

BLENDAS POLIMÉRICAS DE ALTO DESEMPENHO

MECÂNICO

Heloá Catarina Coelho – hcatarina35@gmail.com

Prof. Dr. Guilhermino José Macedo Fachine (Orientador) – guilherminojmf@mackenzie.br

RESUMO

O lixo urbano concentra uma grande quantidade de material polimérico proveniente de diversas indústrias, por exemplo: indústrias de embalagem e indústria automobilística. O desenvolvimento de blendas poliméricas com boa relação custo/benefício é uma saída ao descarte em excesso de materiais e uma boa alternativa à síntese de novos polímeros. O objetivo deste trabalho foi caracterizar mecanicamente blendas poliméricas compostas por poliestireno de alto impacto – PSAI e borracha estireno-butadieno – SBR. A composição 90/10 (PSAI/SBR) foi mantida, variando apenas a granulometria do resíduo de SBR usado, 0,59mm, 0,177mm e 0,149mm. Foram realizados ensaios mecânicos de tração e impacto no PSAI puro e nas blendas. Os resultados indicaram que a adição da SBR não contribuiu para a tenacificação do PSAI, muito provavelmente devido à baixa compatibilidade entre as fases e/ou a degradação já presente na borracha SBR o que a torna extremamente rígida. Os resultados mostraram também aumento nas propriedades em tração da maioria das blendas, como a tensão e o módulo de elasticidade.

Palavras-chave: polímero, borracha, blenda polimérica, caracterização mecânica.

HIGH MECHANICAL PERFORMANCE POLYMERIC BLENDS

ABSTRACT

The urban trash has a lot of polymeric materials that come from different industries, as automotive industry and packing industry. The development of polymeric blends with good properties and low cost is a way out from the big materials disposal and from the synthesis of new polymers. This paper objective was the mechanical characterization of polymeric blends made of High Impact Polystyrene -HIPS and styrene-butadiene rubber – SBR. The composition 90/10 (HIPS/SBR) was sustained, and the SBR granulometry ranged from 0,59mm, 0,177mm to 0,149mm. Impact and tensile tests were made with the pure HIPS and with the blends. The results indicated that the SBR addition didn't contribute to the HIPS tenacity, probably there were bad compatibility between the phases and/or the SBR was already degraded, what made the rubber extremely rigid. The results showed an increase in the tensile tests, as tension and Young's modulus too.

Keywords: Polymer, rubber, polymeric blend, mechanical characterization.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de artefatos fabricados a partir de polímeros está atrelado a necessidade de materiais que sejam cada vez mais duráveis, com ampla variedade de aplicações e baixo custo. Os polímeros são macromoléculas formadas a partir da substituição de uma unidade básica denominada mero. De acordo com sua configuração específica os polímeros podem ser divididos em: termoplásticos, termofixos e elastômeros.

Os polímeros substituem materiais utilizados na fabricação de artefatos pelo ser humano há décadas, como o vidro e os metais. Apesar de serem materiais considerados novos, datados do século passado, os polímeros apresentam uma ampla aplicação no cotidiano da população, na medicina, na indústria e na pesquisa e desenvolvimento. Suas propriedades permitem a produção de objetos em uma grande variedade de formas e tamanhos, além das inúmeras aplicações.

Com a crescente utilização de artefatos de polímeros, tem-se acentuado problemas com o descarte desses materiais, que podem levar gerações para se decompor, gerando sérios impactos negativos a saúde humana, a fauna e a flora (CUCCATO, 2014).

Uma forma de reduzir os grandes impactos causados pela produção de artefatos de polímeros é a reciclagem, uma técnica que possibilita a redução do consumo de matéria prima, de energia nos processos de fabricação, do custo geral de produção e da quantidade de resíduo gerado pelo uso destes artefatos.

O objeto de estudo deste trabalho é o poliestireno de alto impacto (PSAI). Ele pode ser obtido pela polimerização em massa ou em suspensão do estireno. É um termoplástico duro amorfo. É altamente empregado para a fabricação de produtos descartáveis por seu baixo custo. Ainda se destacam seu fácil processamento, fácil coloração e a resistência ao impacto superior ao poliestireno.

