



## PARTE II - ESTUDO DO EFEITO DA DOSE DE RADIOESTERILIZAÇÃO SOBRE AS PROPRIEDADES DO POLI(TEREFTALATO DE ETILENO) - PET RECICLADO

Ana Beatriz G. Isoldi, Salmo C. do Rosário, Leonardo G. de Andrade e Silva \*

\* Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP. Av. Prof. Lineu Prestes, 2.242  
Cidade Universitária, 05508-000 São Paulo - SP, Brasil – lgasilva@net.ipen.br; salmorosario@uol.com.br;  
baisoldi@uol.com.br

### *Part II - Study of the Radiosterilization Dose Effect on the Recycled Poly(Ethylene Terephthalate) – PET Properties.*

The packing products are in constant development, in function, especially of the globalization processes. The open market after the financial stabilization and the technologic innovations, changed the population habits, costumes and the environment matters. As the year passing by, the necessity to reduce costs becomes more extremely the hard study of polymeric materials, copolymers, blends and its recycling, always seeking a better wrapping of the product, especially food concerns increasing its product's shelf life. The food sterilization processes and polymer modifications through irradiation are targets of growing studies in current industries linked with the nutrition and packing sectors. The aim of this paper is to study the radiosterilization dose effect on the recycled PET properties. The tensile strength at break increased for irradiated recycled PET. Therefore, it is possible to say that the recycled PET is crosslinking by electron beam at room temperature with 25kGy radiosterilization dose.

#### **Introdução**

A irradiação de polímeros e a esterilização de alimentos, são alvos de crescentes estudos das atuais indústrias ligadas ao setor alimentício e de embalagem. As radiações ionizantes ao interagirem com o material, transferem energia ao material, provocando excitação e ionização das moléculas, o que pode produzir modificações permanentes na estrutura físico-química do polímero<sup>[1]</sup>.

A irradiação de polímeros é utilizada pelas indústrias para modificar polímeros por meio da reticulação e da cisão da cadeia polimérica, e da enxertia (para a produção de polímeros enxertados)<sup>[2]</sup>.

O elevado crescimento observado nos últimos dois anos mostra que a demanda de PET dobrou e o seu consumo aumentará 11% ao ano até o ano dois mil e cinco, conforme pesquisa fornecida pela empresa de consultoria *Arthur Andersen*<sup>[3]</sup>. O crescimento do uso do PET porém não tem sido acompanhado pela produção interna do polímero, criando o interesse em reciclá-lo.

A separação do PET e de outros materiais pode ser feita por meio de reciclagem mecânica ou química. Na reciclagem mecânica o PET é reprocessado em equipamentos (moinho, extrusora, entre outros) que recuperam o poliéster para fabricação de fibras, lâminas ou embalagens. A reciclagem mecânica também é viável pela injeção direta do PET<sup>[4]</sup>.

Este trabalho tem como objetivo abordar a aplicação da radiação ionizante (feixe de elétrons) na esterilização de embalagens de poli(tereftalato de etileno) reciclado.

Porém o foco deste estudo não é a comprovação da esterilização do produto embalado pelo PET, já que este já é um método consagrado, mas sim avaliar as mudanças ocorridas em suas propriedades quando submetido à radiação ionizante na dose de radioesterilização.

#### **Experimental**

Inicialmente, neste trabalho foram realizados ensaios com corpos-de-prova de quatro amostras diferentes de PET reciclado, os quais foram adotados como parâmetros.

As amostras foram fornecidas pela indústria RECIPET, fábrica de reciclagem de PET pertencente ao grupo Rodhia-Ster localizada em Indaiatuba, como se segue: Amostra 1 - pré-forma moída transparente; Amostra 2- "flakes" transparentes; Amostra 3 - grânulos transparentes e Amostra 4 - grânulos verdes.

Os corpos-de-prova foram injetados no Laboratório da Indústria Plástico Müller seguindo as normas de acordo com os ensaios a serem realizados.

Posteriormente, foi realizada a irradiação com feixe de elétrons na dose de esterilização, focando o estudo das propriedades finais da resina reciclada após submetida à irradiação, comparada ao PET reciclado não irradiado.

As irradiações foram feitas em um acelerador de elétrons JOB 188 de 0,5 MeV a 1,5 MeV e corrente de 0,1 mA a 25 mA.

As amostras foram irradiadas a uma dose de 25 kGy, com uma taxa de dose de 28,00 kGy/s.

