Brazilian Journal of Development

# Caracterização do comportamento mecânico no ensaio de flexão de uma blenda polimérica de poliestireno

# Characterization of the mechanical behaviour in the bending test of a polystyrene polymeric blend

DOI:10.34117/bjdv6n10-327

Recebimento dos originais:08/09/2020
Aceitação para publicação:15/10/2020

**Fabiano dos Santos**
Mestre em Engenharia Mecânica
Instituição: UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Endereço: Av. Alberto Carazzai 1640 – centro-Cornélio Procópio - PR
CEP 86.300-000
E-mail: fabianoprocopense@hotmail.com

**Romeu Rony Cavalcante da Costa**
Doutor em Engenharia Mecânica
Instituição:ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Endereço: Av. Alberto Carazzai 1640 – centro-Cornélio Procópio - PR
CEP 86.300-000
E-mail:romeu@utfpr.edu.br

**Rogério Akihide Ikegami**
Doutor em Engenharia Mecânica
Instituição:ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Endereço: Av. Alberto Carazzai 1640 – centro-Cornélio Procópio - PR
CEP 86.300-000
E-mail:ikegami@utfpr.edu.br

**RESUMO**
O Poliestireno (PS) é um material homopolímero, no qual é formado por apenas um monômero, este monômero é resultante da polimerização de estireno. Neste contexto, o principal foco deste trabalho é estudar o comportamento mecânico e físico de um polímero misturado com outros polímeros da mesma classe. A presença de outro tipo de polímero como agregador na formação de uma blenda polimérica, pode influenciar na orientação das cadeias moleculares e com isso alterar as propriedades. A blenda é uma terminologia adotada na literatura técnica sobre polímeros, para representar as misturas de dois ou mais polímeros, de forma que entre as cadeias moleculares dos polímeros diferentes só exista interação intermolecular secundária ou que não haja um elevado grau de reação química entre as cadeias moleculares dos polímeros. Uma blenda pode alterar as propriedades do material com relação aos polímeros puros e para essa verificação foram realizadas misturas entre três tipos de PS (500, 525 e 535) para avaliar as propriedades mecânicas das blendas.

**Palavras-chave**: Blenda Polimérica, Poliestireno, Polímero, Propriedades Mecânicas.

Brazilian Journal of Development

**ABSTRACT**
Polystyrene (PS) is a homopolymer material, in which it is formed by only one monomer, this monomer is the result of styrene polymerization. In this context, the main focus of this work is to study the mechanical and physical behavior of a polymer mixed with other polymers of the same class. The presence of another type of polymer as an aggregator in the formation of a polymeric blend, may influence the orientation of molecular chains and thus alter properties. Blend is a terminology adopted in the technical literature on polymers to represent the mixtures of two or more polymers, so that between the molecular chains of different polymers there is only secondary intermolecular interaction or that there is no high degree of chemical reaction between the molecular chains of polymers. A blenda can alter the properties of the material in relation to pure polymers and for this verification blends between three types of PS (500, 525 and 535) were performed to evaluate the mechanical properties of the blends.

**Keywords:** Polymeric Blend, Polystyrene, Polymer; Mechanical Properties.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente os polímeros estão sendo amplamente utilizados em vários produtos, por consequência do desenvolvimento de novos polímeros. Nas últimas duas décadas, a evolução da ciência e a tecnologia aumentou a quantidade de Polímeros sintéticos produzidos em todo o mundo. Os polímeros têm relevantes benefícios como, resistência mecânica com baixo volume de massa, menor custo no processamento, se comparado com outros tipos de materiais (Reis et al., 2013).

