



## ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA POLIAMIDA 66 (PA66) ADITIVADO COM MODIFICADOR DE IMPACTO

### *STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYAMIDE 66 (PA66) ADDED WITH IMPACT MODIFIER*

Geovanna Pereira Ragazzo<sup>1</sup>

Gilberto Alves dos Santos<sup>2</sup>

Leandro José dos Santos<sup>3</sup>

#### RESUMO

A Poliamida 66 (PA66) é um dos polímeros de engenharia muito utilizado na indústria automotiva, porém, seu comportamento sob impacto é relativamente baixo, ou seja, de forma não muito dúctil. Por esse motivo, foram estudadas formulações de poliamida 66 com modificador de impacto nas concentrações de 0; 1; 3 e 5%, com o principal objetivo de avaliar seu desempenho mecânico de resistência ao impacto Izod e à tração, as amostras foram preparadas diretamente na injetora, sem a realização de pré-mistura. Os resultados de resistência ao impacto demonstraram elevado aumento com as concentrações de 3 e 5% do aditivo, logo, a resistência a tração, provou que a adição do modificador de impacto não desfavorece a tensão máxima nem o módulo elástico das amostras.

**Palavra-chave:** Poliamida 66. Modificador de impacto. Propriedades mecânicas

#### ABSTRACT

*Polyamide 66 (PA66) is one of the engineering polymers widely used in the automotive industry, but its impact behavior is relatively low, ie not very ductile. For this reason, impact modifier polyamide 66 formulations at concentrations of 0; 1; 3 and 5%, with the main objective of evaluating their mechanical performance of Izod impact and tensile strength, the samples were prepared directly in the injector, without premixing. The impact strength results showed high increase with the additive concentrations of 3 and 5%, therefore, the tensile strength proved that the addition of the impact modifier does not detract from the maximum stress or elastic modulus of the samples.*

**Keywords:** Polyamide 66. Impact modifier. Mechanical properties

---

<sup>1</sup> Aluna de Graduação em Tecnologia em Polímeros – Faculdade SENAI de Tecnologia – geovanna\_gpr@hotmail.com

<sup>2</sup> Aluno de Graduação em Tecnologia em Polímeros – Faculdade SENAI de Tecnologia – laboratorio@policontrol.com.br

<sup>3</sup> Docente e Me. de Graduação e Pós-Graduação – Faculdade SENAI de Tecnologia – Leandro.jose@sp.senai.br



## 1 INTRODUÇÃO

As poliamidas (ou *nylon*) foram sintetizadas pela primeira vez por Wallace H. Carothers em 1935. A produção comercial da poliamida 66, foi iniciada em dezembro de 1939 pela DuPont para posterior conversão em fibras. Atualmente, as PA66 e PA6 são responsáveis por quase todas as poliamidas produzidas para aplicações de fibra. Várias outras poliamidas com estruturas mais regulares, como as poliamidas aromáticas tornaram-se importantes pela sua excepcional resistência mecânica e por suas propriedades de retardamento de chamas (FANTONI, 2012; BRYDSON, 1999).

O poli(hexametileno adipamida) são sintetizados a partir de um diácido e uma diamina. Para a obtenção do nylon 66 ou poliamida 66, o hexametileno diamina (H) e o ácido adípico (A) são reagidos para formar sal H-A ou sal de nylon. O sal é polimerizado para produzir este tipo de polímero (NUNES e SANTOS, 2015).

A Poliamida 66 (PA66) é um dos principais termoplásticos de engenharia, pois, possui uma resistência ao desgaste, alto ponto de fusão, alta velocidade de cristalização e alta cristalinidade, superior comparado à outros polímeros (NUNES e SANTOS, 2015). São polares por apresentarem grupos funcionais do tipo amida (CO-NH), o seu trabalho exercido com temperaturas acima de sua transição vítrea ( $T_g$ ) faz com que seu desempenho seja tenaz, ou seja, absorve grande energia aplica antes da sua fratura (NUNES e SANTOS, 2015; SANTOS, 2018).

Na modificação de poliamidas, os sistemas de mistura de poliamida / elastômero têm uma aplicação prática relevante. O componente elastômero aumenta a tenacidade, especialmente e imediatamente após a moldagem por injeção e a baixas temperaturas. Esse efeito é obtido principalmente pela mistura de poliamidas e elastômeros, sob uma  $T_g$  comumente na faixa de  $-30^{\circ}\text{C}$  ou inferior (TOMOVA; KRESSLER; RADUSCH, 2000; SANTOS, 2018).

