

Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do Poliestireno de Alto Impacto

Study of mechanical and thermal properties of High Impact Polystyrene

¹ Cyntia Esposti Veloso Machado cyntiaesposti@hotmail.com

¹ Ariana Carmem Antunes da Costa

¹ Rafael Camargo Cardoso

¹ Frederico de Paula Caetano

¹ João Alternir Lopes

¹ André Luiz Cury

¹ Luciano Monteiro Rodrigues

² Ricardo de Freitas Cabral

¹ UniFOA - Centro Universitário de Volta Redonda / Discentes do Mestrado Profissional em Materiais

² UniFOA – Centro Universitário de Volta Redonda / Professor responsável Doutor -

Resumo

Os polímeros amorfos apresentam baixa tenacidade e resistência à fratura, tornando-o frágil, limitando sua área de aplicações. Para alterar essas características, tem-se, como técnica, o reforço, utilizando-se elastômeros, sendo esta uma importante classe dos compostos poliméricos denominado Poliestireno de Alto Impacto (HIPS), com características bastante específicas e com extensa aplicação na indústria. Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização das propriedades mecânicas e térmicas do HIPS. Para tal, foram analisadas 6 amostras de HIPS, submetidas a testes mecânicos de tração e flexão, a térmicas de calorimetria exploratória diferencial (DSC) e a termogravimétrica (TGA). Os resultados dos ensaios de flexão e tração comprovam que o HIPS apresenta características singulares de boa resistência ao impacto e à alta rigidez. O ensaio no analisador térmico destaca a estabilidade térmica do material, o qual apresenta perda de massa somente a partir de 400°C.

Palavras-chave

HIPS. DSC. TGA. Tensão última.

Abstract

Amorphous polymers exhibit low toughness and fracture toughness, making it brittle, limiting its applications. In order to change these characteristics, the reinforcement technique using elastomers is an important class of polymeric composites known as High Impact Polystyrene (HIPS) with very specific characteristics and extensive application in the industry. The main objective of this work was to characterize the mechanical and thermal properties of HIPS. Six HIPS samples were analyzed by mechanical tensile and flexural tests and differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric (TGA). The results of the flexural and tensile tests prove that HIPS has unique characteristics of good impact strength and high stiffness. The thermal analyzer assay highlights the thermal stability of the material, which shows mass loss only from 400°C.

Keywords

HIPS. DSC. TGA. Ultimate tensile.

Como você deve citar?

MACHADO, Cyntia Esposti Veloso et al. Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do Poliestireno de Alto Impacto. **CADERNOS UniFOA**, Volta Redonda, n. 35, p. 15-24, dez. 2017.

1 INTRODUÇÃO

A palavra POLÍMERO é originária do Grego e quer dizer "muitas partes", (POLI = muito, e Mero = "parte" ou "unidade"). São obtidas através de reações químicas de polimerização que formam estruturas moleculares que consistem na repetição de pequenas unidades, chamadas meros (MEDEIROS, 2012).

Segundo Manrich (2005), pode-se definir polímero como sendo qualquer material orgânico ou inorgânico, natural ou sintético, que tenha um alto peso molecular e com variedades estruturais repetitivas, sendo que, normalmente, essa unidade que se repete é de baixo peso molecular.

Na atualidade, conforme Candian (2007), técnicos, profissionais da área de desenvolvimento de novos produtos, principalmente os engenheiros, utilizam os plásticos, devido ao fato de eles permitirem combinações de vantagens não encontradas em outros materiais, sendo essas vantagens: baixa densidade, resiliência, resistência à deterioração por decomposição e ataque de microrganismos, resistência à corrosão, resistência mecânica, transparência, facilidade de processamento, baixo custo de manutenção. A utilização dos polímeros na construção civil existe há bastante tempo, porém é mais usual em elementos não estruturais, como, por exemplo, nas tubulações de água e de esgoto, telhas plásticas, calhas e esquadrias.

O material utilizado para o desenvolvimento deste estudo denomina-se Poliestireno de Alto Impacto (HIPS), material de grande aplicabilidade na indústria de embalagens, em gabinetes de refrigeradores, a chamada linha branca (BRANCO, 2015).

O objetivo deste trabalho foi o de analisar o material, a fim de destacar e discutir as suas características mecânicas e térmicas.

2 MATERIAIS

Na presente pesquisa foi utilizado o polímero HIPS - *high impact polystyrene* (Poliestireno de Alto Impacto).

