



INCORPORAÇÃO DE PNEU PÓS-USO EM MATRIZ SEBS: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE PARTÍCULA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Mariana Neis^{1,2*}, Luis S. B. Machado³, Ruth M. C. Santana²

1 – Laboratório de Polímeros, Processos e Tecnologia, Universidade Luterana do Brasil (Ulbra), Canoas, RS, mariana.neis@gmail.com

2 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, ruth.santana@ufrgs.br

3 – Departamento de Engenharia Química, Universidade Luterana do Brasil (Ulbra), Canoas, RS, luissidnei@yahoo.com.br

Resumo: O propósito de desenvolver novas composições de materiais poliméricos baseia-se em dois princípios fundamentais: o aumento significativo da aplicabilidade destes materiais e a possibilidade de, através do uso de aditivos e/ou cargas, modificar suas características, propriedades e/ou reduzir custos. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da granulometria do pó de pneu pós-uso (PB) nas propriedades mecânicas do composto termoplástico SEBS (copolímero de estireno-etileno/butileno-estireno)/PB. Foram usadas as granulometrias de PB de 12, 24 e 35 mesh. O resíduo de pneu foi adicionado na proporção de 20% m/m e foram misturados em um homogeneizador MH-600. Os corpos de prova foram submetidos a ensaios mecânicos de abrasão, compressão, dureza e tração. Resultados dos ensaios mostraram que a amostra constituída com pó de pneu de granulometria de 12 mesh apresentou o melhor desempenho nas propriedades de resistência à abrasão, tensão de ruptura e alongamento. A mistura composta por grânulos de 24 mesh mostrou-se a de menor dureza shore A, enquanto que no ensaio de DPC, conclui-se que a amostra de 12 mesh possui a maior resistência a deformação permanente por compressão.

Palavras-chave: Elastômero termoplástico, pneu pós-uso, Copolímero SEBS.

Incorporation of post-use tire in matrix SEBS: Influence of particle size in mechanical properties

Abstract: The purpose of developing new compositions of polymeric materials is based on two fundamental principles: a significant increase in the applicability of these materials and the possibility of modifying their characteristics, properties and / or reducing costs through the use of additives and / or fillers. The objective of this work is to evaluate the influence of the particle size after-use waste tire (PB) on the mechanical properties of the thermoplastic compound SEBS (styrene-ethylene / butylene-styrene)/ PB. The PB of particle sizes used were 12, 24 and 35 mesh. The tire residue was added in the ratio of 20% m / m and mixed in an MH-600 homogenizer. The specimens were submitted to mechanical tests of abrasion, compression, hardness and traction. Results of the tests showed that the sample constituted with 12 mesh granulometry powder presented the best performance in the properties of abrasion resistance, tensile strength and elongation. The mixture composed of 24 mesh granules showed the lowest shore A hardness, while in the DPC test, it was concluded that the 12 mesh sample had the greatest resistance to permanent deformation by compression.

Keywords: Thermoplastic elastomer, post-use tire, SEBS Copolymer.

Introdução

O pneu, componente essencial para o funcionamento de veículos, teve sua origem no século XIX e passou por diversos experimentos e tecnologias até chegar na composição atual. O pneu é capaz de suportar milhares de quilômetros nos mais variados tipos de estradas, garantindo toda a segurança e a qualidade de uma estrutura complexa e resistente do qual é formado. Através de uma combinação de processos e matérias-primas, como borracha natural, borracha sintética, negro de fumo, cabos de aço, lonas e fios de aço ou náilon e compostos químicos, este produto combina um projeto detalhado que pode variar de acordo com a carga demandada, a velocidade de aplicação e o tipo de cada veículo e estrada [1,2].

Em 2016, o Brasil produziu mais de 67 milhões de pneus. A Reciclanip, órgão pertencente à ANIP [1] que coleta e destina pneus inservíveis no país reciclou em 2016 cerca de 457,5 mil toneladas de pneus. Entre os produtos que reutilizam a borracha estão principalmente os materiais para vedação, solados de sapatos, pisos industriais e tapetes para automóveis. Entretanto, este reaproveitamento só é possível para casos em que o pneu seja descartado em local apropriado, como em lojas especializadas e borracharias ou pontos de coleta específicos para esta finalidade. Problemas de logística e fiscalização são os maiores obstáculos na campanha de reaproveitamento destes materiais que acabam na maioria das vezes sendo descartados em rios, córregos e terrenos abertos [3].

A proposta de utilizar elastômero termoplástico SEBS para o desenvolvimento de um novo composto surge da vantagem essencial que os TPE's (Elastômeros termoplásticos) conseguem associar às propriedades dos elastômeros com a reversibilidade térmica e processabilidade dos termoplásticos [3]. Isso significa que o processo é mais rápido e fácil, além de requerer menor energia de processamento. Podem ser transformados em equipamentos convencionais de termoplásticos em ciclos mais rápidos do que aqueles requeridos para o processo de compressão ou transferência das borrachas convencionais.

