

## Reaproveitamento dos resíduos de borracha em blendas com poliestireno

Reuse of waste rubber in blends with polystyrene

**Carlos Bruno Barreto Luna<sup>1</sup>**

Universidade Federal de Campina Grande  
brunobarretodemauufcg@hotmail.com

**Divânia Ferreira da Silva<sup>1</sup>**

Universidade Federal de Campina Grande  
divaniaf@yahoo.com.br

**Edcleide Maria Araújo<sup>1</sup>**

Universidade Federal de Campina Grande  
edcleide@dema.ufcg.edu.br

**Resumo.** Blendas poliméricas são uma mistura física de dois ou mais polímeros para formar um novo polímero com propriedades desejadas. Pretende-se, com este trabalho, produzir blendas poliméricas a partir de uma matriz de poliestireno com resíduos de borracha reciclada visando à obtenção de aumento das propriedades mecânicas como resistência ao impacto e à flexão em comparação com o poliestireno. Resíduos de borracha, provenientes das indústrias de calçados foram adicionados ao poliestireno visando a sua tenacificação. As blendas foram caracterizadas mecanicamente e foi feito um estudo reológico. As blendas de poliestireno/composto de borracha reciclada, inicialmente foram preparadas em uma extrusora de rosca dupla corrotacional e, posteriormente, os grânulos extrusados foram moldados por injeção. O estudo reológico dessas blendas foi realizado em misturador interno acoplado a um Reômetro de Torque System 90 da Haake-Blucher. Os resultados obtidos com o estudo reológico e o ensaio mecânico sob impacto mostraram que quanto maior a percentagem de SBRr adicionado, maiores os valores de torque e de resistência ao impacto de todas as blendas, enquanto que a resistência à flexão diminuiu. Esses resultados ilustram uma boa perspectiva de aplicação desses rejeitos industriais, uma vez que se podem reduzir os efeitos nocivos sobre o meio ambiente.

**Palavras-chave:** blendas poliméricas, reaproveitamento, resíduos de borracha.

**Abstract.** Polymer blends are a physical mixture of two or more polymers to form a new polymer with desired properties. The aim of this work is to produce polymer blends from a matrix of polystyrene with recycled rubber waste in order to obtain increased mechanical properties such as impact resistance and flexural strength compared with polystyrene. Rubber waste from footwear industries was added to polystyrene seeking its toughening. The blends were characterized mechanically and a rheological study was carried out. The blends of polystyrene/recycled rubber composite were initially prepared in a corrotational twin screw extruder and subsequently the extruded granules were injection molded. The rheological study of these blends was carried out in an internal mixer coupled to a Haake-Blucher System 90Torque Rheometer. By rheological and impact strength tests it was seen that the higher the percentage of SBRr added the higher the torque and the impact resistance values of all the blends while flexural strength decreased. These results show a good perspective on the application of the industrial wastes since adverse effects on the environment can be reduced.

**Keywords:** polymer blends, reuse, waste rubber.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande, Paraíba, Brasil.

## Introdução

Desde o surgimento dos primeiros centros urbanos, os resíduos sólidos se apresentam à sociedade como um problema de difícil solução. Isso se intensifica com o crescimento populacional, o desenvolvimento da industrialização e o estímulo ao consumismo que vem a ser um dos principais agravantes para toneladas de lixo produzido sem destinação adequada (Santos e Agostinho, 2010).

Na atualidade, uma das maiores preocupações da Sociedade é a questão da utilização de resíduos e o seu gerenciamento. A poluição ambiental é algo alarmante, especialmente em relação aos resíduos produzidos por indústrias de grande porte. A evolução tecnológica e a praticidade da vida moderna têm contribuído para essa realidade. Nesse cenário, os materiais plásticos são considerados os principais agressores do meio ambiente, pois a demanda de artefatos poliméricos vem crescendo consideravelmente desde as décadas passadas até os dias atuais. Isso pode ser atribuído ao baixo custo, à excelente versatilidade de aplicações e ao desempenho. No entanto, como os materiais poliméricos não se decompõem facilmente, a deposição desses resíduos constitui um sério problema ambiental (Araújo, 2011).

Vem-se dando grande importância à reciclagem de materiais plásticos. Programas governamentais visando promover a conscientização da população para os problemas associados ao descarte do lixo urbano fizeram com que, hoje, as reciclagens de metais, vidros e termoplásticos sejam realizadas em diversas partes do mundo (Ehrig, 1992). O reaproveitamento de resíduos plásticos, sejam eles termoplásticos, termofixos ou elastoméricos, tem sido bastante explorado através de misturas com polímeros virgens, cargas e outros aditivos para gerar compostos utilizados em diversas aplicações (Schuster, 1993; Xhantos e Dagli, 1991).

