

# PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE NANOCOMPÓSITOS DE PP COPOLÍMERO CONTENDO NANOCARBONATO DE CÁLCIO

Ingo Warnke<sup>1</sup>, Adriana Martinelli Catelli de Souza<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Engenharia de materiais, Centro Universitário FEI  
[ingow1998@hotmail.com](mailto:ingow1998@hotmail.com) ; [amcsouza@fei.edu.br](mailto:amcsouza@fei.edu.br)

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da adição de nanopartículas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) nas propriedades mecânicas e térmicas do polipropileno copolímero heterofásico (EP). Foram obtidas cinco composições, variando-se a proporção em massa de  $\text{CaCO}_3$  entre 0 e 7% com adição de 10% em massa de compatibilizante (PPgMA). Os resultados foram validados pela análise de variância ANOVA e comprovaram variações significativas nas propriedades mecânicas, térmicas e de fluidez do material.

## 1. Introdução

O polipropileno (PP) é muito utilizado pela indústria devido suas propriedades e baixo custo. Os copolímeros heterofásicos de Polipropileno (EP), são muito utilizados em aplicações que exijam elevada resistência ao impacto, mesmo sob baixas temperaturas. São formados pela adição de borracha de etileno – propileno (EPR) – numa matriz de PP homopolímero [1]. Algumas propriedades dos diferentes tipos de PP não atendem as necessidades para determinadas aplicações de engenharia. Por este motivo, existe um crescente movimento de estudos e inovações tecnológicas para alcançar propriedades mecânicas e térmicas, muitas vezes apenas atingidas por materiais não poliméricos. Uma das principais áreas de pesquisa são a introdução de nanopartículas na matriz polimérica, formando os nanocompósitos [2]. Para se obter amostras homogêneas de PP com  $\text{CaCO}_3$  é necessário a utilização de compatibilizantes, sendo o anidrido maleico (PP-g-MAH) muito utilizado neste caso.

Este projeto de iniciação científica tem como objetivo estudar a influência da adição de nanopartículas de  $\text{CaCO}_3$  nas propriedades mecânicas e térmicas do EP. As amostras foram obtidas por extrusão, e os corpos de prova foram injetados e caracterizados quanto às suas propriedades mecânicas (tração, flexão, impacto e dureza), térmicas (HDT) e de fluidez (MFI).

## 2. Metodologia

Os materiais utilizados nesse trabalho foram:

- PP copolímero hererofásico (EP 200 K) fornecido pela Braskem;
- Nanopartículas de  $\text{CaCO}_3$  em forma de pó branco apresentam tamanho entre 40-130 nm e densidade de 2,71 g/l ; doados pela Imerys Carbonates.
- Agente compatibilizante: Polipropileno graftizado com anidrido maleico (PPgMA) (*Polybond 3200*) produzido pela *Crompton-Uniroyal Chemical*.

A primeira etapa do processo de preparação dos compósitos foi a secagem do  $\text{CaCO}_3$  na estufa por um

período de 12 horas a 50°C. Após a secagem, os pellets de EP, o  $\text{CaCO}_3$  e o PPgMA foram pesados com suas respectivas proporções e misturados manualmente em sacos plásticos. Em seguida, deu-se início a extrusão dos compósitos utilizando a extrusora de rosca dupla HAAKE™, modelo Rheomex PTW 16 OS, acoplada ao reômetro de torque, modelo Polylab 900 e posteriormente granulados (torque máximo: 60Nm; perfil de temperatura nos cilindros: 200-205°C; rotação das roscas: 250 rpm). Após a secagem das composições extrudadas, foi realizada a injeção do material para obtenção dos corpos de prova numa injetora Battenfeld HM 60/350 (perfil de temperatura no cilindro: 190-210°C; perfil de pressão de injeção: 700 bar).