Os copolímeros em bloco do tipo SEBS são utilizados em inúmeras aplicações. Apresentam blocos de poliestireno nas extremidades da cadeia afastados por um bloco central de etileno-butileno. Sob temperatura ambiente, os blocos de poliestireno comportam-se como impedimentos físicos e a cadeia obtém uma resposta similar a borracha vulcanizada. Sob temperatura, os domínios de poliestireno ficam soltos, o que permite que o material possa ser processado como termoplástico. As principais vantagens do elastômero termoplástico em relação à borracha convencional compreendem gastos energéticos mais baixos, ciclos mais rápidos de produção, menores perdas com desperdícios e peças 100% recicladas [4]. De acordo com as pesquisas de Barcarolo [5], Greve [6] e Machado *et al* [7], a adição de pneu moído à matriz de TPE resultou em melhorias nas propriedades mecânicas da mistura. Além disso, a durabilidade, impermeabilidade e elasticidade oferecidas pelo pó de borracha torna seu reaproveitamento ainda mais atrativo [1].

Neste estudo foram desenvolvidas três composições de SEBS com 20% de pó de pneu pós-uso micronizado, variando-se suas granulometrias em 12, 24 e 35 mesh, o que correspondem, respectivamente, a aberturas de malha de 1.400, 710 e 420 μm . O objetivo é avaliar a influência do tamanho de grão nas propriedades mecânicas do composto SEBS/pneu pós-uso.

Experimental

Materiais

Elastômero termoplástico SEBS fornecido pela empresa FCC, com sede em Campo Bom-RS/Brasil, em formato de *pellets* e com nome comercial de FORTIPRENE TPE 7105A65CG, foi utilizado como matriz elastomérica para a preparação dos corpos de prova. O pó de borracha (pó de pneu) foi viabilizado pela empresa Borrachas Planalto, situada em Bento Gonçalves-RS/Brasil, denominada comercialmente de Borracha em Pó – Plabor, nas granulometrias de 12, 24 e 35 mesh.

Preparação do composto

A mistura dos componentes foi realizada através da utilização de um homogeneizador a temperatura de 200°C por 45 minutos. Uma vez retirado o material, o mesmo foi resfriado a temperatura ambiente sendo moído, posteriormente, em um moinho de facas marca SEIBT, modelo Mghs 10/300.

Preparação dos corpos de prova

Os grânulos das misturas constituídas por composto SEBS/pneu pós-uso (80/20) foram injetadas em uma máquina injetora Battenfeld UNILOG B6 com zonas de temperatura de 175, 180 e 185°C. Foram produzidas placas planas, de dimensões 25 x 25 cm, com espessura de 2mm, que foram cortadas com o auxílio de uma faca de aço nos formatos dos corpos de prova.

Caracterização

As amostras foram caracterizadas por Dureza conforme os procedimentos descritos na norma ASTM D2240-15, específico para materiais elastoméricos. Os ensaios de resistência à abrasão foram realizados com base na norma ISO 4649:2010 - Método A, com corpos de prova vazados a partir das placas injetadas. Também foram realizados ensaios de Tração (ASTM D412-15a), Deformação Permanente por compressão – DPC (ASTM D395:2014) e Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV), e seus resultados estão descritos detalhadamente a seguir.

Resultados e Discussão

Na Figura 1 são mostrados os resultados dos ensaios de dureza e desgaste por abrasão das amostras avaliadas. Os resultados da análise de dureza e seus respectivos desvios-padrão, conforme mostrado na Fig. 1-a, mostraram que a incorporação de pó de borracha (PB) diminui a dureza do composto, e que a granulometria do PB teve uma influência um pouco maior, sendo que a menor granulometria (35 mesh, 420 μm) apresentou maior dureza entre os aditivados. Esta propriedade está relacionada tanto com a dureza das partículas do pneu pós-uso quanto com a interação entre carga e matriz elastomérica [8].

A resistência à abrasão (Fig. 1-b) está diretamente relacionada à perda relativa de volume, o que significa que quanto menor for a perda de volume maior é a resistência à abrasão do material.