O reaproveitamento dos polímeros termofixos e das borrachas é dificultado pelo fato de esses materiais possuírem composição muito complexa e heterogênea bem como apresentarem estrutura reticulada, o que torna o material infusível, dificultando, ou até mesmo impedindo o seu reprocessamento. Uma das maneiras de se reaproveitar os resíduos de borrachas é através de misturas com termoplásticos. Nesses casos, os resíduos infusíveis dispersam-se na matriz termoplástica durante o processamento, atuando como cargas flexí-

veis. Em geral, borrachas são adicionadas a termoplásticos ou termorrígidos com o objetivo de tenacificá-los e esse efeito pode ser esperado independente da borracha ser reciclada ou não (Silva, 2011).

Os resíduos de borracha 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 esses materiais apresentam resistência relativamente alta a agentes biológicos e às intempéries, causando 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 desses materiais poliméricos (Araújo, 1995).

O poliestireno (PS) é um polímero termoplástico muito usado em aplicações bastante diversificadas devido ao seu custo relativamente baixo e a sua boa processabilidade. Pode ser facilmente sintetizado e reciclado, é relativamente resistente à degradação térmica e possui uma alta rigidez e uma tenacidade baixa. Tem excelente transparência ótica devido à sua baixa cristalinidade, e possui boa resistência a ácidos e bases (Costa, 2009). Entretanto, possui baixa resistência ao impacto e, para certas aplicações, o poliestireno necessita ser tenacificado (Coutinho *et al.*, 2007). A principal técnica utilizada pelas indústrias de polímeros tem sido o seu reforço com elastômeros (Veronese, 2003). O reforçamento com elastômeros é reconhecidamente a técnica mais utilizada por grande parte das indústrias de polímeros para aumentar a resistência à fratura e à tenacidade desses materiais (Pizzol e Grassi, 2008).

A maioria das blendas PS/elastômeros é imiscível, ou seja, existe segregação entre suas fases. A incompatibilidade entre os pares poliméricos é responsável pelas baixas propriedades mecânicas da maioria dessas blendas devido à fraca interação interfacial entre as fases. Um dos grandes objetos de estudo nessa área é a busca por compatibilidade nesses sistemas, inicialmente incompatíveis, aumentando as possibilidades de mistura dos componentes termoplásticos/borracha em diversos graus e morfologias. Para tanto, agentes compatibilizantes, tais como copolímeros em bloco de estireno, podem ser adicionados às misturas poliméricas, com a finalidade de promover a adesão interfacial necessária para a obtenção de materiais com propriedades mecânicas desejáveis (Melo *et al.*, 2000). A adição adequada

de compatibilizantes nas blendas imiscíveis deverá reduzir a tensão interfacial, permitir uma dispersão mais fina, aumentar a estabilidade com relação à segregação das fases e melhorar a adesão interfacial (Aji e Utracki, 1996; Guo *et al.*, 1998).

O presente trabalho tem como objetivo reaproveitar os resíduos de borrachas advindos da indústria de calçados através da preparação de blendas PS/resíduos de borracha, utilizando um copolímero em bloco como agente de compatibilização, visando à obtenção de materiais com propriedades mecânicas superiores ou aproximadas ao poliestireno.

## **Materiais e métodos**

### ***Materiais***

#### *Matriz polimérica*

Como matriz polimérica, foi utilizado o poliestireno cristal (PS) sob o código 158K Q611 na forma de grânulos, fabricado pela Unigel S.A.

#### *Fase dispersa*

Como fase dispersa, foi empregado um composto de borracha reciclada (SBRr) proveniente da indústria de calçados São Paulo Alpargatas S.A. da região de Campina Grande/PB. Esse composto é constituído de uma mistura complexa de SBR (copolímero de estireno-butadieno), cargas, aditivos de processamento, agentes de cura e estabilizantes.

#### *Compatibilizante*

Como compatibilizante, foi utilizado o copolímero tribloco linear (SBS), sob o código Kraton D1101B, a base de estireno e butadieno contendo 31% de poliestireno, na forma de grânulos, adquirido da Activas S.A.