O aumento da tenacidade só é observado quando as partículas de elastômero são quimicamente ligadas através da interface às poliamidas por aumento de adesão superficial, por meio de agentes promotores de adesão funcionalizados com grupos carboxílico, éster, anidrido ou por compartilhamento de ligações secundárias (SANTOS, 2018). Recentemente, materiais super-resistentes foram criados pela preparação de misturas binárias e ternárias de poliamidas ou uma copoliamida com um elastômero. Estudou-se principalmente a influência dos modificadores de impacto, tamanho das partículas, a distância entre partículas e a adesão interfacial na tenacidade (SANTOS, 2018).

O emprego dos aditivos em materiais poliméricos carrega a ordem de auxiliar processos e/ou intensificar propriedades, garantindo um melhor desempenho contando com custo benefício, assim possibilitando um mesmo material ter diferentes finalidades. A admissão destas propriedades é realizada com o mínimo, quase nulo de interferências na estrutura do material, pois os aditivos efetivamente bloqueiam as cavidades intersticiais, ou seja, o espaço entre uma cadeia e a outra, para gerar uma estrutura mais compacta (CHUANG et al., 2000).

A partir destas informações, como objetivo deste trabalho, fez-se necessário a utilização de agente modificador de impacto na PA66 a fim de avaliar suas propriedades mecânicas.



## 2 MATERIAIS E METODOS

O polímero utilizado como matriz foi a poliamida 66 (PA66) fornecido em forma de grânulos, de grade Technyl A 218 Natural, oferecido pela empresa Solvay.

O modificador de impacto foi fornecido em forma de grânulos, pela empresa Buntech. As formulações foram processadas em uma injetora de marca ROMI de modelo 100TGR Série 1500-521 para obtenção dos corpos de prova. Conforme norma ASTM D-638-10, foram retiradas amostras para o ensaio de tração e obtenção de tensão máxima, módulo elástico e deformação máxima. Também preparados para o ensaio de resistência ao impacto Izod seguindo a norma ASTM D-256-10.

Antes dos processamentos, as amostras foram desumidificadas de acordo com o *datasheet* do fornecedor, o qual indica o procedimento a 80 °C por 4 horas.

As amostras dos materiais foram pesadas de acordo com as massas estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1 – formulação utilizada para o desenvolvimento

Formulação	
PA66	Modificador
100	0
99	1
97	3
95	5

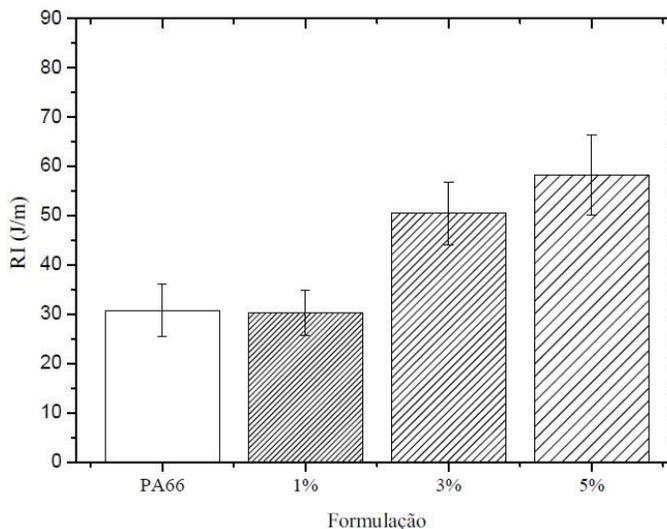
Fonte: Autoria própria (2019)