Grande parte dos polímeros sintéticos são compostos produzidos pelo homem através da polimerização de moléculas simples, ou seja, formadas por apenas uma espécie de moléculas. Os polímeros sintéticos estão divididos em dois grupos diferentes: polímeros de adição e polímeros de condensação. Os polímeros de adição, formados por monômeros iguais que apresentam pelo menos uma ligação dupla, a qual é quebrada quando ocorre a reação de adição. Os polímeros de condensação formados geralmente pela reação entre dois monômeros iguais ou diferentes, havendo a eliminação de moléculas pequenas na reação. Com polímeros sintéticos podem-se extrair vários produtos, entre os quais os plásticos, colas e Segundo Mano e Mendes (2004), as reações de polimerização de monômeros insaturados são reações em cadeia, isto é, as moléculas de monômero necessitam de um agente iniciador para que surja um centro ativo, que pode ser um radical livre ou íon. Esse centro ativo vai adicionando, rápida e sucessivamente, outras moléculas de monômero, surgindo uma cadeia em crescimento, com um centro ativo em uma de suas extremidades. Durante a polimerização podem surgir três casos durante as reações:

1. Todos os átomos de carbono assimétrico gerados distribuem-se ao longo da cadeia e tendo a mesma configuração molecular. Neste caso o polímero é chamado isotático;

Brazilian Journal of Development

2. Todos os átomos de um lado da cadeia, têm alternância de configuração e o polímero é designado sindiotático;

3. Não têm qualquer ordem, dispondo-se as configurações ao acaso, tratando-se então de um polímero atático ou heterotático. Nesse último caso, formam-se estereoblocos, isto é, segmentos de unidades repetidas de mesma configuração, formando blocos, que se sucedem sem obediência a leis de repetição reconhecida.

Com isto o objetivo deste será em caracterizar blendas poliméricas de PS, quanto a característica mecânica no ensaio de flexão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A confecção dos corpos de prova foi realizada através de moldagem por injeção, utilizando uma injetora marca Haitian modelo HTF 58X com faixa de temperatura de 210 °C a 260 °C, com pressão de injeção de 60 bar. Outras condições utilizadas foram velocidade da rosca de 50 m/min, temperatura do molde a 70 °C e tempo de resfriamento de 20 segundos. Este processo envolve o enchimento rápido sob forma de pressão de uma cavidade de um molde com um polímero, seguido da solidificação do material para formar um produto, este processo é utilizado em termoplásticos, elastômeros e termofixos (Bretas, 2000).

A moldagem por injeção é utilizada para a produção em massa de peças idênticas ao molde, obtidas introduzindo um polímero fundido em uma cavidade do molde. Uma grande vantagem deste processo é a sua adequação a produção em injetar peças de considerável complexidade geométrica, tanto em formas pequenas tanto como engrenagens de relógios quanto a peças maiores como barcos ou peças automotivas. A moldagem por injeção é considerada uma das técnicas mais complexas no tratamento com materiais poliméricos (Dupret, 1999).

Para os testes de flexão, realizados por correlação de imagens, os corpos de prova foram pintados pulverizando gotículas de tinta em uma face, como demonstrado na Figura 1. Esta pintura é importante, pois a partir dela determina-se o alongamento final e a carga de flexão do corpo de prova, através da correlação de imagens, com isso pode-se afirmar que as deformações promovidas no material são uniformemente distribuídas em todo o seu corpo e permite medir satisfatoriamente a resistência do material.

Brazilian Journal of Development

Figura 1 – Corpo de prova com pintura.

Fonte: o autor (2018).

Para a realização dos ensaios de flexão utilizou-se uma máquina da Time Group INC modelo WDW – 100 de 10 toneladas, Figura 2.

Figura 2 – Máquina de flexão.

Fonte: o autor (2018)

Dos materiais quando puros possuem características descritas na ficha técnica do produto, os polímeros utilizados foram:

PS 500 – Poliestireno Cristal direcionado para injeção plástica de produtos de utilidades domésticas, embalagens descartáveis para indústria alimentícia e artigos escolares.

PS 525 – Poliestireno Cristal direcionado para injeção plástica de produtos de utilidades domésticas, embalagens descartáveis e artigos escolares.

PS 535 – Poliestireno Cristal direcionado para a injeção plástica de produtos como partes internas de geladeiras, copos descartáveis, capa de CD e box para banheiros.