### ***Métodos***

#### *Preparação das blendas*

As blendas binárias PS/SBRr foram preparadas nas proporções 70/30; 60/40 e 50/50% em peso, e as misturas ternárias PS/SBRr/SBS, nas proporções 67,5/27,5/5; 57,5/37,5/5 e 47,5/47,5/5% em peso. A fase dispersa das blendas foi passada numa peneira ABNT N° 40 (0,420 mm).

As blendas foram processadas em uma extrusora dupla rosca corrotacional da Cope-rion ZSK 18mm, com temperatura de 190°C nas zonas 1 e 2 e 200°C nas demais zonas, velocidade de 250rpm e taxa de alimentação de 4kg/h. Os grânulos extrudados foram secos numa estufa a vácuo com temperatura de 60°C durante 48 horas.

Após a secagem, os grânulos extrudados foram moldados por injeção na forma de corpos de prova para ensaios de resistência ao impacto Izod (ASTM D256) e flexão (ASTM D790). Os corpos de prova foram moldados numa temperatura de 180° na zona 1 e 190° na zona 2, tendo um ciclo de injeção de 25s.

### ***Caracterizações mecânicas***

#### *Ensaio sob impacto*

Os ensaios sob impacto Izod foram realizados em corpos de prova entalhados segundo a norma ASTM D256 em um aparelho da marca Ceast modelo Resil 5.5, operando com martelo de 2,75J, e os resultados, analisados em uma média de 10 corpos de prova.

#### *Ensaio sob flexão*

Os testes sob flexão foram conduzidos numa máquina universal de ensaio da Shimadzu com capacidade de 50kN, segundo a norma ASTM D790, operando em modo de compressão a uma velocidade de 1,6 mm/min e separação entre os apoios de 64mm.

### ***Caracterização reológica***

#### *Reometria de torque*

O ensaio de reometria de torque foi realizado em um misturador interno RHEOMIX 600, acoplado a um reômetro de torque System 90 da Haake Büchler, operando com rotores do tipo roller, a uma velocidade de rotação de 60 rpm, a temperatura de 240°C durante 10 minutos em atmosfera de ar. A massa total dentro da câmara de mistura foi mantida constante em 55g para todas as composições.

## **Resultados e discussão**

### ***Resistência ao impacto***

Os parâmetros que têm influência na resistência ao impacto de polímeros tenacificados

são concentração, tamanho das partículas, morfologia e as propriedades da fase tenacificadora (Veronese, 2003). Segundo a literatura, a incorporação de uma segunda fase elástica em uma matriz vítrea de um polímero tem como principal objetivo o aumento de sua tenacidade, ou seja, de sua resistência ao impacto (Grassi e Forte, 2001). De acordo com Araújo *et al.* (1997), a adição de um material tenaz e flexível (composto de borracha) a uma matriz rígida e amorfa (PS) provoca aumento na tenacidade das blendas e essas variações são maiores quanto maior for o teor de borracha incorporada.

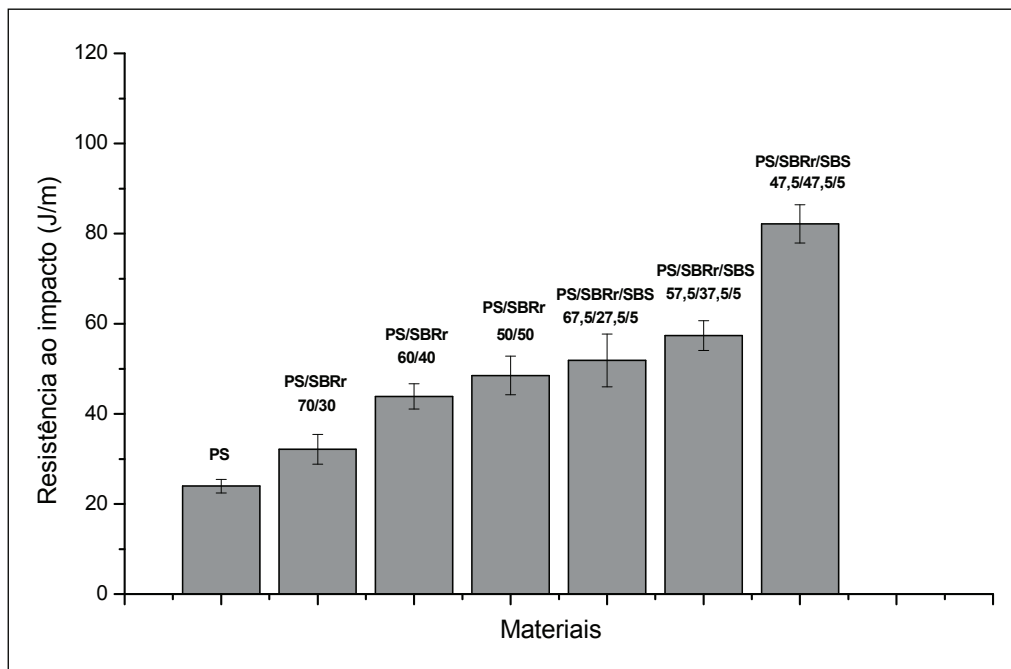
A Figura 1 evidencia o comportamento mecânico de resistência ao impacto do PS puro, das blendas PS/SBRr e PS/SBRr/SBS. Observa-se, na Figura 1, que o PS puro é caracterizado como um material rígido, porém, frágil, o que pode ser confirmado pelo baixo valor de resistência ao impacto, em torno de 24 J/m.

