

## ESTUDO DOS EFEITOS DA DOSE DE RADIAÇÃO POR FEIXE DE ELÉTRONS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO FILME FLEXÍVEL MULTICAMADAS PET/PP

Mara M. L. Munhoz<sup>1a</sup>, Vítor M. Oliveira<sup>1b</sup>, Angel V. Ortiz<sup>2</sup>, Esperidiana A. B. Moura<sup>1c</sup>,

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)

Av. Professor Lineu Prestes 2242

05508-000 São Paulo, SP

<sup>a</sup>mar.mlm@terra.com.br

<sup>b</sup>vmiranda@ipen.br

<sup>c</sup>eabrmoura@ipen.br

<sup>2</sup> UNIPAC Embalagens Ltda.

Rua Arnaldo Magniccaro, 521

04691-060 São Paulo, SP

angel.ortiz@unipacnet.com.br

### RESUMO

A radiação ionizante (raios gama, feixe de elétrons) pode causar mudanças estruturais nos materiais poliméricos de embalagens, alterando suas propriedades mecânicas, químicas e de barreira, entre outras. O uso da radiação por feixe de elétrons para aplicações em embalagens plásticas, com a finalidade de melhorar algumas de suas propriedades vem ganhando popularidade na indústria de embalagem. Como consequência da irradiação, os materiais de embalagens podem sofrer alterações químicas e físicas que irão refletir na sua função básica, principalmente em relação às características de proteção. Neste trabalho estudou-se os efeitos das doses de radiação entre 150 e 300 kGy sobre as propriedades mecânicas do filme flexível multicamadas PET/PP, submetido a radiação por feixe de elétrons. Os ensaios de irradiação foram realizados utilizando um acelerador de elétrons de 1,5 MeV, à taxa de dose de 11,22 kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar. Os resultados mostraram perdas significativas ( $p < 0.05$ ) na resistência à tração e deformação na ruptura, resistência da selagem e resistência à perfuração, em função da dose de radiação absorvida. Com base nestes resultados pode-se concluir que a irradiação do filme PET/PP por feixe de elétrons, nas condições estudadas neste trabalho, causa uma severa redução das suas propriedades mecânicas tornando-se inadequado para as aplicações em embalagem.

### 1. INTRODUÇÃO

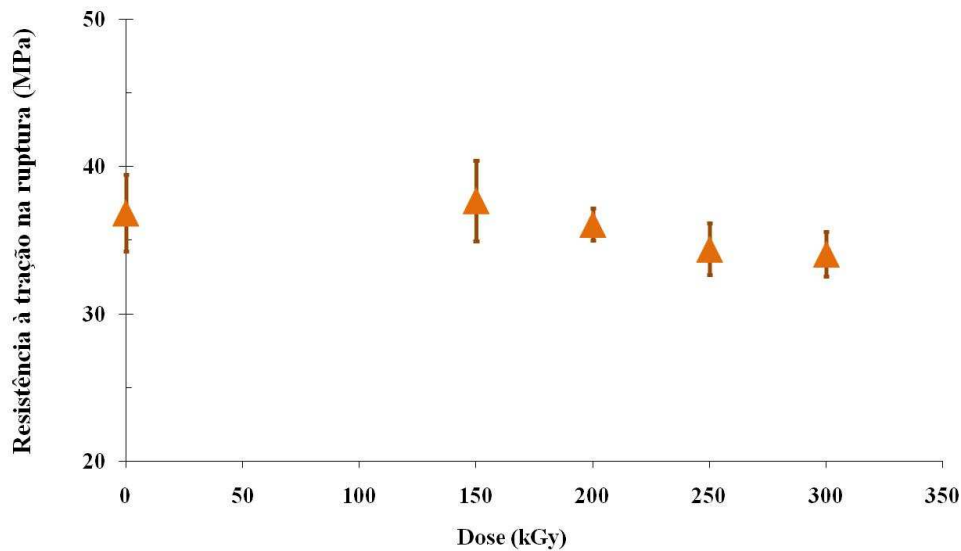
A radiação ionizante (raios gama, feixe de elétrons) pode causar mudanças estruturais nos materiais poliméricos de embalagens, alterando suas propriedades mecânicas, químicas e de barreiras, entre outras [1]. Estas mudanças são causadas basicamente pela cisão e reticulação simultâneas das cadeias polimérica em função da irradiação. Depende da estrutura química do polímero e das condições de irradiação poderá predominar a cisão da cadeia polimérica principal e consequentemente a degradação do material ou, a reticulação das cadeias poliméricas que poderá promover um ganho de propriedades mecânicas, térmicas e de barreiras ao material de embalagem. Neste trabalho estudou-se o efeito das doses de radiação entre 150 e 300 kGy sobre as propriedades mecânicas do filme flexível multicamadas PET/PP.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para este estudo foi o filme flexível multicamadas PET/PP com 72 $\mu$ m de espessura (PET 12  $\mu$ m / PP 60  $\mu$ m). As amostras do filme PET/PP foram submetidas às doses de radiação de 150 a 300 kGy. Os ensaios de irradiação foram realizados utilizando um acelerador de elétrons de 1,5 MeV, à taxa de dose de 11,22 kGy/s, temperatura ambiente e presença de ar. As amostras do PET/PP, irradiadas e não irradiadas, foram submetidas aos ensaios de resistência à tração (ASTM D 882-91) [2], à perfuração (ASTM F 1306-90) [3] e resistência da selagem (ASTM F 88-00) [4]. As diferenças entre os resultados dos ensaios das amostras do filme irradiadas e não irradiadas foram avaliadas estatisticamente por análise de variância (ANOVA), utilizando o software BioEstat (versão 5.0, 2007, Windows 95, Manaus, AM, Brasil). O nível de significância foi definido para  $p < 0,05$ .