O poliestireno é um material sólido, formado pela polimerização do benzeno e o etileno do petróleo em muitas moléculas de estireno (Schmidt et al., 2011).

Brazilian Journal of Development

A blenda polimérica que representa a mistura física de dois ou mais polímeros, segundo boletim técnico da Braskem n°08 de 2002, o que difere essas misturas é que, entre as cadeias moleculares dos diferentes polímeros, só existe interação intermolecular secundária.

Como base comparativa ao material puro, foram utilizados neste estudo, 3 tipos de poliestireno (PS) recuperado, da marca Innova, gerando 4 tipos de combinações, conforme as amostras da Figura 3.

Figura 3 – Configuração das amostras.

Fonte: o autor (2017).

A distribuição dos 3 tipos de poliestireno nas quantidades de PS para a formação das blendas está disposta na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição das Blendas

| Combinações | | Quantidades |
|---|---|---|
| PS 500 | Amostra 1 | 900 g |
| PS 525 | | 900 g |
| PS 535 | | 900 g |
| PS 525 | Amostra 2 | 900 g |
| PS 535 | | 900 g |
| PS 500 | Amostra 3 | 900 g |
| PS 535 | | 900 g |
| PS 500 | Amostra 4 | 900 g |
| PS 525 | | 900 g |

Brazilian Journal of Development

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho estão agrupados por itens de acordo com cada procedimento utilizado, pois as caracterizações dos materiais foram realizadas através do uso de técnicas normatizadas. Os resultados de flexão obtidos tiveram como referência os dados dos materiais de acordo com o fabricante. Conforme normatizado pela ASTM D790, a velocidade do ensaio de flexão para termoplásticos conforme o corpo de prova e é calculada pela equação:

$$R = \frac{ZL^2}{6d} \qquad (1)$$

Sendo:

R – Velocidade (mm/min)

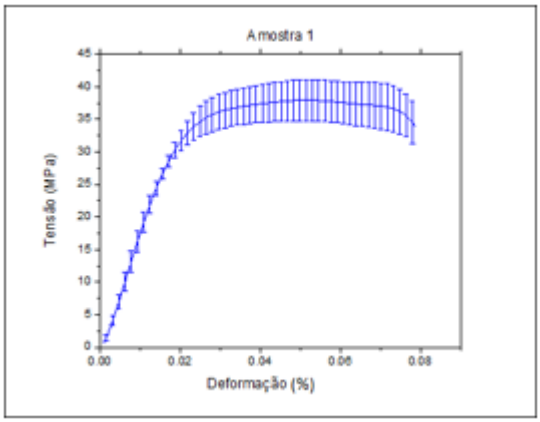
Z – taxa de esforço do material = 0,01 L – distância entre os apoios (mm)

L – distância entre os apoios (mm)

D – espessura do corpo de prova (mm)

Neste caso a velocidade do ensaio para termoplásticos é de 1,36mm/min e pode-se observar a variação dos resultados nas diferentes tensões desenvolvidas. Na Figura 4 são demonstradas as diferentes tensões e deformações conforme a evolução do ensaio.

Figura 4 – Flexão amostra 1

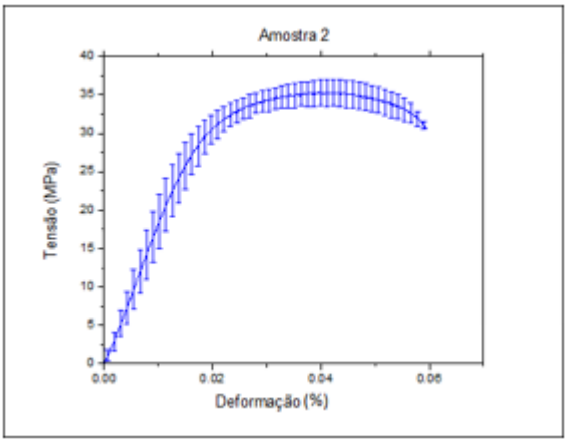



Conforme disposto na Figura 4, a carga aplicada no teste de flexão, permitiu revelar tensão máxima (σm) 37,9 MPa e a deformação em 7,87 % suportada na carga, com módulo de elasticidade de 965 MPa que foi calculado do valor médio da inclinação da reta nas fase linear (elástica).