3 MÉTODOS

Este estudo constituiu-se na execução dos ensaios conforme as normas citadas, para cada ensaio mecânico realizado.

O método utilizado para a realização dos ensaios, bem como a confecção dos corpos-de-prova, foi baseado nos procedimentos das normas ASTM:

1 - ASTM D638 - *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*;

2 - ASTM D790 - *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*.

Com os resultados obtidos, foi realizada a análise dos resultados com os principais parâmetros normativos, de forma a evidenciar que eram coerentes, bem como com os resultados obtidos em estudos anteriores (GRASSI, 2001, 2002, 2008).

3.1 Preparação dos corpos-de-prova - ensaio de tração

Os corpos-de-prova (CPs) para o ensaio de tração foram confeccionados com geometria retangular, nas dimensões segundo a norma ASTM D638 10, Tipo I. Com o objetivo de obter CPs com máxima homogeneização, eles foram confeccionados por moldagem por Injeção, à temperatura de 300°C, utilizando-se um molde metálico vazado.

Depois, visando ao ensaio de tração, foram realizadas as medidas das dimensões dos CPs, utilizando-se um paquímetro analógico, com precisão de 0,01 mm. Neles, foram medidos o comprimento da parte útil e a sua espessura.

3.2 Ensaio de tração

Amplamente, o Ensaio de Tração é utilizado para o levantamento de informações básicas sobre a resistência dos materiais e também como um teste de aceitação de materiais, que se faz pelo confronto das propriedades determinadas pelo ensaio e ajustes especificados em projeto. O ensaio consiste na aplicação de uma carga uniaxial crescente a um corpo de prova especificado, ao mesmo tempo em que são medidas as variações no comprimento.

Geralmente, conforme citado na norma ASTM D638-10, o ensaio de tração é realizado numa máquina universal, que tem esse nome porque é utilizada para a realização dos ensaios mecânicos de tração, compressão e flexão.

O ensaio de tração foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos EMIC modelo DL 10.000, a 23°C, com velocidade de 10 mm/s, e com o auxílio de célula de carga 5kN. Os ensaios seguiram a norma ASTM D638-10, utilizando-se garra do tipo mecânica. O ensaio teve como função analisar a qualidade dos corpos-de-prova, e verificar a região de comportamento elástico e viscoelástico dos materiais (RIBEIRO, 2009). Nesse ensaio, foram obtidos valores de módulo a partir da porção linear da curva de tensão *versus* deformação.

3.3 Preparação dos corpos-de-prova ensaio de flexão

Os corpos-de-prova para o ensaio de flexão (CPs) foram confeccionados no formato de barras retangulares. Com o objetivo de obter CPs com máxima homogeneização, eles foram confeccionados também por moldagem por Injeção, com formato retangular, utilizando-se um molde metálico vazado.

3.4 Ensaios de Flexão

O ensaio de flexão mede a força necessária para dobrar um feixe sob condições de carga tipo viga bi apoiada com aplicação de força central, baseado na norma ASTM D790. Para a determinação do Módulo de Young, mede-se a deflexão V do corpo-de-prova durante a aplicação da carga, carregamento transversal no regime elástico, onde o eixo longitudinal da barra se torna uma curva, denominada Linha Elástica.

3.5 Ensaio no analisador térmico

3.5.1 DSC

A análise de DSC é usada em conjunto com TGA e seu objetivo é identificar mudanças de fase, nas quais há variação muito pequena no valor de massa da amostra, através do monitoramento de fluxo

de calor em função da temperatura, independentemente da ocorrência ou não de variação de massa. O termo diferencial vem do uso de dois sensores: o sinal obtido depende da diferença de resposta entre os dois (SANTANA, 2005). A amostra sofreu aquecimento de 30°C a 850°C numa taxa de 20°C por minuto e foi analisada no equipamento da marca PERKIL ELMER, modelo STA-6000.

3.6 TGA

A análise termogravimétrica (TGA) é uma técnica na qual é feito o monitoramento da perda ou da agregação de massa de uma amostra em função da temperatura (ou do tempo) (AMADO, 2004). Da mesma forma, a amostra sofreu aquecimento de 30°C a 850°C numa taxa de 20°C por minuto. O equipamento utilizado foi o mesmo da análise de DSC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ensaio de Tração

Os corpos-de-prova utilizados para o estudo atendem à norma ASTM D638. Suas dimensões encontram-se especificadas na Tabela 1, assim como as dimensões dos corpos-de-prova após o ensaio de tração.

Tabela 1 - Dimensões dos corpos-de-prova antes e depois de ser utilizados no ensaio de tração.

