperatura de moldagem foi de 190°C na 1ª zona e 180° na 2ª zona, temperatura do molde - 40°C e o tempo de ciclo de injeção de 25s.

2.2.3. Propriedades mecânicas sob tração e impacto

Os ensaios de tração foram realizados em corpos de prova injetados, segundo a norma ASTM D638, utilizando uma Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 2000, com velocidade de carregamento de 5 mm/min. Os testes foram conduzidos a temperatura ambiente e os resultados analisados a partir de uma média de cinco corpos de prova. Os ensaios de impacto foram realizados em corpos de prova entalhados tipo Izod, segundo a norma ASTM D256, em um aparelho da marca Ceast modelo Resil 5.5 operando com martelo de 2,75J

e os resultados foram analisados a partir de uma média de cinco corpos de prova.

3. Resultados e Discussão

As Tabelas 1 e 2 ilustram os resultados das propriedades obtidas em ensaios sob tração e impacto de ambos os poliestirenos, avaliando-se o comportamento dos

componentes individualmente e das blendas PS/SBRr, com 5 % em peso do copolímero SBS

Nas Tabelas 1 e 2 e Figuras de 1 a 6 encontram-se os resultados das propriedades mecânicas sob tração e impacto dos PS (158K e 145D), HIPS, das blendas binárias (PS/SBRr) e ternárias (PS/SBRr/SBS) com 5% em peso de SBS. As composições foram misturadas simultaneamente e introduzidas na extrusora dupla rosca corrotacional.

Tabela 1. Propriedades mecânicas do PS 158K e das blendas binárias e ternárias

Material	E (MPa)	RT (MPa)	Tenacidade* (J)	RI (J/m)
PS 158K	1200 ± 7	30 ± 5	156 ± 12	24 ± 2
HIPS	719 ± 23	20 ± 1	88 ± 2	101 ± 4
PS/SBRr 70/30	893 ± 6	18 ± 1	81 ± 1	32 ± 3
PS/SBRr 60/40	645 ± 5	15 ± 2	60 ± 1	44 ± 3
PS/SBRr 50/50	579 ± 13	12 ± 1	49 ± 2	49 ± 4
PS/SBRr/SBS 67,5/27,5/5	541 ± 21	15 ± 1	61 ± 6	52 ± 6
PS/SBRr/SBS 57,5/37,5/5	572 ± 21	12 ± 0,1	54 ± 1	57 ± 3
PS/SBRr/SBS 47,5/47,5/5	702 ± 23	15 ± 1	67 ± 2	82 ± 4

E: Módulo de elasticidade; RT: Resistência à tração; RI: Resistência ao impacto; *Calculada pela área sob a curva de tensão x deformação

Tabela 2. Propriedades mecânicas do PS 145D e das blendas binárias e ternárias

Material	E (MPa)	RT (MPa)	Tenacidade* (J)	RI (J/m)
PS 145D	1001 ± 10	22 ± 5	97 ± 3	24 ± 5
HIPS	719 ± 23	20 ± 1	88 ± 2	101 ± 4
PS/SBRr 70/30	786 ± 48	16 ± 1	70 ± 3	25 ± 6
PS/SBRr 60/40	813 ± 54	15 ± 2	63 ± 7	30 ± 5
PS/SBRr 50/50	594 ± 48	12 ± 1	52 ± 6	44 ± 4
PS/SBRr/SBS 67,5/27,5/5	615 ± 36	13 ± 1	55 ± 2	38 ± 2
PS/SBRr/SBS 57,5/37,5/5	334 ± 22	11 ± 0,1	44 ± 4	47 ± 3
PS/SBRr/SBS 47,5/47,5/5	373 ± 40	8 ± 0,3	35 ± 3	52 ± 4

E: Módulo de elasticidade; RT: Resistência à tração; RI: Resistência ao impacto; *Calculada pela área sob a curva de tensão x deformação

Observa-se que a resistência ao impacto de todas as blendas produzidas com ambos os poliestirenos (158K e 145D), aumentou com o aumento do teor de SBRr. Como relatado na literatura, isto acontece porque as partículas dispersas do elastômero absorvem a energia do impacto e dissipam esta sob a forma de calor pela vibração térmica de seus átomos e pelos movimentos de relaxação de segmentos da macromolécula. O módulo de elasticidade das blendas binárias reduziu com o aumento do teor de SBRr e das blendas ternárias aumentou com o aumento do teor de SBRr para ambos os poliestirenos utilizados, mas todas as blendas obtiveram módulos inferiores aos PS (158K e 145D), isto ocorreu devido a presença da fase de borracha flexível e tenaz. Já a resistência à tração com o PS 158K reduziu à medida que aumentou o teor de SBRr, já as blendas compatibilizadas com o menor teor e o maior teor de SBRr apresentaram os maiores valores de resistência à tração e com o PS 145D todas as blendas binárias e ternárias reduziram com o aumento do teor de SBRr.