A reciclagem do poliestireno se dá, normalmente, pela adição de outros polímeros ou borrachas no processamento, para alterar suas propriedades de modo a retorná-lo ao mercado para a mesma aplicação ou para outras.

A participação do PSAI reciclado em processos industriais, em relação com o PSAI virgem é muito pequena, por isso, estudos sobre a utilização do PSAI reciclado são cada vez mais importantes.

A borracha de butadieno estireno, SBR, é o aditivo incorporado ao poliestireno neste trabalho para agregar/melhorar as características do polímero poliestireno. Dentre as características da SBR destacam-se a melhor resistência a abrasão a altas temperaturas, maior flexibilidade e elasticidade a baixas temperaturas. Em altas temperaturas, os vulcanizados de SBR apresentam endurecimento e não amolecimento como os vulcanizados de borracha natural, embora a resistência química seja semelhante à da borracha natural (FORLIM, 2002).

O objetivo deste trabalho é preparar e caracterizar mecanicamente blendas PSAI/SBR com o intuito de reaproveitar os materiais tentando dar um destino ecologicamente correto para ambos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ANÁLISE GRANULOMETRICA SBR

A borracha SBR reciclada utilizada neste estudo é proveniente de doação da empresa SEMOG ao laboratório de caracterização de materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Afim de verificar a influência do tamanho das partículas nas propriedades da blenda, foi realizada uma análise granulométrica da borracha SBR utilizada neste trabalho em um agitador de partículas com controle de tempo e vibração. A figura 1 abaixo mostra o equipamento usado para a análise granulométrica.



*Figura 1 - Agitador de partículas com controle de tempo e vibração
Fonte: Própria*

As partículas selecionadas para compor este estudo foram as das peneiras de abertura: 0,59mm ; 0,177mm e a peneira com abertura para partículas menores que 0,149mm. Deste modo pode-se verificar a influência de partículas pequenas, médias e grandes nas blendas.

2.2. PREPARAÇÃO DO POLÍMERO

O PSAI utilizado neste trabalho é reciclado e proveniente da empresa ACTOS. O polímero foi obtido em placas, que foram cortadas e posteriormente moídas em um moinho de facas, modelo MGHS 41180, serie A23199 – SEIBT.

Dez corpos de prova do polímero reciclado foram injetados em uma injetora MINIJET – HAAKE, em cilindro com temperatura de 230°C, molde em temperatura de 60°C, pressurizados à 300 bar por 30 segundos, com pressão de recalque de 150 bar por 20 segundos.

2.3 PREPARAÇÃO DAS BLENIDAS

O pó de PSAI e as partículas de borracha foram misturados na proporção de 90% e 10%, respectivamente. Foram preparadas três composições conforme as granulometrias da borracha: 0,59mm; 0,177mm e menores que 0,149mm.

O material particulado foi misturado manualmente no primeiro momento.

As composições passaram pelo processo de extrusão, em uma extrusora dupla rosca, PROCESS 11 – Thermo SCIENTIFIC. O perfil de extrusão utilizado pode ser visto na figura 2 abaixo.



Figura 2 - Perfil de temperatura usado na extrusão
Fonte: Própria

O material extrudado foi moído em pequenos grânulos. O material granulado passou pelo processo de injeção, afim de produzir dez corpos de provas. Os parâmetros de injeção foram os mesmos utilizados para o polímero sem carga.

2.4 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

Os corpos de prova injetados do PSAI reciclado e das blendas PSAI/SBR foram submetidos a ensaios de tração e impacto, conforme procedimento descrito abaixo.

O ensaio de tração foi realizado no equipamento QTest, modelo 815 MTS, utilizando dez corpos de prova para cada composição de blenda PSAI/SBR e também para o PSAI reciclado sem carga. A norma utilizada para realizar o ensaio foi a ASTM D638, tipo 1. Foram realizadas medidas de largura e espessura na região central do corpo de prova, marcando seu comprimento útil como 10mm. O corpo de prova foi preso pelas garras do equipamento, que exercem esforços na sua direção axial. O corpo de prova foi tracionado a uma taxa de 1mm/minuto. O ensaio fornece informações como o modulo de elasticidade, a tenacidade e a resistência a tração dos corpos de prova.