Amostra	Largura (mm)	Esp. (mm)	Seção Transversal (mm ²)	Lo (mm)	Lf (mm)	A (%)
1	13,78	3,53	48,64	60	62,75	4,58
2	13,58	3,52	47,80	60	61,20	2,00
3	13,77	3,53	48,61	60	60,85	1,42
Média	13,71	3,53	48,35			

Fonte: Autores (2016)

A Tabela 2 apresenta os resultados fornecidos pela máquina universal de ensaios mecânicos EMIC DL 10000. Como pode ser visto, o módulo de elasticidade de 354,7MPa, está de acordo com valores que foram obtidos em artigos similares, conforme os trabalhos de Ribeiro (2009) e Freitas (2007). Observou-se que os resultados obtidos estão na mesma faixa de resultados obtidos nessas pesquisas, utilizando-se as mesmas técnicas.

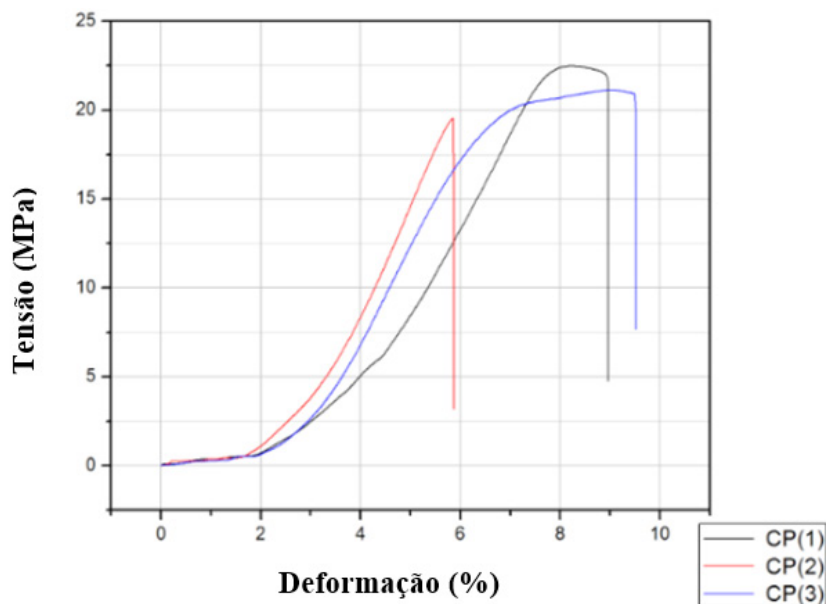
Tabela 2 – Resultados obtidos pela máquina EMIC DL 10000 no Ensaio de Tração.

Amostras	Lo (mm)	Área(mm ²)	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo Elasticidade(MPa)
1	60	48,68	22,00	22,00	330,00
2	60	48,51	19,00	20,00	399,00
3	60	48,51	17,00	21,00	335,00
Nº CPS	3	3	3	3	3
Média	60	48,60	19,42	21,06	354,70
Mediana	60	48,61	19,45	21,14	335,30
Desv. Padrão	0	0,09	2,46	1,46	38,43
Variância (%)	0	0,18	12,67	6,95	10,84
Mínimo	60	48,51	19,95	19,56	329,80
Máximo	60	48,51	21,87	22,48	398,90

Fonte: Autores (2016)

Os resultados da Figura 1 apresentam os valores oriundos do ensaio de tração, onde se pode observar que o comportamento dos CPs se apresenta de forma semelhante, com uma tensão última na faixa de 20 a 22 MPa, o que corrobora com o trabalho de Branco (2015), permitindo o seu emprego para aplicações que exijam impacto (DAL PIZZOL, 2005).

Figura 1 – Valores oriundos do ensaio de tração dos corpos-de-prova de HIPS



Fonte: Autores (2016)

4.2 Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão é utilizado para determinar as propriedades de Resistência à Flexão, Módulo de Elasticidade, deformação sob Flexão, etc. Essas propriedades são importantes para o controle de qualidade e para avaliar o desempenho dos materiais plásticos, quando submetidos a uma carga de flexão.