Nota-se, na Figura 1, que as blendas binárias 70/30, 60/40 e 50/50% ratificam a literatura, ou seja, com o aumento do teor de elastômero nas misturas, a resistência ao impacto aumenta. Segundo a literatura, as partículas de borracha quando misturadas em um polímero frágil como o poliestireno, podem induzir o mecanismo de microfibrilamento no material, ocorrendo ao redor do equador das partículas

presentes. A vantagem deste mecanismo é que se tem uma distribuição de tensões e, portanto, possibilita-se uma dissipação significativa da energia aplicada antes da geração das trincas. Além disso, o crescimento da fissura é interrompido e reiniciado quando encontra outra partícula de borracha. Portanto, possivelmente as partículas de borracha atuaram como inibidores do crescimento catastrófico das fissuras (Rabello, 2000).

Visando o aumento da adesão entre as fases, foi adicionado às blendas PS/SBRr um teor de 5% do compatibilizante SBS. Observou-se que a eficiência dos copolímeros em bloco na compatibilização de blendas poliméricas está relacionada com sua capacidade de reduzir a tensão superficial entre as fases, prevenindo a coalescência das partículas que constituem a fase dispersiva e melhorando a adesão entre as fases (Líbio, 2011).

Analisando os resultados das blendas ternárias, observa-se que a adição de 5% de SBS na blenda PS/SBRr resultou na produção de uma mistura com energia de impacto superior em relação às blendas binárias e ao PS puro. O SBS atuou como inibidor do crescimento de microfissuras e fraturas nessas blendas, uma vez que proporcionou uma maior adesão entre as fases vítrea e borrachosa, permitindo maior transferência de energia mecânica sob



**Figura 1.** Resistência ao impacto do PS, das blendas binárias e ternárias.

**Figure 1.** Impact strength of PS, binary and ternary blends.

impacto da matriz para a fase dispersa (Grassi e Forte, 2001). A blenda PS/SBRr/SBS na proporção 47,5/47,5/5% obteve o melhor resultado, tendo um aumento de aproximadamente 271% em relação ao PS puro. Pode-se observar, na Figura 1, que o aumento do teor de elastômero na mistura 47,5/47,5/5% junto com o compatibilizante SBS aumentou substancialmente a resistência ao impacto. O aumento de 271% na resistência ao impacto das blendas compatibilizadas pode estar relacionado à boa adesão entre as fases e à presença da terceira fase elastomérica na blenda (Mello, 2010). Comparando-se a resistência ao impacto das blendas binárias PS/SBRr com as ternárias PS/SBRr/SBS, provavelmente, o SBS atuou na interface entre os dois componentes principais, melhorando sua adesão e não como um agente tenacificante devido à sua natureza elastomérica (Líbio, 2011).