O ensaio de impacto foi realizado em equipamento da empresa DINATESTES, utilizando também dez corpos de prova para cada composição de blenda PSAI/SBR e também para o PSAI reciclado sem carga. A norma utilizada para o teste foi a ASTM D6110. A largura e espessura dos corpos de prova foi dimensionada com a ajuda de um paquímetro digital. Os corpos de prova foram fixados na base do equipamento e o martelo em forma de pêndulo foi solto a uma velocidade média de 3.45 m/s. Dentro os dados fornecidos após o ensaio, foi analisada a energia por unidade de área dos materiais.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 COMPORTAMENTO TENSÃO X DEFORMAÇÃO

Foi analisado o comportamento do polímero reciclado sem carga e das blendas poliméricas quanto a deformação quando aplicada tensão à taxa de 1mm/minuto. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir do ensaio de tração: tensão e deformação na ruptura, módulo de elasticidade e tenacidade (área sob a curva).

Tabela 1 - Resultados ensaio de tração

	Tensão (MPa)	Deformação (%)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tenacidade (MPa)
PSAI	35,07 ± 3,83	21,20 ± 7,13	194,78 ± 48,64	479,80 ± 47,56
PSAI/SBR (0,59)	47,88 ± 6,18	8,65 ± 1,28	245,79 ± 33,74	373,44 ± 67,26
PSAI/SBR (0,177)	37,94 ± 6,49	15,22 ± 3,57	199,71 ± 49,72	562,28 ± 41,02
PSAI/SBR (0,149)	32,91 ± 3,77	12,66 ± 2,73	188,91 ± 21,67	449,44 ± 64,28

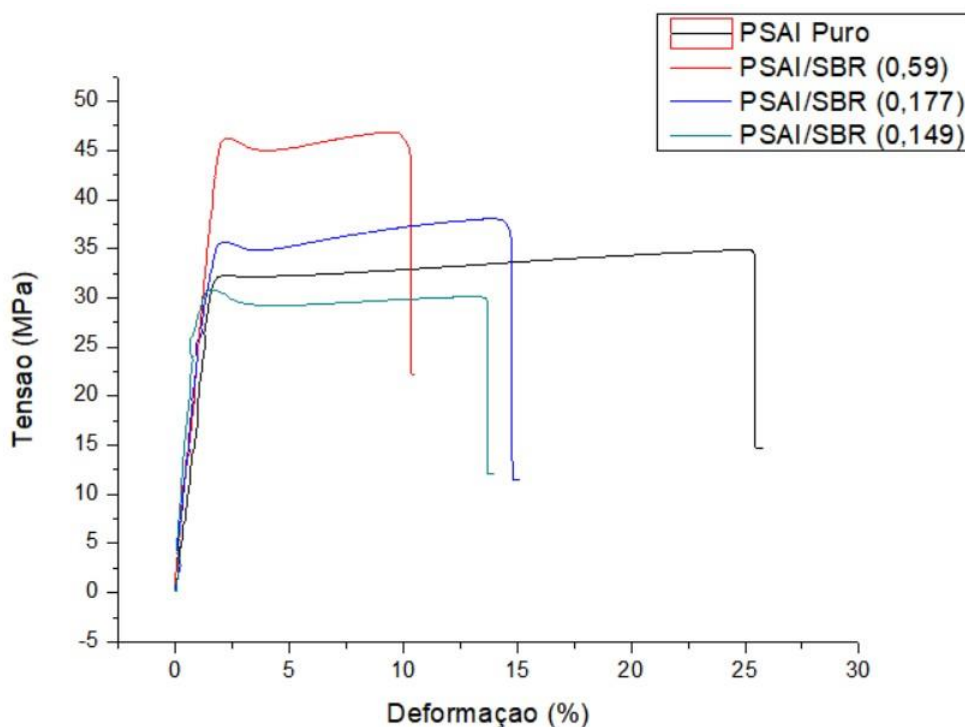


Gráfico 1 - Comportamento tensão x deformação do PSAI e das blendas PSAI/SBR

Analisando os resultados, nota-se um aumento na tensão de ruptura das blendas PSAI/SBR em relação ao PSAI reciclado sem carga, exceto pela blenda PSAI/SBR (0,149). O aumento dos valores de tensão na ruptura pode ser atribuído à adição da borracha, de certa forma as partículas de borracha contribuíram para ancoramento das cadeias do PSAI durante o ensaio e devido a tensão necessária para ruptura foi superior. O aumento mais expressivo da tensão de ruptura foi obtido pela blenda PSAI/SBR (0,59) e foi de aproximadamente 36,53%.