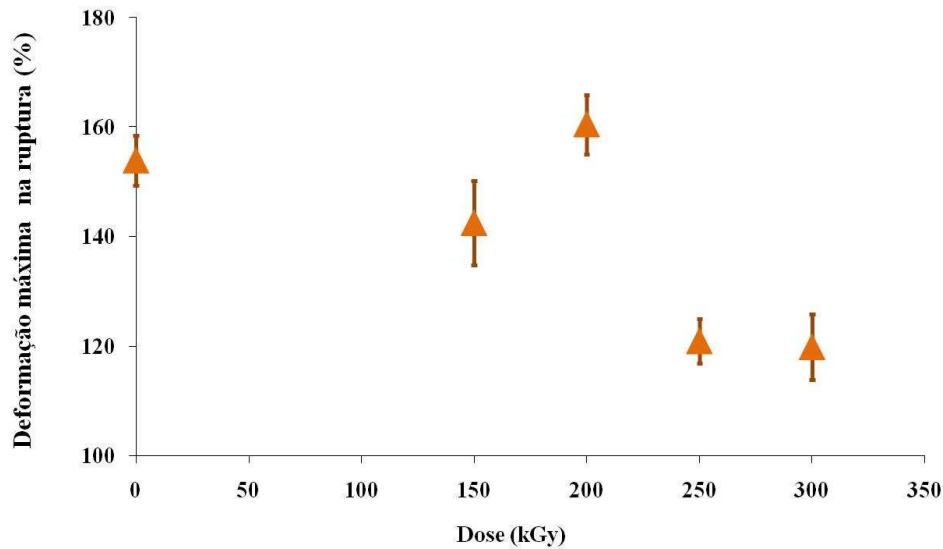
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 são apresentados os resultados dos ensaios de resistência a tração na ruptura do filme PET/PP em função da dose de radiação. Pode-se observar nesta Figura que não ocorreram alterações significativas ( $p < 0,05$ ) da resistência à tração na ruptura para o filme irradiado com doses de 150 e 200 kGy. Para as amostras do PET/PP submetidas às doses de radiação de 250 e 300 kGy foram observadas perdas significativas de até 6% ( $p < 0,05$ ).



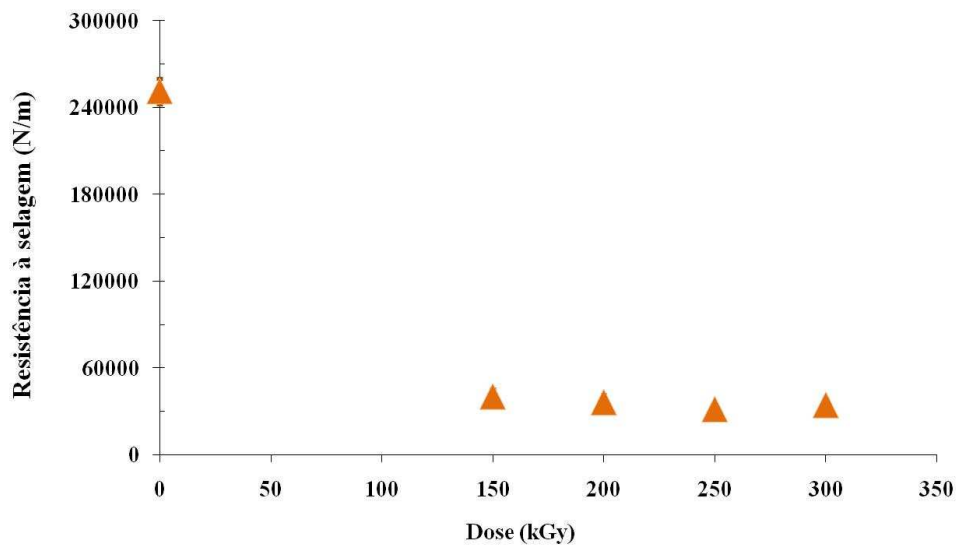
**Figura 1. Resistência à tração na ruptura da estrutura PET/PP em função da dose de radiação aplicada.**

A Figura 2 apresenta os resultados dos ensaios de deformação máxima na ruptura do PET/PP em função da dose de radiação. Observa-se nesta Figura perdas significativas ( $p < 0,05$ ), da ordem de 7 – 22%, na porcentagem de deformação máxima na ruptura do PET/PP irradiado com 150, 250 e 300 kGy. Contudo, para as amostras irradiadas com 200 kGy não foram observadas alteração significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparada a porcentagem de deformação na ruptura das amostras do filme não irradiadas.