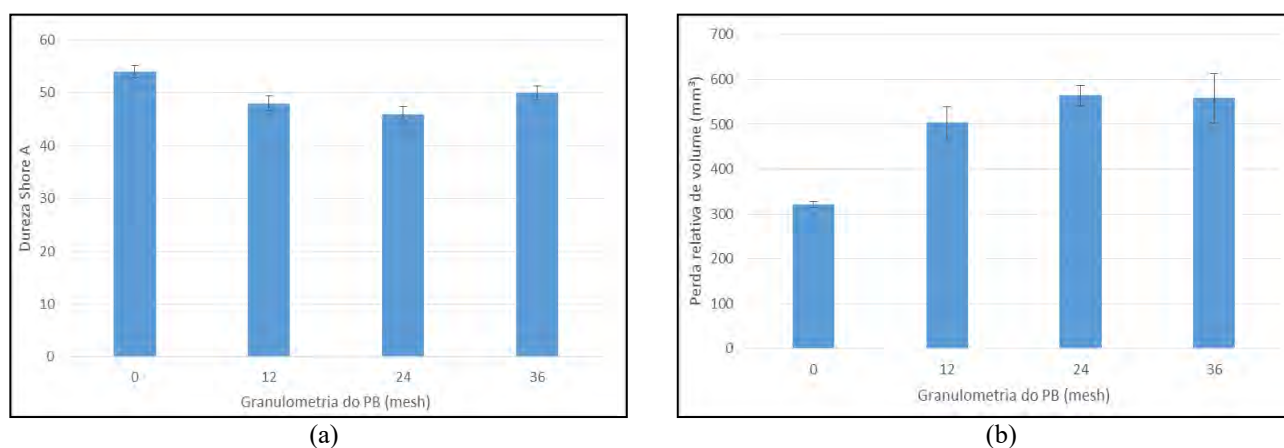


Figura 1 – Resultados dos ensaios mecânicos das amostras de SEBS e SEBS/PB (80/20) com diferentes granulometrias de PB: (a) Dureza Shore A e (b) Resistência à abrasão.

Conforme os resultados mostrados na Fig.–1-b, a presença do pó de pneu no SEBS apresentou um aumento considerável na perda de resistência a abrasão. Este não era um resultado esperado, uma vez que a presença do negro de fumo na composição do pneu tende a garantir à borracha resistência ao esforço e à abrasão [9]. Como a composição das amostras se manteve constante, a amostra com pó de pneu de tamanho de grão de 12 mesh foi a que obteve o melhor desempenho quanto a propriedade avaliada. Segre [10] desenvolveu formulações de pasta de cimento com reutilização de borracha de pneus usados e também obteve resultados que referenciam a perda da propriedade de resistência à abrasão com a adição de pó de pneu. Segundo a autora, uma das alternativas que podem ser utilizadas para viabilizar o uso deste componente é o tratamento das partículas de borracha com solução aquosa de H_2SO_4 ou NaOH , com o objetivo de intensificar a interação superficial entre as partículas de pneu e a matriz a qual está inserido.

Nos resultados de Deformação Permanente à Compressão (DPC), mostrados na Fig.2, percebe-se que a deformação residual definitiva, aquela apresentada por cada uma das amostras após a remoção da carga inicial de deformação, é maior a medida que diminui o tamanho de grão da amostra. A amostra com pó de pneu de 12 mesh (1.400 μm) possui resultado muito próximo ao obtido com a amostra virgem de SEBS.

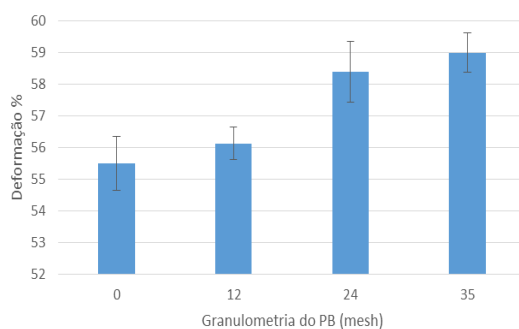


Figura 2 – Resultados dos ensaios mecânicos de DPC das amostras avaliadas

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do ensaio de tração das amostras avaliadas. Há um decréscimo significativo em todas as propriedades avaliadas das amostras SEBS/PB quando comparado ao SEBS. Entre as amostras com 20% PB, a amostra PB – 12 mesh foi a que apresentou a melhor resposta quando comparada com as demais amostras de 24 e 35 mesh.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de tração das amostras avaliadas.

Amostra	Tensão de ruptura (MPa)	% Deformação	Módulo 100% (MPa)	Módulo 200% (MPa)
SEBS	3,85	489,17	2,58	1,46
PB - 12 mesh	2,63	240,49	2,35	1,20
PB - 24 mesh	2,50	226,04	2,13	1,26
PB - 35 mesh	2,51	235,30	2,27	1,23

A microscopia eletrônica por varredura (MEV) possibilitou que fosse verificada a interação dos grãos de pneus pós-uso aglomerados no elastômero termoplástico SEBS. Algumas imagens obtidas por MEV estão na Fig. 3.