A segunda propriedade analisada foi a porcentagem de deformação das blendas em relação ao PSAI reciclado sem carga. A adição da borracha diminuiu a deformação na ruptura das blendas, sendo que a maior diminuição é da ordem de 59,2% em relação ao PSAI reciclado sem carga e é proveniente da blenda PSAI/SBR (0,59), que obteve o maior aumento na tensão de ruptura. Esperava-se que por ser um material borrachoso a adição da SBR aumentaria a deformação, contudo, verifica-se o inverso. Provavelmente, essa SBR já deve estar muito degradada o que eleva bastante sua rigidez.

O módulo de elasticidade determina a rigidez dos materiais, é a razão entre a tensão e a deformação no material enquanto ele se deforma elasticamente, ou seja, de maneira não permanente. A adição da borracha nas blendas PSAI/SBR aumentou o módulo de elasticidade, exceto na blenda PSAI/SBR (0,149). O maior aumento advém da blenda PSAI/SBR (0,59) e é da ordem de 26,19%.

A tenacidade pode ser definida como a energia absorvida pelo material até a sua ruptura e é representada pela área abaixo do gráfico tensão x deformação. Quanto à tenacidade, os materiais podem ser classificados como frágeis ou dúcteis, a depender dos valores. Materiais frágeis tem baixos

valores de tenacidade, já materiais dúcteis tem altos valores de tenacidade. A borracha é um material classificado como dúctil e deveria tenacificar as blendas PSAI/SBR. Pela análise dos resultados, nota-se que apenas uma blenda foi tenacificada pela ação da borracha, a blenda PSAI/SBR (0,177) e o aumento foi da ordem de 17,19%.

Pela revisão da literatura, o resultado esperado seria de aumento na tensão de ruptura, no módulo de elasticidade e na tenacidade das blendas PSAI/SBR. O não aumento/diminuição das propriedades obtidas em algumas blendas pode ser atribuído à problemas de compatibilização na interface da blenda, que poderia ser solucionado com a adição de agente compatibilizante; também pode ser atribuído a quantidade de SBR adicionada as blendas. Foi adicionado 10% em massa de SBR nas composições, este pode ser um valor abaixo ou acima do valor que corresponderia à melhor compatibilização. A blenda com o pior desempenho em relação ao PSAI reciclado sem carga foi também a blenda que foi obtida com o menor tamanho de partícula, isto pode indicar que partículas muito pequenas precisam de agente compatibilizante ou ainda de teores maiores ou menores de borracha que o usado neste trabalho.

3.2 ENSAIO DE IMPACTO

Para o polímero puro e para as blendas poliméricas PSAI/SBR na proporção 90/10 em massa, nas granulometrias 0.59mm, 0.177mm e 0.149mm foram realizados ensaios de impacto que forneceram resultados de energia (J), energia / espessura (J/m) e energia / área (KJ/m²), além do tipo de fratura sofrida pelo material ensaiado. A velocidade do ensaio foi padronizada em 3.45 m/s.

Tabela 2 - Valores de energia/área do PSAI reciclado puro e das blendas PSAI/SBR.

	E/área (KJ/m ²)
PSAI	18,72 ± 3,12
PSAI/SBR (0,59)	10,54 ± 2,47
PSAI/SBR (0,177)	9,41 ± 1,26
PSAI/SBR (0,149)	12,01 ± 1,5

Pela análise previa de trabalhos com o objetivo de tenacificar o PSAI utilizando borracha SBR, esperava-se um aumento da energia por unidade de área absorvida no impacto pelas blendas PSAI/SBR. A borracha é um material elastoméricos, que tem a propriedade de absorver uma grande quantidade de energia no impacto, logo a adição de borracha no PSAI deveria aumentar a quantidade de energia absorvida pelo material no impacto.