### Resistência à flexão

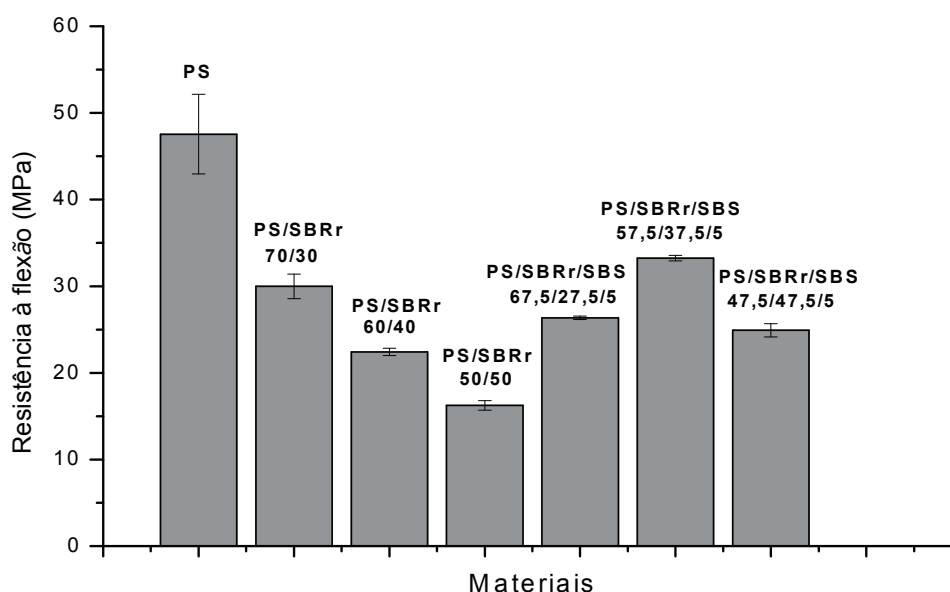
Segundo a literatura, o comportamento de polímeros tenacificados com elastômeros está relacionado com sua morfologia, seu tamanho médio e a distribuição de tamanho das partículas e o teor de elastômero. A resistência à flexão de um composto depende, principalmente, das propriedades dos componentes

individuais e da magnitude do trabalho de adesão interfacial (Ribeiro *et al.*, 2012).

As Figuras 2 e 3 apresentam os valores de resistência à flexão e do módulo de elasticidade sob flexão das amostras de PS puro, das blendas binárias e ternárias e sua tendência com o aumento do teor de borracha.

Observa-se, nas Figuras 2 e 3, que nas blendas binárias, decaíram as propriedades de resistência à flexão e o módulo de elasticidade em relação ao PS puro. O trabalho de Araújo *et al.* (1997) apresentou resultados similares. Segundo esses autores, isso era esperado, haja vista que o PS é um polímero rígido e que os resíduos empregados são elastoméricos. Nota-se que as blendas tiveram uma queda com o aumento do teor de elastômero nos materiais em estudo, sendo essa redução mais pronunciada para a blenda PS/SBRr na proporção 50/50%. Isso pode ser atribuído ao fato de a mistura 50/50% apresentar menor rigidez de acordo com o aumento da tenacidade observado no ensaio de resistência ao impacto.

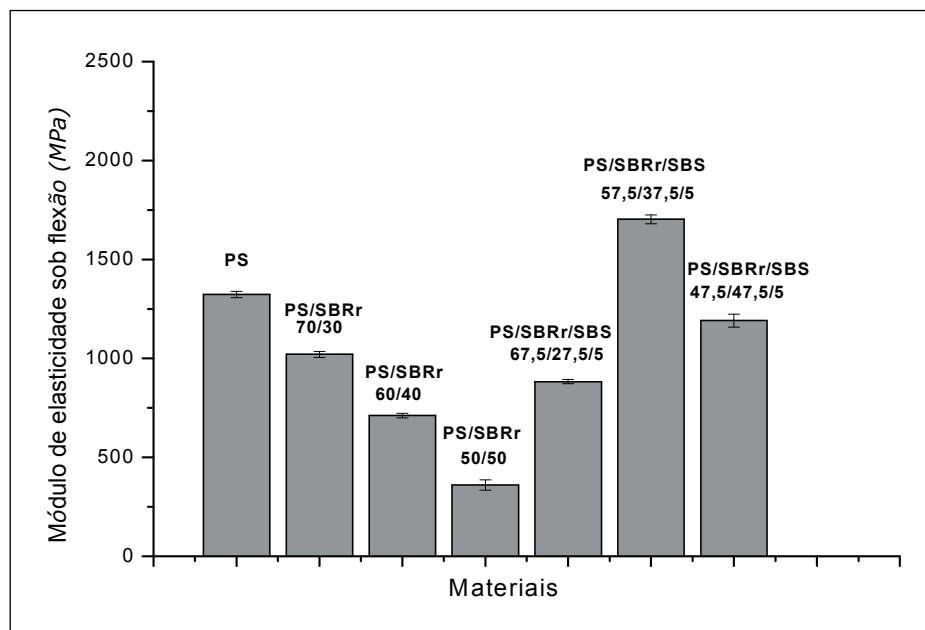
De acordo com Mello (2010), esse decaimento nas blendas binárias pode ser atribuído a uma eventual incompatibilidade entre as fases PS e SBRr na mistura, o que resultou, possivelmente, em uma fraca adesão entre elas e a formação, provavelmente, de uma morfologia grosseira de fases. Sonnier *et al.* (2007) afirmam



**Figura 2.** Resistência à flexão do PS, das blendas binárias e ternárias.

**Figure 2.** Flexural strength of PS, binary and ternary blends.





**Figura 3.** Módulo de elasticidade sob flexão do PS, das blendas binárias e ternárias.  
**Figure 3.** Modulus of elasticity in flexural strength of PS, binary and ternary blends.

que isso pode ser atribuído à baixa reatividade química do pó de borracha, que ocasiona uma fraca interação interfacial entre as partículas do pó e a matriz polimérica.