A resistência à tração de todas as blendas reduziu quando comparada aos PS puros com adição do SBRr. Araújo [9]

relata que a adição de um material tenaz e flexível como o composto de borracha à matriz rígida e amorfa do PS provoca aumento na tenacidade e decréscimo na resistência à tração das blendas e estas variações são maiores quanto maior for o teor de borracha incorporado [9]. Sonnier [10] afirma que a baixa reatividade química do pó de borracha, ocasiona uma pobre interação interfacial entre as partículas do pó e a matriz polimérica [10]. Observa-se que as blendas produzidas com o PS 158K obtiveram as melhores propriedades mecânicas quando comparada ao PS 145D, como mostrados nos resultados, isto possivelmente está relacionado a maior viscosidade deste polímero, promovendo uma maior interação da matriz com a fase dispersa. Comparando os resultados com o HIPS comercial observa-se que os valores de algumas propriedades com o PS 158k foram melhores do que o PS145D, obtendo-se em algumas blendas valores abaixo e em outras bem semelhantes aos valores do HIPS mostrando um resultado interessante do ponto de vista tecnológico.

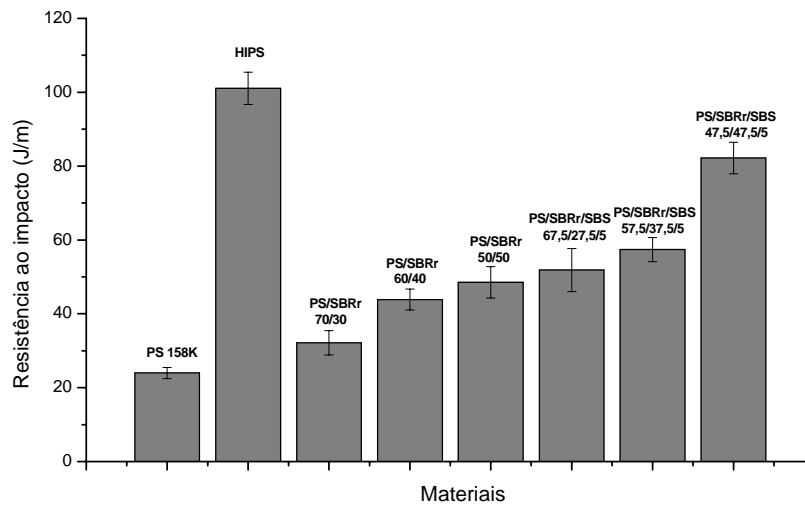


Figura 1. Resistência ao impacto do PS 158K, HIPS e das blendas binárias e ternárias

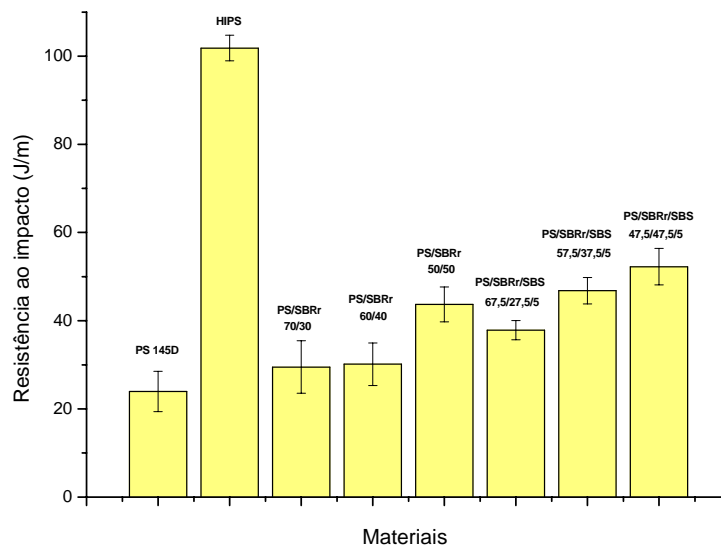


Figura 2. Resistência ao impacto do PS 145D, HIPS e das blendas binárias e ternárias

