

6761

ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO SOBRE A POLIAMIDA-6 RECICLADA

Maria Cecília C. Evora<sup>1</sup>; Hélio Wiebeck<sup>2</sup>; Leonardo G. de Andrade e Silva<sup>3</sup>

(1) Instituto de Estudos Avançados- IEAv/CTA  
Rodovia dos Tamoios km 5,5  
Bairro Torrão de Ouro  
12228-840 São José dos Campos – SP, Brasil

(2) Departamento de Engenharia Química – USP  
Rua do Lago, nº 250 – Cidade Universitária  
05508-900 São Paulo – SP, Brasil

(3) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Travessa R, nº 400 – Cidade Universitária  
05508-900 São Paulo – SP, Brasil

COLEÇÃO PTC  
Devolver no Balcão de Empréstimo

## Resumo

A poliamida-6 é um termoplástico de engenharia de grande importância para a indústria. Sabe-se que a possibilidade de reutilização das rebarbas de peças confeccionadas traz uma vantagem econômica muito grande. Após esta reciclagem a poliamida-6 apresenta diminuição nas suas propriedades mecânicas, portanto espera-se obter uma melhoria destas, ao submetê-la à radiação ionizante.

O objetivo deste trabalho é o estudo das modificações das propriedades mecânicas da poliamida-6 reciclada por meio da radiação ionizante, verificando a melhoria de tais propriedades, por comparação destas, antes e após a irradiação, com a poliamida-6 não reciclada.

### I- Introdução

A reciclagem de plásticos é um negócio rentável e de elevado cunho social. No Brasil, o seu potencial é grande, apesar do consumo brasileiro de plásticos ser, ainda, muito menor que o verificado no primeiro mundo. O consumo de plásticos no Brasil tende a crescer. Assim sendo, o volume da disponibilidade de plásticos para reciclagem deverá aumentar na esteira deste processo.

Uma outra etapa nesse processo econômico é a necessidade de haver uma demanda efetiva por parte de indústrias que utilizam os resíduos como matéria prima de novos produtos. Estes produtos, para tal fim, deverão apresentar características adequadas de qualidade, tornando-os competitivos frente à matéria prima proveniente da indústria petroquímica.

A interação da radiação ionizante com materiais poliméricos transfere energia aos materiais, provocando principalmente a excitação e a ionização das moléculas, gerando reações químicas que podem provocar modificações permanentes na estrutura físico-química dos polímeros. As modificações induzidas podem resultar na degradação do material polimérico ou na melhoria de suas propriedades. Neste último caso o processo introduz ligações cruzadas, ou seja, reticulação entre as moléculas do polímero, melhorando suas propriedades térmicas, elétricas e mecânicas, possibilitando sua aplicação em diferentes áreas onde a melhoria destas propriedades são requeridas<sup>(1-4)</sup>. Não existem estudos com poliamida-6 reciclada submetida a radiação.

A reticulação nos polímeros pode transformar radicalmente sua estrutura, criando ligações entre moléculas lineares e produzindo polímeros tridimensionais com alta massa molar. Com o aumento da reticulação, aumenta o intercruzamento entre as moléculas e a estrutura se torna mais rígida. As propriedades dos polímeros após reticulação dependem muito pouco da estrutura química, mas se tornam função da densidade de reticulação na estrutura molecular. Uma das propriedades básicas desta estrutura molecular intercruzada é o decréscimo da solubilidade<sup>(5)</sup>. O grau de reticulação é proporcional a dose absorvida e independente da intensidade da radiação<sup>(6)</sup>.

No Brasil, a quantidade de plásticos de engenharia reciclados vem aumentando significativamente e o objetivo deste trabalho é o estudo das modificações das propriedades mecânicas da poliamida-6 reciclada por meio da radiação, verificando a melhoria de tais propriedades, por comparação destas, após a irradiação, com aquelas da poliamida-6 não reciclada.

A preocupação com os materiais reciclados pode ser resumida num aspecto fundamental, que consiste de como suas propriedades são modificadas ou como tais materiais perdem suas propriedades

Uma discussão mais detalhada do assunto, mostrando o interesse pelo tema por parte da indústria nacional e comunidade acadêmica, pode ser encontrada em:  
Schwarz, L.B., Apostilas e Catálogos da Plastivida  
Sousa, W. Setor Recicla Preconceitos, Plástico Moderno, Maio, 1993  
Wieberg, H.; Angeletakis, \*, Reciclagem de Plástico, Apostila FUSP, SEBRAE/SP  
Wiebeck, H.; Rizzo, W., Reciclagem de Plástico e suas aplicações Industriais, Apostila da FUSP

IPEN-DOC-6761

mecânicas. Geralmente existem quebras de estruturas, diminuição da massa molar, aumento do índice de fluidez e diminuição da resistência.

As características da poliamida-6 são dadas na Tabela 1 e as propriedades marcantes deste polímero são: resistência mecânica a fadiga, a impacto repetido e a abrasão, baixo coeficiente de fricção, resistência a escoamento sob carga, boa resistência química e a solventes não ácidos, alta absorção de umidade<sup>(7)</sup>.