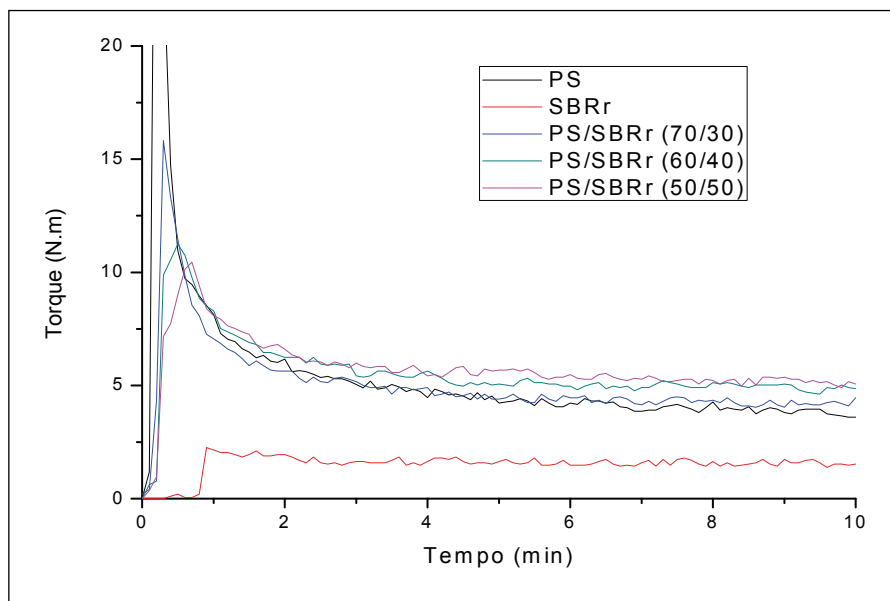
Visando a obtenção de melhores propriedades mecânicas de resistência ao impacto e à flexão, foram preparadas blendas ternárias PS/SBRr/SBS com 5% de compatibilizante SBS. O compatibilizante frequentemente é usado para melhorar a interação entre dois polímeros imiscíveis, o qual aumenta a adesão entre os polímeros e melhora as propriedades mecânicas de resistência ao impacto e à flexão do material resultante (Wiebeck e Harada, 2005). Como se observa nas Figuras 2 e 3, os resultados das blendas ternárias tiveram um aumento em relação às blendas binárias. Dentre as blendas ternárias a que otimizou os resultados de resistência sob flexão, bem como do módulo de elasticidade foi a blenda 57,5/37,5/5%. Isso pode ser atribuído, possivelmente, à ação interfacial do compatibilizante, aumentando a adesão entre as fases e tornando o material mais rígido (Libio, 2011).

### Reometria de torque

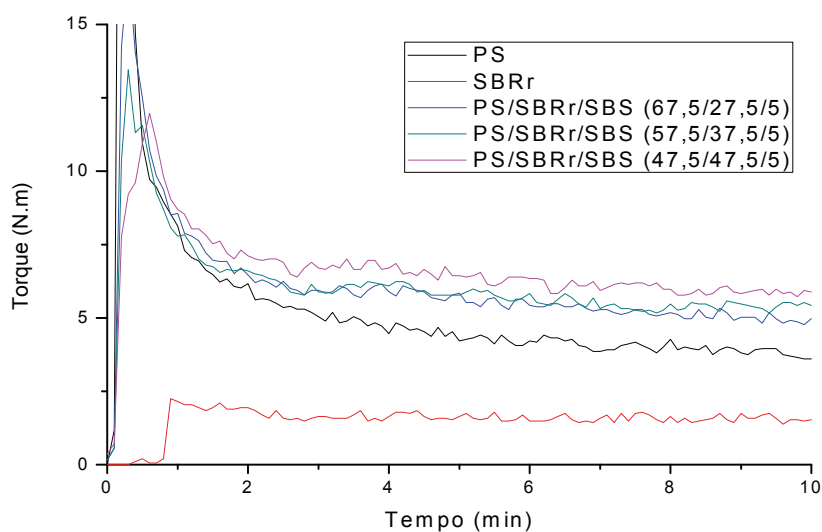
As Figuras 4 e 5 ilustram as curvas de variação do torque em função do tempo dos polímeros puros (PS e SBRr), das blendas binárias e ternárias respectivamente.