Os ensaios de tração e flexão foram realizados numa Máquina Universal de Ensaio Instron 5567 seguindo as normas ASTM D-638 e ASTM D-790, respectivamente. Os ensaios de impacto Charpy foram realizados utilizando o equipamento Instron Ceast Italy Modelo 9050 seguindo a norma ASTM D 6110 e com pêndulo de 5,4 Joules. Para o ensaio de dureza Shore D foi utilizado o aparelho de suporte automático de operação modelo 900 da linha Shore® Instruments Instron e o durômetro tipo ASTM D2240. Para o ensaio térmico HDT foi utilizado o equipamento HDT-VICAT Ceast Italy seguindo a norma ASTM D-64. O ensaio de índice de fluidez (MFI) utilizou o plastômetro CEAST MF20, seguindo a norma ASTM D-1238.

## 3. Resultados

Os resultados dos ensaios mecânicos e térmicos podem ser vistos nas Figuras de 1 a 10.

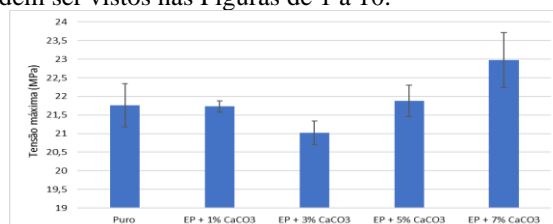


Figura 1 – Resistência à tração [MPa].

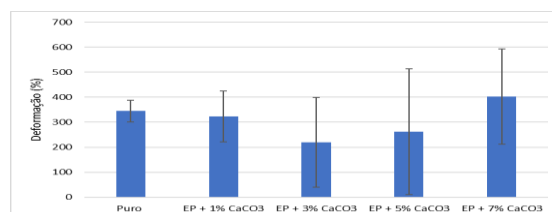


Figura 2 - Deformação até ruptura [%].

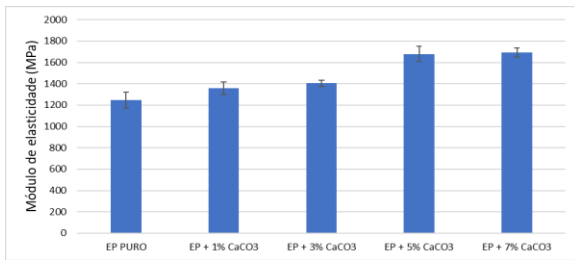


Figura 3 – Módulo de elasticidade à tração até 1% de deformação [MPa].

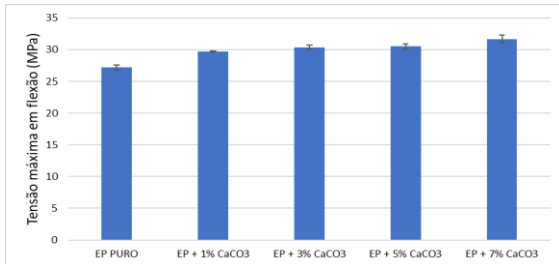


Figura 4 – Tensão máxima em flexão [MPa].

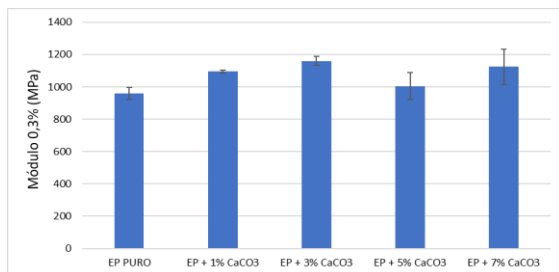


Figura 5 – Módulo de elasticidade à flexão [MPa].

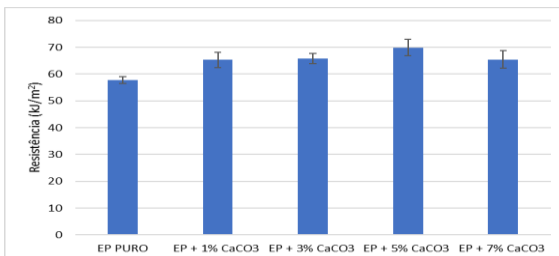


Figura 6 – Resistência ao impacto [kJ/m<sup>2</sup>].