Os corpos-de-prova utilizados atendem à norma ASTM D638, suas dimensões encontram-se especificadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Dimensões dos corpos-de-prova antes e depois de serem utilizados no ensaio de flexão

Amostra	Largura (mm)	Espessura (mm)	Seção Transversal (mm ²)
1	13,09	6,02	78,80
2	12,82	6,36	81,53
3	13,07	5,68	74,23
Média	12,92	6,02	78,19

Fonte: Autores (2016)

A Tabela 4 apresenta resultados fornecidos pela máquina universal de ensaios mecânicos EMIC DL 10000, após ensaio de flexão. A tensão máxima média encontrada de 44,93MPa é compatível com os valores que foram obtidos no trabalho de Benini (2011). O módulo de elasticidade médio foi de 1892 MPa, o que permite aplicações que solicitem maior resistência para os materiais, como, por exemplo, em aplicações automotivas.

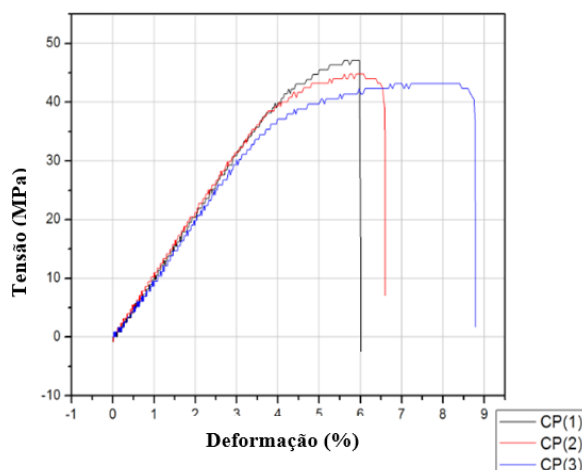
A Figura 2 mostra os resultados do ensaio de flexão para o HIPS. Nela, fica claro que a tensão última ficou na faixa de 43 a 47MPa, o que está de acordo também com os resultados obtidos nos trabalhos de Branco (2015), Mendes (2007) e Pires (2001). E, mais uma vez, comprova a possibilidade de aplicações em setores não só da indústria automotiva, como também de chapas extrudadas, puxadores e perfis de móveis.

Tabela 4 - Resultados Obtidos Pela Máquina EMIC DL 10000 no Ensaio de Flexão.

Amostras	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo Elasticidade(MPa)
1	186,00	47,00	1918,00
2	183,00	42,00	1748,00
3	160,00	46,00	2009,00
Nº CPS	3	3	3
Média	176,10	44,93	1892,00
Mediana	182,50	45,56	1918,00
Desv. Padrão	13,96	2,435	132,70
Variância (%)	7,925	5,42	7,01
Mínimo	160,10	42,24	1748,00
Máximo	185,70	46,98	2009,00

Fonte: Autores (2016)

Figura 2 – Resultados do ensaio de flexão dos corpos-de-prova de HIPS



Fonte: Autores (2016)

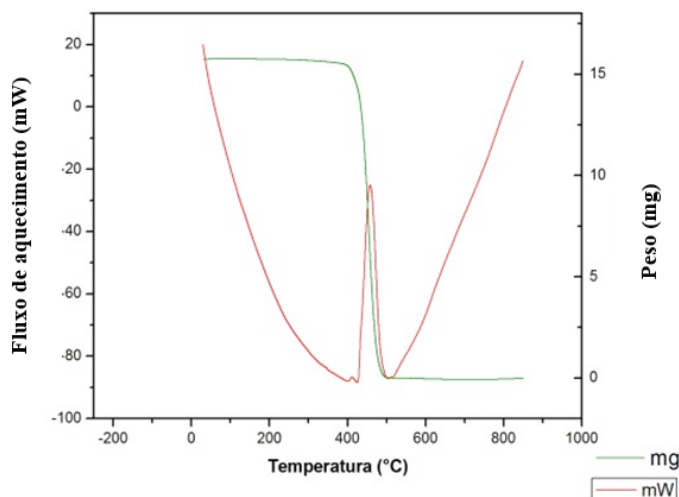
4.3 Análise de DSC e TGA

A Análise Térmica Diferencial ou DSC (*Differential scanning calorimetry*) é usada em conjunto com TGA e seu objetivo é obter informação através do monitoramento de fluxo de calor em função da temperatura, independentemente da ocorrência ou não de variação de massa. Dessa forma, um experimento DSC pode identificar mudanças de fase, nas quais há uma variação muito pequena no valor da massa da amostra, que poderiam não ser detectadas pelo equipamento TGA, devido a mudanças estruturais, reações e transições sólido-sólido, cristalização, fusão, polimerização ou reações catalíticas.