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Ensaio de impacto Izod

Figura 1 – Resistência ao impacto das formulações estudadas

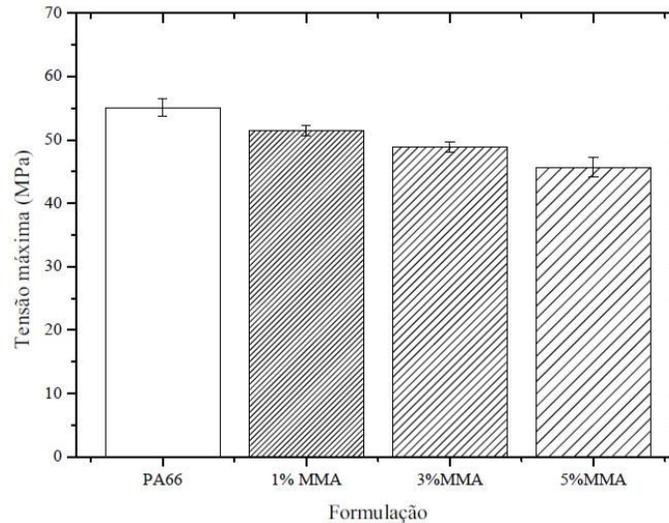


Fonte: Autoria própria (2019)

Avaliando os resultados de resistência ao impacto das formulações estudadas, é possível notar que a formulação contendo o teor de 1% de modificador de impacto não demonstrou nenhuma alteração considerável se comparado a PA66 em estado puro, porém, as formulações com os teores de 3% e 5% de modificador de impacto, demonstraram aumentos consideráveis de sua resistência ao impacto, sendo aproximadamente 69% e 90%.

### 3.2 Ensaio de tração

Figura 2 – Tensão máxima das formulações estudadas

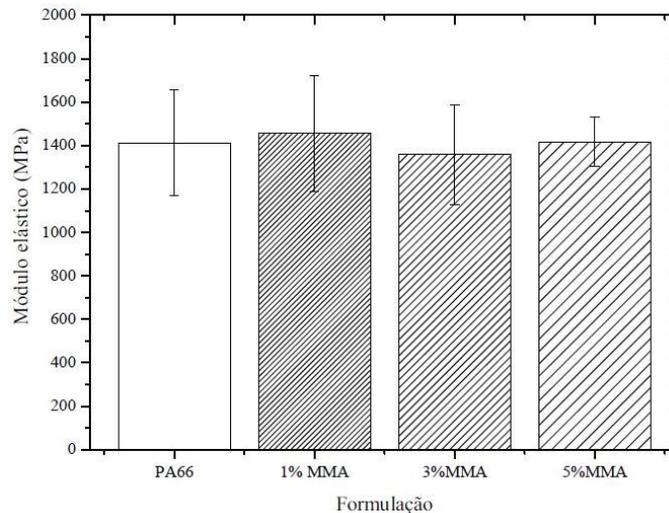


Fonte: Autoria própria (2019)

A tensão máxima das formulações estudadas demonstrou decréscimo com o aumento do teor de modificadores de impacto, pois, o polímero demonstra maior deformação sob tensões inferiores devido este material apresentar flexibilidade superior ao da PA66 e consequentemente diminui a capacidade da PA66 de absorver energia.



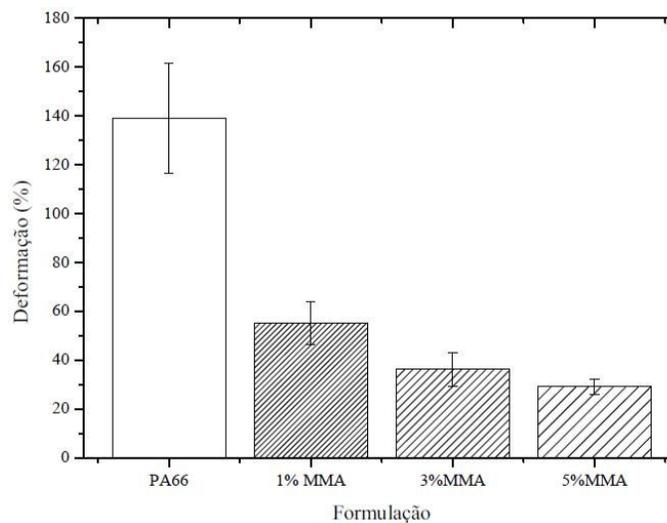
Figura 3 – Módulo de elástico das formulações estudadas



Fonte: Autoria própria (2019)

O módulo elástico é a razão entre a tensão e a deformação na direção da força aplicada ao polímero, sendo a máxima tensão que o material suporta sem sofrer deformação permanente. Com as informações da Figura 3, é possível notar que entre as formulações estudadas não foi apresentada alterações consideráveis para que possam ser quantificadas, ou seja, a adição de modificador de impacto, mesmo na concentração de 5% não afeta o módulo elástico da PA66.