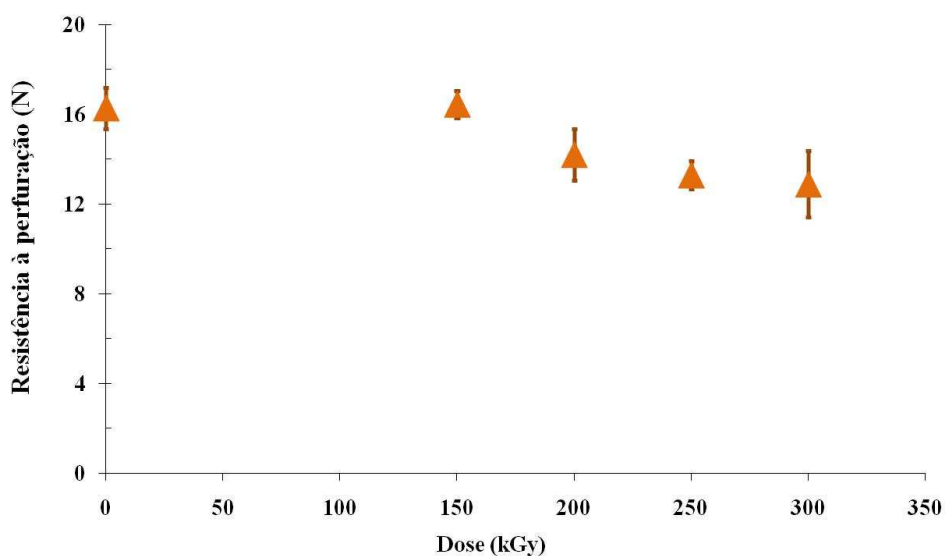
**Figura 2. Deformação máxima na ruptura em função da dose de radiação aplicada para a estrutura PET/PP**

Os resultados dos ensaios de resistência à selagem do filme PET/PP em função da dose de radiação são apresentados na Figura 3. Pode-se observar nesta Figura perdas significativas, entre 84 e 87%, na selabilidade do filme PET/PP para todo o intervalo de radiação estudado neste trabalho ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3. Resistência à selagem em função da dose de radiação aplicada na estrutura PET/PP**

Na Figura 4 são apresentados os resultados dos ensaios de resistência à perfuração do filme PET/PP em função da dose de radiação. Não foram observadas nesta Figura alterações significativas na resistência à perfuração das amostras do filme irradiado com 150 kGy ( $p < 0,05$ ). Para as amostras submetidas às doses de radiação entre 200 e 300 kGy observou-se perdas significativas de 12 a 21 % com a dose de radiação aplicada ( $p < 0,05$ ).



**Figura 4. Resistência à perfuração em função da dose de radiação aplicada na estrutura PET/PP**

As perdas nas propriedades mecânicas da estrutura PET/PP mostradas nestes resultados indicam a prevalência do processo de cisão por radiação sobre a reticulação das cadeias poliméricas dos polímeros envolvidos, principalmente em relação ao PP, o qual é mais sensível a radiação ionizante que o PET e sofre preferencialmente degradação, quando irradiado, devido à presença dos grupos metila [5, 6].

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram perdas significativas nas propriedades mecânicas do filme PET/PP, em função da dose de radiação absorvida. Estes resultados indicam que a modificação do filme PET/PP por feixe de elétrons, no intervalo de dose de radiação estudado neste trabalho reduz severamente as suas propriedades mecânicas tornando-o inadequado para as aplicações em embalagem.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Carlos Gaia da Silva e Elizabeth S. R. Somessari pela realização das irradiações e à Unipac Embalagens Ltda. pelo suporte neste trabalho.

#### BIBLIOGRAFIA

1. E. A. B. Moura; A.V. Ortiz; L.G. A. Silva; H. Wiebeck; M. N. Mori. “*Efeito da Radiação Gama Sobre as Propriedades Mecânicas de Materiais de Embalagens Plásticas Flexíveis.*” In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, **1**, 1-1 (2002).
2. American Society For Testing And Materials - ASTM, 1996. Standard Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. ASTM (D 882-91).
3. American Society For Testing And Materials - ASTM, 1994. Standard Test Method for Slow rate Penetration Resistance of Flexible Barrier Films and Laminates. ASTM (F 1306-90).
4. American Society For Testing And Materials - ASTM, 2000. Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Films and Laminates. ASTM (F 88-00).
5. World Health Organization; International Atomic Energy Agency; Food and agriculture organization of the united nations. “*High-Dose Irradiation: wholesomeness of Food Irradiated With Doses Above 10 kGy*”. Report of a joint FAO/ IAEA/ WHO Expert Committee. Geneva, Who ,1999 (Who Technical Report Series, nº 890).
6. F. C. Ruiz; M. C. Terence in Anais 18º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Porto de Galinhas, 2008, 32, 402.