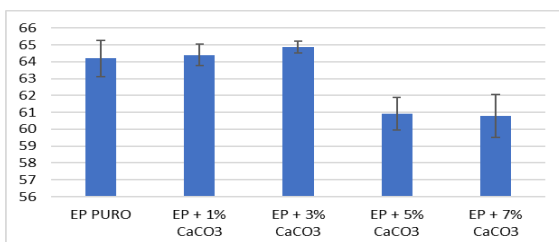


Figura 7 – Dureza Shore D instantânea.

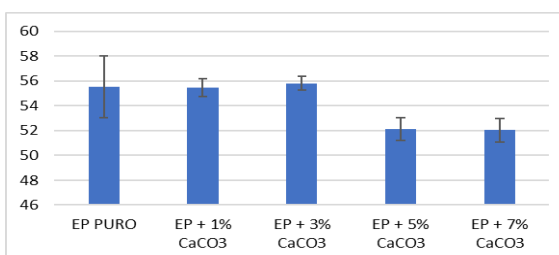


Figura 8 – Dureza Shore D após 15 segundos.

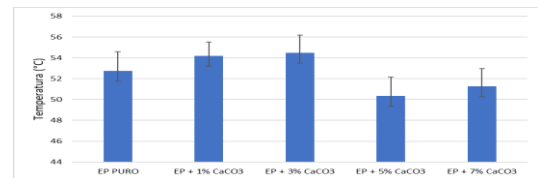


Figura 9 – Ensaio HDT [°C].

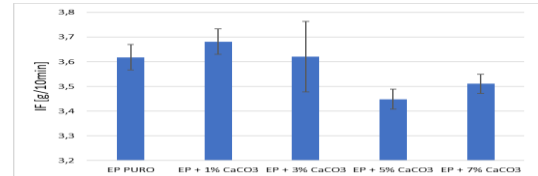


Figura 10 – Índice de fluidez – MFI [g/10min].

A resistência à tração e à flexão apresentaram um pequeno aumento significativo somente na concentração de 7% em massa de CaCO<sub>3</sub>.

O módulo de elasticidade em tração teve um comportamento mais uniforme, elevando-se junto com a porcentagem em massa de CaCO<sub>3</sub>. Já o módulo em flexão apresentou aumento com 3% em massa de CaCO<sub>3</sub> e este valor permaneceu inalterado para a concentração de 7% em massa. A deformação na ruptura apresentou um aumento com o aumento da concentração da nanocarga.

A utilização das nanopartículas elevou a resistência ao impacto do PP copolímero, tendo praticamente nenhuma diferença entre as diferentes concentrações de CaCO<sub>3</sub> utilizadas.

Nos ensaios de dureza Shore D e térmicos é possível notar uma pequena queda das propriedades quando utilizado concentrações superiores a 3% em massa de CaCO<sub>3</sub>.

Os valores de índice de fluidez não apresentaram variações significativas com o aumento da concentração de CaCO<sub>3</sub>.

#### 4. Conclusões

A pesquisa realizada revela que a adição de CaCO<sub>3</sub> ao PP copolímero podem alterar consideravelmente as propriedades mecânicas do nanocompósito dependendo da porcentagem em massa adicionada. Os resultados principais são o aumento da rigidez e da ductilidade do compósito sem a perda de resistência ao impacto.

#### 5. Referências

- [1] KARIAN, H. Handbook of polypropylene and polypropylene composites. 2 ed. Michigan: Marcel Dekker, 2009
- [2] FUAD, M. Y. A. , H. HANIM, H., ZARINA, R., MOHD. ISHAK Z.A. , ISHAK, HASSAN A. eXPRESS Polymer Letters Vol.4, No.10 (2010) 611–620.

#### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelo financiamento da pesquisa e disponibilização de professores, técnicos, laboratórios e materiais.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/2022 a 09/2023.