Foram realizados os ensaios de: Resistência à Tração (ASTM D638); Resistência ao Impacto Izod-23°C (ASTM D256), Alongamento (ASTM D638); Dureza Shore D (ASTM D2240); Resistência a Flexão (ASTM D790); Módulo de Flexão (ASTM D790); Temperatura de Fusão - Tm (ASTM D789); Absorção de Água (ASTM D570) e Densidade (ASTM D792).

## Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios realizados nas amostras de PET reciclado não irradiadas, as quais foram adotadas como parâmetro.

**Tabela 1:** Resultados dos Ensaios das Amostras de PET Reciclado não Irradiadas.

ENSAIOS	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Resistência à Tração (MPa)	45,00	47,76	49,24	51,59
Resistência ao Impacto Izod-23°C (J/cm <sup>2</sup> )	0,18	0,18	0,18	0,18
Alongamento (%)	429,17	568,53	460,97	647,83
Dureza Shore D	76	80	80	79
Resistência à Flexão (MPa)	67,21	82,75	79,14	70,65
Módulo de Flexão (MPa)	1693,39	2163,45	1953,22	2054,67
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1.26	1.27	1.28	1.24
Absorção de Água (%)	0.03	0.04	0.02	0.03
Tm (°C)	247	251	243	245

De acordo com os resultados obtidos nas diferentes amostras do PET, observa-se que não há grandes variações em suas propriedades mecânicas.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nas amostras de PET reciclado irradiadas, onde suas propriedades se tornaram ainda mais próximas, visto que o comportamento das quatro amostras foi semelhante.

As amostras de PET reciclado ao serem irradiadas a 25kGy aumentaram sua resistência à tração indicando que houve uma reticulação do polímero. A resistência ao impacto e a dureza das amostras de PET reciclado não foram alteradas com a radiação. Também observou-se uma diminuição no alongamento e um aumento da resistência a flexão comprovando a reticulação do PET.

Com o aumento da densidade, e conseqüentemente o aumento da massa molar do polímero, nos faz supor que novamente houve a predominância do processo de reticulação. Quanto maior a densidade, maior a cristalinidade, resultando em melhores propriedades mecânicas, como a resistência à tração, já citada anteriormente. A absorção de água e a temperatura de transição cristalina se mantiveram semelhantes nos

quatro diferentes tipos de amostras de PET estudados antes e depois da irradiação.

Provavelmente, se aumentarmos a dose de radiação, teremos um aumento do ponto de fusão.

Os resultados da estabilidade do polímero em relação a absorção da água é extremamente satisfatório, evitando a sua hidrólise e conseqüentemente a formação de acetaldeído.

**Tabela 2** – Resultados dos Ensaios das Amostras PET Reciclado Irradiadas.

ENSAIOS	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Resistência à Tração (MPa)	59,32	59,57	61,92	52,67
Resistência ao Impacto Izod-23°C (J/cm <sup>2</sup> )	0,18	0,18	0,18	0,18
Alongamento (%)	13,09	12,71	13,42	11,25
Dureza Shore D	78	81	81	81
Resistência à Flexão (MPa)	82,99	88,03	91,72	83,73
Módulo de Flexão (MPa)	2324,50	2588,8	2583,9	2406,10
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1.32	1.29	1.34	1.34
Absorção de Água (%)	0.03	0.03	0.04	0.03
Tm (°C)	247	247	247	247

## Conclusões

A radioesterilização das embalagens de Poli(tereftalato de etileno) reciclado (PET) é um processo extremamente eficaz, pois além da sua esterilização e a do produto embalado proporciona uma melhoria em suas propriedades mecânicas, por meio da reticulação, o que nos faz supor que ocasionou também uma melhoria nas propriedades de barreira a gases, um item que poderá ser estudado posteriormente.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Indústria Plásticos Müller pela ajuda na injeção e nas análises das amostras e à RECIPET pelo fornecimento das amostras de PET.

## Referências Bibliográficas

1. E.A. Abramyan *Industrial Electron Accelerators and Applications*, Hemisphere Publishing Corporation, London, 1988.
2. B.W. Hutzler Efeito da Radiação em Polímeros, *Revista Plástico Moderno*, Agosto 2000.
3. A. ANDERSEN, Catálogo: *Perspectivas de Investimentos da Indústria de Embalagens para Alimentos e Bebidas*.

4. S. Mancini; Z. Donini; M. Bezerra; M. Nascimento *Revista Plástico Industrial*, Setembro, 1998.