Observa-se, nas Figuras 4 e 5, que após 2 min de processo, o torque tende a ficar praticamente constante, com pequenas oscilações em torno de um valor médio. Esse comportamento indica estabilidade da viscosidade para as condições de processo utilizadas, ou seja, velocidade de 60 rpm e temperatura de 240°C. Nota-se que o PS apresentou torque superior em relação ao SBRr. Isso pode ser atribuído ao fato de o PS ser um polímero viscoso, com baixo índice de fluidez (4,5 g/10min.), e caracterizado como um material rígido, porém, frágil, o que pode ser devido à presença de anéis benzênicos em sua estrutura química, os quais dificultam a mobilidade local de segmentos de cadeia a baixas tensões.

Na Figura 4, observa-se que a viscosidade das blendas binárias aumenta à medida que aumenta o teor de borracha nas misturas. O trabalho de Silva (2011) apresentou resultados similares ao nosso. Segundo essa autora, os valores de torque das blendas binárias aumentam com o aumento da porcentagem do SBRr adicionado, implicando a elevação de viscosidade, provavelmente porque o SBRr esteja agindo como uma carga. Nota-se que a blenda na proporção 50/50% apresentou um torque ligeiramente maior que os demais materiais. De acordo com Serrano (2009), a viscosidade aumenta com a elevação do teor de resíduos de SBRr. Esse aumento na viscosidade



**Figura 4.** Curvas de torque em função do tempo dos polímeros puros e das blends binárias.  
**Figure 4.** Torque curves as a function of time of pure polymers and binary blends.



**Figura 5.** Curvas de torque em função do tempo dos polímeros puros e das blends ternárias.  
**Figure 5.** Torque curves as a function of time of pure polymers and ternary blends.

será maior em função de o resíduo de SBRr ser um polímero já reticulado que resistirá a fluir durante o processo.

Observa-se, na Figura 5, que os valores dos torques das blends PS/SBRr/SBS (67,5/27,5/5) e (57,5/37,5/5) praticamente foram os mesmos, indicando que a adição do agente compatibilizante SBS às misturas PS/SBRr não alterou significativamente o seu perfil de viscosidade.

A blend na proporção 47,5/47,5/5% apresentou o maior torque entre todos os materiais processados neste trabalho. Segundo a literatura, esse efeito na blend possivelmente está relacionado à viscoelasticidade desse compatibilizante e à promoção de uma melhor adesão entre as fases de PS e SBRr (Mello, 2010). Como pode-se constatar nas Figura 4 e 5, os valores dos torques finais das blends binárias

e ternárias apresentam um aumento quando comparados ao PS puro. Esses resultados das blendas pode ser indicação da ocorrência de processos de entrecruzamentos de cadeias, devido à insaturação presente na cadeia do elastômero (Líbio, 2011).

## Conclusões

Os resultados evidenciam que blendas de PS/composto de borracha reciclada obtidas por meio de mistura mecânica podem ser adequadas do ponto de vista tecnológico para aplicações industriais. Além disso, o uso delas pode também proporcionar uma boa perspectiva de reaproveitamento dos rejeitos industriais e assim reduzir os efeitos nocivos sobre o meio ambiente bem como agregar valor a um produto que seria descartado.

## Agradecimentos

Ao CNPq/PIBIC e ao MCTI/CNPq pelo financiamento do projeto e pela concessão da bolsa.