A figura 3 mostra os resultados das análises de TGA e de DSC para o HIPS. Pode-se verificar que, com o aquecimento e após 400°C, verifica-se perda de massa, para o TGA. Já no DSC, verifica-se a formação de um pico exotérmico durante o aquecimento, a 470°C, durante a temperatura de decom-

posição, o que está de acordo com os trabalhos de Freitas (2007) e Luetkmeyer (2007), nos quais foi observado comportamento similar ao desta pesquisa.

Figura 3 – Resultados de TGA+DSC para HIPS



Fonte: Autor (2016).

5 CONCLUSÕES

Os corpos-de-prova HIPS em seu ensaio de tração e flexão apresentaram valores próximos na tensão de escoamento, tensão máxima e módulo de elasticidade.

As conclusões obtidas neste trabalho foram classificadas de acordo com suas propriedades mecânicas e morfológicas.

Na análise térmica, ocorreu perda de massa após temperatura de 400°C.

Os ensaios realizados serviram para caracterizar o HIPS, facilitando o conhecimento sobre esse material em possíveis aplicações, conhecendo seu comportamento estrutural diante de relevantes questões a que foram submetidos.

Realizando a análise dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível avaliar o bom comportamento no HIPS sobre algumas propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

AMADO, FRANCO D. R., FEUERHARMEL, ADRIANA E.; FERREIRA, CARLOS A., **Produção e caracterização de blendas de Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) E Polianilina (PANI) dopada com ácido canforsulfônico (CSA)**, Anais do 7º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2004.

ASTM AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D790**. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, 2004.

ASTM AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D638** - Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, 2007.

ASTM. **AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D638 – 10**. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, 2010.

BENINI, KELLY CRISTINA COELHO DE CARVALHO. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS / fibra de casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

CANDIAN, L. M. **Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

DAL PIZZOL, M. F. **Desenvolvimento de Poliestireno de Alto Impacto com Balanço Otimizado de Propriedades Mecânicas**, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2005).

BRANCO, Lays de Medeiros. **Desenvolvimento de Metodologia para identificação do limite de escoamento em termoplástico semicristalinos**. 2015. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia de Materiais) - Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

FREITAS, C.A. *et al*, **Comportamento Mecânico Do Poliestireno De Alto Impacto (Hips) Fotodegradado**, Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros- 2007. **GRASSI VG, FORTE MMC , DAL PIZZOL MF**, Aspectos morfológicos e relação estrutura-propriedades de poliestireno de alto impacto. *Polímeros: Ciência e Tecnologia.* , vol. 11, nº 3, p. 158-168, 2001.

GRASSI VG, FORTE MMC, DAL PIZZOL MF, Caracterização Morfológica do Poliestireno de Alto Impacto (HIPS). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. vol. 18, nº 1, p. 12-19, 2008.

GRASSI, V. G. **Estudo da Resistência Química de Poliestireno de Alto Impacto às Gorduras**, Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2002).

LUETKMEYER, L. *et al*. **Caracterização da dinâmica molecular de compósitos a base de hips e madeira empregando relaxação nuclear e análise térmica**. Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2007

MANRICH, S. **Processamento de termoplásticos**. 1.ed. São Paulo: Artiliber Editora, 2005.

MEDEIROS, E. S.; OLIVEIRA, J. E.; CONSOLIN-FILHO, N.; PATERNO, L. G.; MATTOSO, L. H. C., **Uso de Polímeros Condutores em Sensores. Parte 1: Introdução aos Polímeros Condutores**. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, vol.7. nº. 2, p. 62-77, 2012.

MENDES, A. M. **Relatório de ensaio de tração com materiais poliméricos**. 2007. Projeto de graduação (Curso de Engenharia Mecânica) - UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, 2007.

PIRES, N. M. T.; Lira, C. H. Ferreira, A. A.; Coutinho, P. L. & Nicolini, P. L. - **Desempenho de Polibutadienos com Alto Teor de Cis** in: Anais do 9º Congresso Brasileiro de Tecnologia da Borracha, p.1, São Paulo-SP, novembro (2001)

RIBEIRO, VANDA F., DOMINGUES JR, NEI S., RIEGEL, IZABEL C. **Estudo da recuperação das propriedades mecânicas de poliestireno alto impacto reciclado através da incorporação de borracha termoplástica tipo estirenobutadieno-estireno**. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros – Foz do Iguaçu, PR – Outubro/2009.

SANTANA, R. M. C.; MANRICH, S. **Filmes Tubulares de Compósitos de Termoplásticos Pós-consumo: Análise Térmica e Mecânica**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. vol. 15, nº 3, p. 163-170, 2005.