Na Figura 5 a blenda da amostra 2 do ensaio de flexão, atingiu a tensão máxima (σmáx.) suportada pelo material de 35,2 MPa.

Brazilian Journal of Development

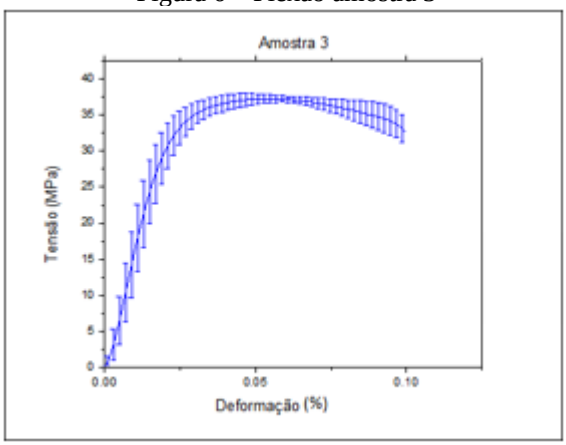
Figura 5 – Flexão amostra 2




Se comparado com a amostra 1, a tensão máxima (σm) e a deformação suportada pelo material da amostra 2 foi menor, provavelmente pela combinação dos materiais, porém com a deformação em 5,95% suportada na carga, o módulo de elasticidade encontrado foi calculado do valor médio da inclinação da reta nas fase linear (elástica) de 1509 MPa mais superior que a amostra 1.

Na Figura 6 a blenda da amostra 3 do ensaio de flexão, atingiu a tensão máxima (σmáx.) suportada pelo material de 37,2 MPa.

Figura 6 – Flexão amostra 3

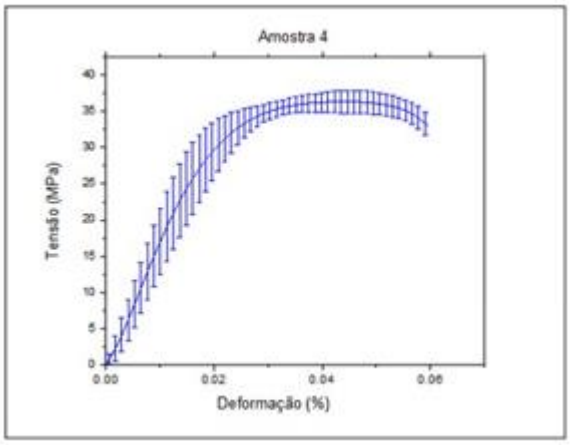



Ocorreu uma diminuição da tensão máxima (σm) suportada pelo material, em relação à amostra 1, com módulo de elasticidade de 810 MPa que foi calculado do valor médio da inclinação da reta nas fase linear (elástica), sendo o pior resultado das amostras comparadas, mas pelo contrário foi a amostra que suportou a maior deformação de carga em 9,96%.

Na Figura 7 a blenda da amostra 4, no ensaio de flexão atingiu a tensão máxima (σmáx.) suportada pelo material de 36,4 MPa.

Brazilian Journal of Development

Figura 7 – Flexão amostra 4




Os valores da tensão máxima (σm) suportada pelo material foi menor que a amostra 2 e maior que a amostra 1, o módulo de elasticidade de 1582 MPa apresentou o melhor resultado entre as amostras comparadas, porém com a deformação em 5,96% suportada na carga.

Analisando os resultados de flexão, houve um comparativo entre as blendas e a especificação do produto, descritos conforme Tabela 2.