TABELA 1  
Características do polímero Poliamida-6 (PA-6)

Massa molecular	10.000 - 30.000 g/mol
Densidade	1,12 - 1,14 g/cm <sup>3</sup>
Índice de refração	1,54
T <sub>f</sub>	250°C - 260°C
T <sub>v</sub>	50°C
Cristalinidade	Até 60%
	Termoplástico, translúcido

A poliamida-6 é um dos três plásticos de engenharia mais importantes, por causa da sua utilização para obtenção de peças que exigem um alto grau de desempenho<sup>(8)</sup> e sua reciclagem exige cuidados especiais.

As aplicações típicas da poliamida-6 estão em manufaturados e produtos acabados em geral, tais como: confecção de engrenagens para limpador de parabrisas, velocímetros, ventiladores para motor, reservatórios de fluidos para freio, estojos de espelho, componentes mecânicos de aparelhos domésticos, cabos de martelo, partes móveis de máquinas, em conectores elétricos, como filmes para embalagens de alimentos, malhas para meias e roupas, equipamentos para processamento de alimentos e de tecidos, escovas, fios de pesca, material esportivo ( raquetes, bases de esqui, rodas de bicicletas, etc)<sup>(7)</sup>.

## II. MÉTODOS

Para este trabalho utiliza-se a poliamida-6 da PETRONYL tipo 9200 D (resina virgem), que possui um índice de fluidez igual a 16,2 ( g/10 min)<sup>(9)</sup> e as irradiações são realizadas no acelerador de elétrons JOB 188 de 0,5MeV a 1,5MeV e corrente de 0,1mA a 25mA do Departamento de Aplicações na Engenharia e na Indústria (TE) do IPEN. Esse acelerador de elétrons é do tipo varredura, de baixa energia (1,5 MeV), onde os elétrons produzidos em uma fonte pontual, são focalizados e acelerados com um gradiente de potencial no centro de um tubo, formando assim um feixe cilíndrico de elétrons. Esse feixe pode ser movimentado por um campo magnético, produzido por uma bobina que envolve o tubo acelerador. Pode-se então obter uma varredura sobre a superfície de radiação.

Inicialmente são feitas análises com corpos de prova da poliamida-6 virgem para caracterização das propriedades deste polímero e em seguida com corpos de prova da poliamida-6 submetida a uma extrusão, com a finalidade de comparar a influência do material reciclado nas propriedades da peça final.

Posteriormente, as amostras de poliamida-6 virgem e recicladas, são irradiadas a doses de 100, 200, 300, 400 kGy a uma taxa de dose de 22,61 kGy/seg, ocorrendo a reticulação e conseqüentemente a melhoria nas propriedades destes materiais reciclados.

Os ensaios para caracterização das amostras irradiadas são realizados do mesmo modo que na poliamida-6 virgem e reciclada não irradiadas de acordo com as normas ASTM D 638 para ensaios de resistência à tração, ASTM D 256 para resistência ao impacto Izod e resistência ao impacto Charpy.

### Referências Bibliográficas

1. YAMASAKI, M.C.R; REIS, R.V.V; ARAÚJO, E.P, Efeitos Químicos das radiações ionizantes gama e feixe de elétrons em polímeros, 1º Congresso Brasileiro de Polímeros, São Paulo, SP, 05 a 07 de Novembro de 1991.
2. LUNARDI; G.J. NAKAHIRA, H.K; ARAÚJO, E.P., Modificações induzidas no polipropileno irradiado com elétrons acelerados, 2º Congresso Brasileiro de Polímeros, São Paulo, SP, 5 a 8 de outubro 1993.
3. ABRAMYAN, E. A., " Industrial Electron Accelerators and Applications", Institute for High Temperatures, USSR Academy of Sciences, Hemisphere Publishing Corporation, London, 1988.
4. BOLT, R. O.(ed); CARROL, J. G. (ed), Radiation Effects on Organic Materials, 1963. New York, Academic Pr.
5. D.W.Clegg & A A Collyer, Irradiation Effects on Polymers, Elsevier Applied Science, London, 1991.
6. ROSA, M. C. F.: Preparação de compostos plásticos- celulósicos utilizando radiação gama de alta energia . Dissertação e Tese IEA-DT-069, agosto de 1978, Instituto de Energia Atômica, S. Paulo.
7. WIEBECK, H.; RISSO, W., Reciclagem de plásticos e suas aplicações industriais, Apostila da FUSP.
8. WIEBECK, H.: "Reciclagem da poliamida-6 para aplicação em peças técnicas de alto desempenho", 4º Congresso Brasileiro de Polímeros , Salvador- Bahia, p. 823, (1997).
9. WIEBECK H., BERNARDO A., MARTINI A. M., ASCIUTTI S. A., OLIVEIRA M. G. e YAI C. H.: Modificação das Propriedades Mecânicas da Poliamida-6 em reciclagens sucessivas, Simpósio Latinoamericano de Polímeros, 6º Congresso Iberoamericano de Polímeros, 1998, Resumo.



**III Encontro Técnico  
de Materiais e Química**

**Anais**

**05 - 07 de outubro de 1999  
IPqM - Rio de Janeiro**