Figura 4 – Deformação máxima das formulações estudadas



Fonte: Autoria própria (2019)



Avaliando as informações da Figura 4 (deformação máxima) as formulações aditivadas com modificador de impacto sofreram grande perda de deformação quando comparadas com a PA66, pois, provavelmente o modificador agiu como um concentrador de tensão, ou seja, um pronto frágil na estrutura do material, não permitindo que o mesmo demonstre grande deformação antes da ruptura.

#### 4 CONCLUSÃO

A adição de modificador de impacto na PA66 demonstrou elevada resistência ao impacto, o que era a sua função primária. Não apresentando mudanças consideráveis no módulo de elasticidade, ou seja, a rigidez do polímero continuou elevada.

A tensão máxima da PA66 demonstrou decréscimo esperado de 6, 11 e de 17%, devido sua estrutura ser mais flexível do que a estrutura da PA66.

Já a deformação das formulações, demonstrou-se fortemente afetada, pois, o modificador de impacto agiu como um concentrador de tensão promovendo a fratura precoce da matriz sob tensão.

Dependendo da aplicação, as formulações estudadas podem ser de grande potencial, principalmente para aplicações que requerem alta resistência ao impacto se elevadas perdas em resistência a tração (tensão máxima e de módulo elástico) forem atribuídas.

#### REFERÊNCIAS

BRYDSON, J. A. **Plastics materials**. 7 ed. ed. Boston: Butterworth Heinemann, 1999.

CHUANG, W.-Y. et al. The effect of polymeric additives on the structure and permeability of poly(vinyl alcohol) asymmetric membranes. **Polymer**, v. 41, n. 15, p. 5633– 5641, 2000.

FANTONI, R. F. Como a poliamida substituiu a seda: uma história da descoberta da poliamida 66. **Polímeros**, v. 22, n. 1, p. 1–6, 2012.

NUNES, E. C. D. e SANTOS, L. J. **Termoplásticos – estrutura, propriedades e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015.

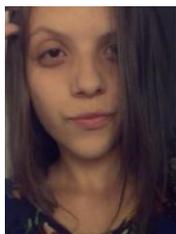
SANTOS, L. J. **Influência da adição de poliuretano termoplástico (TPU) nas propriedades termomecânicas da poliamida 6 (PA6)**. Santo André: 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPG-CEM/UFABC), 2018.

TOMOVA, D.; KRESSLER, J.; RADUSCH, H.-J. Phase behaviour in ternary polyamide 6/polyamide 66/elastomer blends. **Polymer**, v. 41, n. 21, p. 7773–7783, 2000.



## **SOBRE OS AUTORES**

### **Geovanna Pereira Ragazzo**



Atualmente cursando graduação em Tecnologia de Polímeros pela Faculdade SENAI de Tecnologia – Departamento Regional de São Paulo (conclusão 2020). Possui Técnico em Plásticos pela escola SENAI Mario Amato – Departamento Regional de São Paulo (2016). Exercendo função em controle de qualidade na área de indústrias plásticas.

### **Gilberto Alves dos Santos**



Cursando graduação em Tecnologia dos Polímeros na faculdade SENAI de tecnologia – Departamento Regional de São Paulo (término 2019) – Possui graduação em Técnico Químico pela escola ETEC Lauro Gomes Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza" (CEETEPS) (2012). Atualmente Supervisor de Produção Química na empresa Policontrol Instrumentos Analíticos EIRELI – Experiência em formulações de reagentes analíticos, Instrumentos Analíticos, padrões, soluções fatoradas.

### **Leandro José dos Santos**



Possui Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais – Universidade Federal do ABC (UFABC) – Com ênfase em blendas poliméricas. Possui graduação em Tecnologia de Polímeros pela Faculdade SENAI de Tecnologia – Departamento Regional de São Paulo (2016) e Técnico em Plásticos pela escola SENAI Mario Amato – Departamento Regional de São Paulo (2011). Atualmente é professor de Graduação e Pós-graduação da Faculdade SENAI Mario Amato. Tem experiência na área de desenvolvimento de formulações de PVC, elastômeros (termoplásticos e termofixos) e de poliolefinas, atua no desenvolvimento de compósitos particulados e blendas poliméricas, atuando principalmente nos seguintes temas: wollastonita, talco, carbonato de cálcio entre outros, como também com misturas físicas de termoplásticos de engenharia entre eles, poliamidas, poliuretano, ABS e polipropileno.