## Referências

- AJJI, A.; UTRACKI, L. A. 1996. Interphase and Compatibilization of Polymer Blends. *Polymer Engineering & Science*, **36**(12):1574. <http://dx.doi.org/10.1002/pen.10554>
- ARAÚJO, S.S. 2011. *Estudo das Alternativas Tecnológicas de Reaproveitamento e Reutilização de Pneus Provenientes de Descarte*. Campina Grande, PB. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, 36 p.
- ARAÚJO, E.M.; CARVALHO, L.H.; MARCUS, V.L.F. 1997. Propriedades Mecânicas de Blendas PS/Resíduos de Borracha-Influência da Concentração, Granulometria e Método da Moldagem. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **19**(3):45-52.
- ARAÚJO, E.M. 1995. *Aproveitamento de resíduos de borracha na tenacificação do poliestireno*. Campina Grande, PB. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, 102 p.
- COSTA, M.P.M. 2009. *Estudo da Tenacificação do Poliestireno com Elastômero Butadiênicos*. Campina Grande, PB. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 125 p.
- COUTINHO, F.M.B.; COSTA, M.P.M.; GUIMARÃES, M.J.O.C.; SOARES, B.G. 2007. Estudo Comparativo de Diferentes Tipos de Polibutadieno na Tenacificação de Poliestireno. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **17**(4):318-324. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282007000400011>
- EHRIG, R.J. 1992. *Plastics recycling: Products and processes*. 1ª ed., New York, HanserPubl, 289 p.
- GRASSI, V.G.; FORTE, M.M.C. 2001. Aspectos Morfológicos e Relação Estrutura-Propriedades de Poliestireno de Alto Impacto. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **11**(3):158-168. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282001000300016>
- GUO, H.F.; PACKIRISAMY, S.; MANI, R.S.; ARONSON, C.L.; GVOZDIC, N.V.; MEIER, D.J. 1998. Compatibilizing Effects of Block Copolymers in Low-Density Polyethylene/Polystyrene Blends. *Polymer*, **39**(12):2495-2505. [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(97\)00599-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(97)00599-5)
- LIBIO, I.C. 2011. *Efeito de Agentes de Compatibilização em Blendas de PS/EPDM*. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 74 p.
- MELO, T.J.A.; CARVALHO, L.H.; CALUMBY, R.B.; BRITO K.G.Q.; D'ALMEIDA, J.R.M.; SPIETH, E. 2000. Propriedades Mecânicas e Morfologia de uma Blenda Polimérica de PP/HIPS Compatibilizada com SEBS. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **10**(2):82-89. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282000000200010>
- MELLO, F.B. 2010. *Blenda PP/HIPS: Compatibilização, Propriedades e Processamento por Rotomoldagem*. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 78 p.
- PIZZOL, M.F.D.; GRASSI, V.G. 2008. Caracterização Morfológica do Poliestireno de Alto Impacto (HIPS). *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **18**(1):12-19. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282008000100007>
- RABELLO, M. S. 2000 *Aditivação de Polímeros*. São Paulo, Artliber Editora, 242 p.
- RIBEIRO, V.F.; RIEGEL, I.C.; DOMINGUES, N.S. 2012. Estudo da Recuperação das Propriedades de Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) Através da Incorporação de Borracha Termoplástica Tipo Estireno-Butadieno-Estireno (SBS). *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **22**(2):186-192. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000023>
- SANTOS, S.S.; AGOSTINHO, T.C.F. 2010. Reciclagem de Pneus Inservíveis. Marília, SP. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Eurípides de Marília, 70 p.
- SCHUSTER, R.H. 1993. Recycling of Rubber: Problems and Strategies. In: 11º Congresso Brasileiro de Polímeros, São Paulo, 1993. *Anais...* São Paulo, **2**:1135-1143.
- SERRANO, C.L.R. 2009. *Uso de Resíduos de SBR Proveniente da Indústria de Calçados em Composição de SBR*. Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 155 p.
- SILVA, D.F. 2011. *Desenvolvimento de Blendas de Poliamida 6/Composto de Borracha Reciclada*. Campina Grande, PB. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, 69 p.
- SONNIER, R.; LEROY, E.; CLERC, L.; BERGERET, A.; CUESTA-LOPEZ, J.M. 2007. Polyethylene/



- ground tyre rubber blends: Influence of particle morphology and oxidation on mechanical properties. *Polymer Testing: Material Properties*, **26**(2):274-281.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2006.10.011>
- VERONESE, V.B. 2003. *Desenvolvimento e Avaliação de Misturas de Poliestireno (PS) e Copolímero em Bloco Estireno-Butadieno-Estireno (SBS)*. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 80 p.
- WIEBWICK, H.; HARADA, J. 2005. *Plásticos de Engenharia: Tecnologia e Aplicações*. 1ª ed., São Paulo, Editora Artliber Ltda., p. 82-94.
- XANTHOS, M.; DAGLI, S.S. 1991. Compatibilization of Polymer blends by reactive processing. *Polymer Engineering & Science*, **31**(1):929-935.  
<http://dx.doi.org/10.1002/pen.760311302>

Submissão: 20/11/2013

Aceite: 09/01/2014