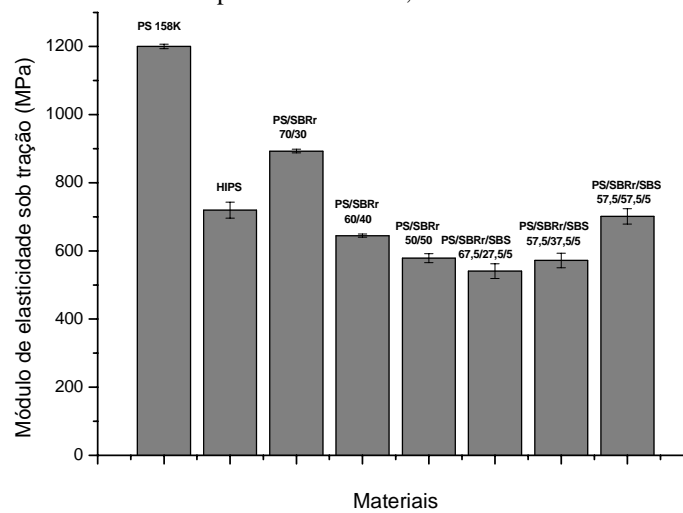


Figura 3. Módulo de elasticidade sob tração PS 158K, HIPS e das blendas binárias e ternárias

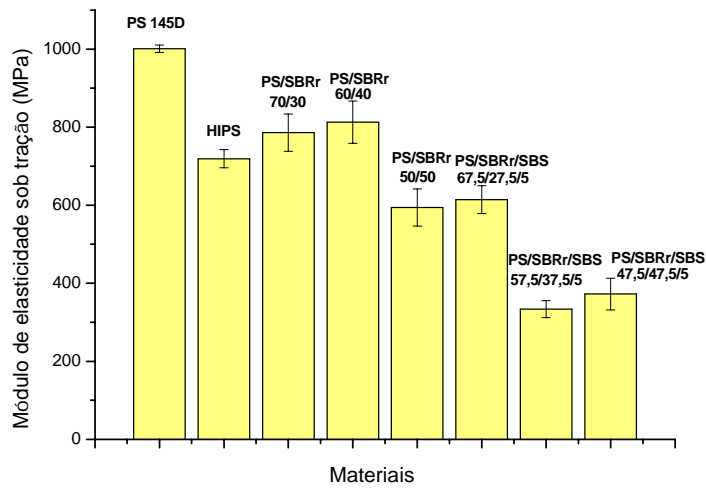


Figura 4. Módulo de elasticidade sob tração do PS 145D, HIPS e das blendas binárias e ternárias

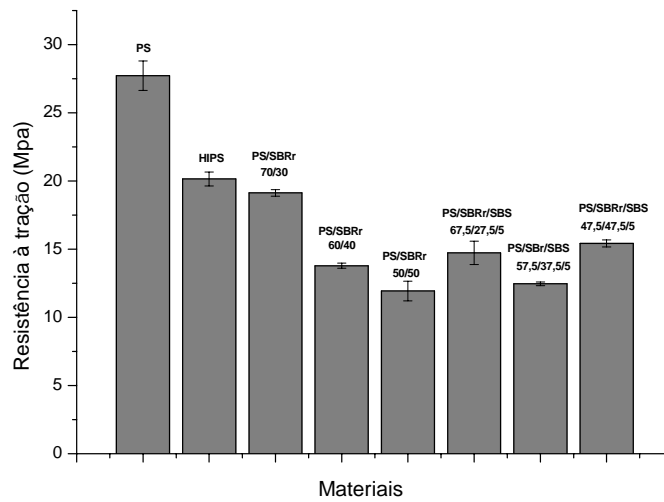


Figura 5. Resistência à tração do PS 158K, HIPS e das blendas binárias e ternárias