Tabela 2. Resultados de Flexão.

| Propriedades Mecânicas | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Amostra 4 | Un | PS 500 | PS 525 | PS 535 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FLEXÃO | 37,9 | 35,2 | 37,2 | 36,4 | MPa | 85 | 95 | 100 |

No caso de materiais isotrópicos, em que as propriedades não dependem da direção em que são medidas, o módulo de elasticidade é proporcional à rigidez de um material quando este é submetido a uma tensão externa, sendo assim, foram obtidos os seguintes resultados, descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do Módulo de Elasticidade

| Módulo de Elasticidade | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Amostra 4 | PS 500 | PS 525 | PS 535 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FLEXÃO | 965 | 1509 | 810 | 1582 | * | * | * |

Na especificação do produto não há indicação do módulo de elasticidade por flexão podendo ser comparado com os resultados, por comparação entre as amostras pode-se observar que a amostra 4 apresentou um melhor comportamento.

Brazilian Journal of Development

## 4 CONCLUSÃO

O ensaio realizado em corpos de prova permitiu de forma clara, identificar e conhecer as propriedades mecânicas dos materiais, além disso, o ensaio de flexão permitiu conhecer o comportamento do material, e também foi possível a aplicação de equações para realizar o cálculo das propriedades mecânicas. A partir da metodologia utilizada no ensaio de flexão, conseguiu-se obter um melhor entendimento no que diz respeito a ensaios de flexão e análise do comportamento do material por meios de gráficos, verificando a diferença nos resultados encontrados entre os corpos de prova. Verificou-se que com a realização do ensaio de flexão, é possível determinar o emprego ou a utilização de um determinado material através da sua capacidade de resistir e conhecendo as condições de trabalho. Através desse desenvolvimento, verificou-se que com o aumento da força aplicada para flexionar o corpo de prova, os valores de deslocamentos, tensão e deformação também aumentam até o surgimento da estricção e posterior ruptura do corpo de prova ensaiado. Com os valores da tensão conhecido no momento da fratura pode-se observar os valores de resistência à flexão de cada amostra.

No ensaio de flexão, de todas as amostras, todos os valores apresentados para um PS recuperado como se esperado, foram abaixo se comparados com a especificação do material puro, no entanto no módulo de elasticidade permitiu conhecer o comportamento em resultados, mesmo com material recuperado onde no material puro não é especificado. .

## AGRADECIMENTOS

A UTFPR uma instituição que carrego por toda minha vida, minhas estimadas considerações, fico muito grato pelo aprendizado e pelas orientações de meus mestres, sem exceções.

Brazilian Journal of Development

## REFERÊNCIAS

BRASKEM; Glossário de Termos Aplicados a Polímeros -Boletim Técnico n° 08 https://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/html/boletm_tecnico/Glossario_de_termos_aplica dos_a_polimeros.pdf, acesso em 10 de novembro de 2016.

BRETAS, ROSARIO E. S.; D'AVILA, MARCOS A.- Reologia de polímeros fundidos – São Carlos: EdUFSCAR, 2000.

DUPRET F., COUNIOT A., MAL O., VANDERSHUREN L., VERHOYEN O. - Modelling
And Simulation Of Injection Molding - CESAME, Unitd de Mecanique Appliqude, Université catholique de Louvain, avenue G. Lemaftre 4-6, B- 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium, 1999.

MANO, E. B.; MENDES, L.C.; Introdução a Polímeros – 2,ed, ver e ampl. - Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 2004.

REIS J.M.L.;PACHECO, L.J.; PACHECO,
MATTOS H.S.C. -Influence of the temperature and strain rate on the tensile behavior of post-consumer recycled high-density polyethylene - Theoretical and Applied Mechanics Laboratory – LMTA, Mechanical Engineering Post-Graduate Program – PGMEC, Universidade Federal Fluminense – UFF, Rua Passo da Pátria 156, Niteroi, RJ, Brazil, 2013.

SCHMIDT, P. N. S.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C.; SILVEIRA, J. L. - Flexural
Test On Recycled Polystyrene - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP, Univ. Estadual Paulista, Department of Materials and Technology, Fatigue and Aeronautic Materials Research Group – São Paulo - Brazil, 2011.

STEVENS, M.P., Polymer Chesmitry An Introducion. 3 rd Edition, Oxford University Press, 1999.