Analisando a tabela acima, nota-se diminuição na energia absorvida por unidade de área nas blendas PSAI/SBR, chegando a diminuições da ordem de 49,73%. Esta diminuição pode ser atribuída à má compatibilização das blendas PSAI/SBR como também a possibilidade desse material se encontrar degradado e por isso ter sua rigidez elevada. As blendas, quando bem compatibilizadas tendem a melhorar as características do material da matriz polimérica de acordo com a carga usada. Para sanar o possível problema de compatibilização, poderia-se usar um agente compatibilizante.

4 CONCLUSÃO

A tenacificação de polímeros com a adição de borrachas é uma prática economicamente viável e amplamente estudada. A adição de borracha na matriz polimérica cria uma blenda polimérica com propriedades melhores quando comparadas aos componentes puros.

As análises feitas durante este trabalho mostraram aumento das propriedades em tração (tensão de ruptura, módulo de elasticidade e tenacidade) das blendas em relação ao PSAI reciclado sem carga, conforme o esperado. Porém, para a blenda PSAI/SBR (0,149) todos os valores foram menores em relação ao PSAI reciclado sem carga.

Para as propriedades em impacto, notou-se diminuição da energia absorvida por unidade de área para todas as blendas PSAI/SBR em relação ao PSAI reciclado sem carga.

As diminuições das propriedades podem ser atribuídas à má compatibilização das blendas poliméricas. Conforme discutido anteriormente, a adição de um agente compatibilizante na mistura das blendas criaria uma interface mais homogênea em relação as propriedades, além de misturar de maneira mais eficiente os componentes, criando uma blenda com propriedades superiores às encontradas no PSAI reciclado sem carga.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. M.; CARVALHO, L. H.; FOOK, M. V. L. Propriedades Mecânicas de Blendas PS/Resíduos de Borracha-Influência da Concentração, Granulometria e Método da Moldagem. *Polímeros*, v. 19, n. 3, p. 45-52, São Carlos, 1997.

CUCCATO, Guaciara Regina Soares Pinho. A importância da reciclagem dos plásticos e a conscientização dos alunos do ensino médio. 2014. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

FORLIM, Flavio J.; FARIA, José de Assis F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Campinas, 1 out. 2002.

HAGE JR. E.; PESSAN, L. A. Aperfeiçoamento em tecnologia de plásticos. Módulo 7: blendas poliméricas, São Carlos: ABPol, 2001.

JÚNIOR, Fausto Rodrigues. Obtenção e caracterização de Blendas de CAP 20 modificadas com poliestireno reciclado e resíduos de pneu. 2006. Tese de mestrado (Mestrado - Engenharia de Materiais) – FASMAT, Ouro Preto, MG, 2006.

LIMA, Vanessa Silva de. Blendas poliméricas biodegradáveis de PHBV/PLA com fertilizante NPK e argila bentonita para a liberação controlada. 2018. Iniciação Científica (Graduação - Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2018.

LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M.; Reaproveitamento dos resíduos de borracha em blendas com poliestireno, Estudos Tecnológicos em Engenharia (ETEC) v. 10, n. 1, 2014.

LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; BASÍLIO, S. K. T.; ARAÚJO, E. M.; OLIVEIRA, A. D. Estudo do Comportamento Mecânico e Termomecânico de Blendas de Poliestireno/Composto de Borracha Reciclada (SBRr), Revista Matéria, v. 20, n. 2, p. 322-334, 2015.

NASCIMENTO, Claudia Carolina da Silva. Uma contextualização do ensino de polímeros em uma escola do E.M. do município de Campina Grande. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura - Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2018.

PASSADOR, F. R.; PESSAN, L. A.; RODOLFO, A. JR. Estado de mistura e dispersão da fase borrachosa em blendas PVC/NBR, Polímeros, v. 16, n. 3, p. 174-181, São Carlos-SP, 2006.

PEREIRA, Laurenice Martins. Estudo de blendas de Polimetacrilato de metila com polímeros estirênicos. 2018. Tese de doutorado (Doutor - Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2018.

SILVA, Divânia Ferreira. Desenvolvimento de Blendas de poliestireno/composto de resíduo de borracha da indústria calçadista. 2015. Tese de doutorado (Doutorado - Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2015.

Utracki, L. A. - Polymer alloys and blends: thermodynamics and rheology, Hanser Publishers, New York (1989).