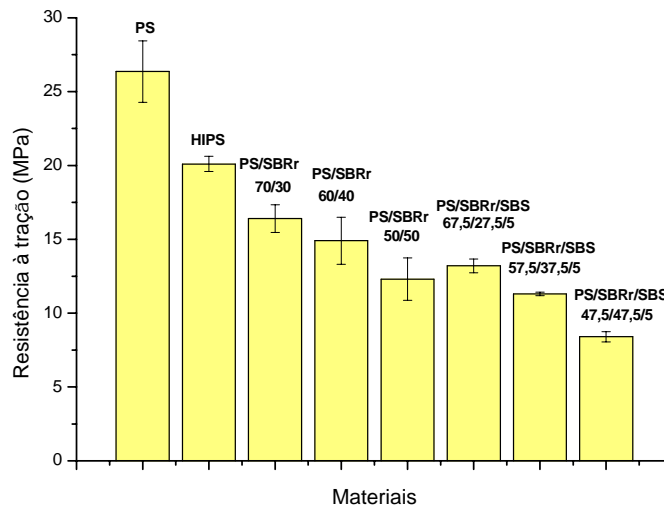


Figura 6. Resistência à tração do PS 158K, HIPS e das blendas binárias e ternárias

4. Conclusões

Blendas de poliestireno/composto de borracha reciclada foram produzidas e suas propriedades mecânicas avaliadas. O módulo de elasticidade e a resistência à tração de todas as blendas com ambos os poliestirenos (158K e 145D) reduziram quando comparados aos PS puro, o que já era esperado em virtude da adição de uma fase dispersa flexível e tenaz como o SBRr. A adição do agente compatibilizante foi suficiente para apresentar diferenças significativas nas propriedades mecânicas. A resistência ao impacto tanto para as blendas binárias quanto para as ternárias aumentou em relação aos PS puro e este aumento foi significativamente maior para as blendas ternárias, atingindo mais de 250% quando comparados aos polímeros puros. Portanto, as blendas de poliestireno/composto de borracha reciclada são uma boa alternativa para o reaproveitamento do composto de SBRr, resultando num novo material com propriedades específicas. Os resultados mostraram que as propriedades mecânicas foram melhores para o PS 158K, indicando uma boa perspectiva de tenacificação deste polímero e aplicação destes rejeitos industriais, o que pode minimizar o efeito nocivo sobre o meio ambiente e agregar valor a um material descartado.

Agradecimentos

São Paulo Alpargatas/PB pelo fornecimento das matérias primas, a MCTI/CNPq, CAPES e a UFCG

Referências

- [1] Figueiredo R. S. A utilização de blendas poliméricas no desenvolvimento de peças automotivas (Trabalho de conclusão de curso), Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2010.
- [2] Vossen, C. A. Nanocompósitos de ABS/PA e Argila Organofílica, Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.
- [3] Blazek, G. R. Estudo da blenda poli (3hidroxibutirato)/poli(etilenoglicol) Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais), Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [4] Ribeiro, V. F., Domingos Jr, N. S., Riegel, I. C. Estudo da recuperação das propriedades de poliestireno de alto impacto (HIPS) através da incorporação de borracha termoplástica tipo estireno-butadieno-estireno (SBS). *Polímeros*, 22 (2), 186-192, 2012.
- [5] Newman, S. Rubber modification of plastics, In: Paul, D. R., Newman, S. *Polymer Blend*, Vol. 2. New York: Academic Press; 1978.
- [6] Maglio, G., Palumbo, R. The role of interfacial agents in polymer blends. *Polymer Blends, Processing, Morphology and Properties*, Vol. 2. New York: Plenum Press; 1984.
- [7] Silva, D. F. Desenvolvimento de Blendas de Poliamida 6/Composto de Borracha Reciclada. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
- [8] Libio, I. C. Efeito de Agentes de compatibilização em blendas de PS/EPDM. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Caxias do Sul, Porto Alegre, 2011.
- [9] Araújo, E. M., Carvalho, L. H., Marcus, V. L. F. Propriedades mecânicas de blendas PS/resíduos de borracha- influência da concentração, granulometria e método da moldagem. *Polímeros*, 19 (3), 45-52, 1997.
- [10] Sonnier, R., Leroy, E., Clerc, L., Bergeret, A., Cuesta-lopez, J. M. Polyethylene/ground tyre rubber blends: Influence of particle morphology and oxidation on mechanical properties. *Polymer Testing: Material Properties*, 26, p. 274-281, 2007.