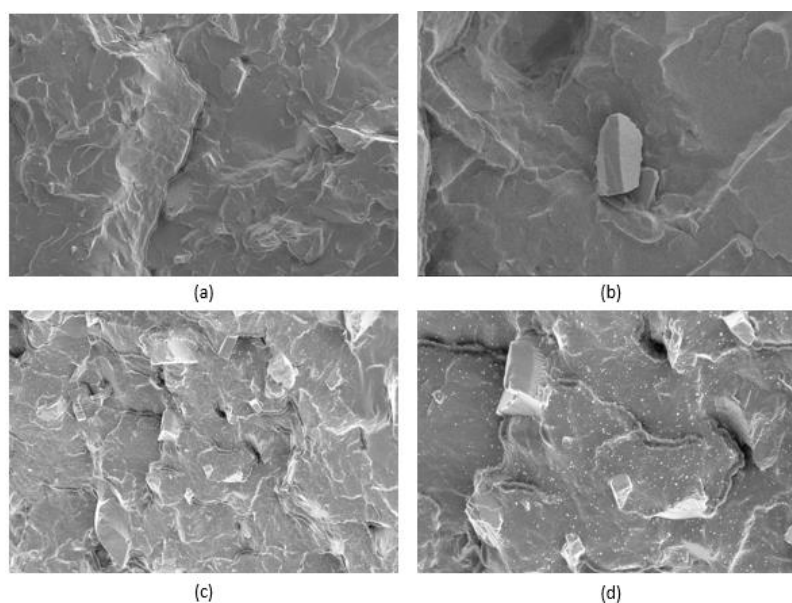


Figura 3 – Imagens MEV da superfície de fratura das amostras SEBS/PB: (a) 35 mesh - 400x (b) 35 mesh - 1000x (c) 12 mesh - 400x (d) 12 mesh - 1000x.

Considerando a microestrutura superficial proveniente de quebra criogênica do corpo de prova, observa-se problemas de compatibilização das fases, uma vez que são verificados vazios na

superfície que podem ser provocados por falta de adesão do pó de pneu com a matriz. Estes vazios tendem a fragilizar a amostra, uma vez que provoca áreas de tensão propensas a ruptura.

Conclusões

Resultados deste estudo mostraram que a granulometria do pó de pneu teve forte influência no desempenho mecânico (mantendo a composição constante). A diminuição do tamanho de partícula de pó de pneu afetou no decréscimo da dureza, resistência a abrasão (pelo maior desgaste volumétrico mostrado), e resistência a tração na ruptura do material. A granulometria de 12 mesh foi a que apresentou desempenho mecânico mais próximo ao do SEBS puro. Entretanto, é importante que sejam avaliados os percentuais de incorporação do pneu pós-uso no SEBS, no intuito que seja verificada qual a influência de sua concentração no composto.

Agradecimentos

Agradecimento a empresa FCC pelo fornecimento do composto termoplástico SEBS, a Borrachas Planalto pela disponibilização das amostras de pó de pneu, pelo Centro Tecnológico de Polímeros do SENAI-RS pela realização dos ensaios de abrasão e DPC, pelo Laboratório de Polímeros da Ulbra Canoas-RS, pela homogeneização das amostras e realização do ensaio de Dureza, pela UFRGS pela execução dos ensaios de tração.

Referências Bibliográficas

- [1] ANIP, Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. Disponível em <<http://www.anip.com.br/?cont=fabricacao>>. Acessado em 02 de março de 2017.
- [2] CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/7/pneus>>. Acessado em 02 de março de 2017.
- [3] Trombeta, F. Dossiê técnico de Elastômeros Termoplásticos. Centro Tecnológico de Polímeros, SENAI. São Leopoldo – RS, 2007.
- [4] Carvalho, A. J. F. *Caracterização de géis termorreversíveis de SEBS*, Polímeros: Ciência e Tecnologia, 2000, p.1-7.
- [5] Martinoto, L.B. *Estudo das propriedades mecânicas de compósitos de TR com pó de pneu para fabricação de piso podotátil*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Luterana do Brasil, 2012.
- [6] Greve, R.R. *Incorporação de pneu inservível micronizado em borracha termoplástica para fabricação de placa podotátil*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Luterana do Brasil, 2012.
- [7] Machado, L.S.B; Prochnow, E. A; Tubino, R; Santana, R.M.C; *Influência do teor de pneu inservível micronizado nas propriedades físicas de borracha termoplástica para fabricação de placa podotátil* in 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá-MT, 2014.
- [8] Pessoa, D.F; *Pó de Borracha Reutilizado na Confecção de Compostos de Borracha Natural para a Produção de Peças de Engenharia do Setor Automotivo*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- [9] Goulart, E.A; Mariotoni, C. A; Sanchez, C. G. *A Utilização da Gaseificação de Pneus Usados em Leito Fluidizado para a Produção de Energéticos*. Polímeros, v.9, n. 4, São Carlos, 1999.
- [10] Segre, N. *Reutilização de Borracha de Pneus Usados como Adição em Pasta de Cimento*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 1999.