



# ESTUDO DA RAMIFICAÇÃO DO POLIPROPILENO COMERCIAL ATRAVÉS DA RADIAÇÃO GAMA EM PRESENÇA DO MONÔMERO TRI-ISOCIANURATO DE ALILA (TAIC).

Jeferson Rodrigues Bueno<sup>1\*</sup>, Adriana Yoshiga<sup>1</sup>, Beatriz W. H. Artel<sup>2</sup>, Duclerc F. Parra<sup>1</sup>, Ademar B. Lugão<sup>1</sup> e Harumi Otaguro<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)  
Av. Professor Lineu Prestes, 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
ablugao@ipen.br

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Radiações – EMBRARAD  
Av. Cruzada Bandeirante, 269  
06700-000 São Paulo, SP  
beatriz@embrarad.com.br

*Branched polypropylene by gamma irradiation in the presence of Tri-allyl-isocyanurate and their changes in the rheological properties.*

The objective of this paper is to investigate how the molecular structure of linear polypropylene can be modified by gamma irradiation in the presence of tri-allyl-isocyanurate (TAIC). For this purpose the TAIC was incorporate with different concentrations and the samples were irradiated at 20 kGy. The experimental results had shown that the increases of concentration of TAIC don't change the gel fraction, but increase the melt flow rate in comparison of the pure polymer. It's probably results of high degradation and chains scissions effects occurring during the radiation process. The results from rheology and their interpretation demonstrate that: the increase of TAIC carry out a decrease of the melt strength of the iPP modified and suitable change in their extensibility.

## Introdução

O polipropileno comercial (iPP) devido sua estrutura linear é conhecido por apresentar uma baixa processabilidade em processos, nos quais, necessitam um estiramento do material durante o processo de alongação, tal como, na extrusão de revestimentos, de espumas, filmes soprados entre outros. Sua processabilidade é melhorada através da introdução de ramificações na cadeia linear do iPP. Este processo pode ser obtido através de técnicas de modificação do iPP pelo tratamento pós-reator e pela polimerização *in situ* de ramificações. A enxertia de monômeros de reticulação e outros como os peróxidos pelo uso da irradiação de alta energia (radiação gama e feixe de elétrons) é uma das tecnologias mais estudadas e difundidas [1-3].

A presença de ramificações e de reticulações no polipropileno acarreta mudanças nas propriedades físicas e químicas deste material.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a influência do aumento da concentração do monômero Tri-isocianurato de alila (TAIC) adicionado ao iPP. As amostras foram irradiadas na dose de 20 kGy utilizando a radiação gama, fonte de Co 60 com taxa de dose de 10 kGy/h. A modificação estrutural do iPP foi avaliada em termos da formação da fração gel, da mudança no índice de fluidez e nas características das

propriedades de resistência do fundido e de sua extensibilidade.

## Experimental

### Preparo das amostras

As amostras de iPP, utilizadas nesse trabalho, foram cedidas pela BRASKEM, na forma de *pellets* e com índice de fluidez de 0,5 g/10 min. O monômero Tri-isocianurato de alila (TAIC) foi adicionado ao polímero nas concentrações de 1,5, 3,0 e 5,0 mmol por 100,0 g do polímero, sendo misturado até completa homogeneização. Em seguida foram armazenadas em embalagens devidamente preparadas em ambiente inerte, de nitrogênio, e posteriormente encaminhadas para o processo de irradiação, na dose de 20 kGy, com fonte de Co<sup>60</sup>. Após a etapa de irradiação as amostras foram extrusadas em um reômetro do tipo Haake (dupla rosca) para homogeneizar a mistura.

### Determinação da fração de gel

As amostras com suas massas iniciais pré-estabelecidas foram envolvidas em papel de filtro e imersas em xileno analítico a uma temperatura próxima de 130°C, por de 24 h (sistema de refluxo). Transcorrido este período elas foram secas a temperatura ambiente por 24 h, e depois em uma estufa por duas horas e meia a 90°C. A fração gel foi

calculada através da razão entre a massa final e a massa inicial de cada amostra.

#### Ensaio de índice de fluidez

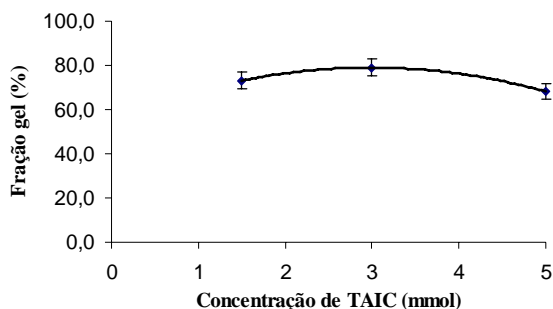
Foi realizado em um aparelho de índice de fluidez, marca CEAST modelo *modular line*. As amostras foram analisadas, a uma temperatura de 230°C e 2,16 Kg, conforme norma ASTM D1238.

#### Ensaio de força tênsil/ extensibilidade.

Neste teste, a força tênsil necessária para o alongamento da amostra extrusada foi medida em função da razão de extratamento. As amostras foram extrusadas em reômetro Haake acoplado ao Rheotens modelo 71.97 da Göttfert. A temperatura utilizada na extrusão foi de 190°C e a velocidade variou de 40 a 575 mm.s<sup>-1</sup>.

### Resultados e Discussão

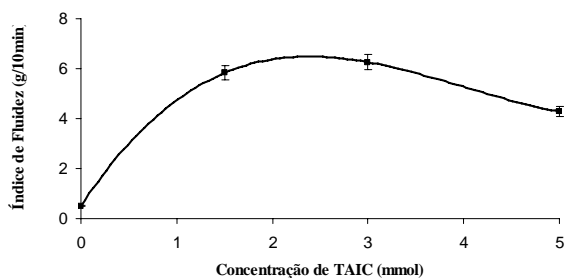
Através do ensaio de fração gel realizado, não foi observado um grande aumento da porcentagem de gel se comparado ao polímero puro, conforme pode ser observado na figura 1.



**Figura 1** - Fração gel em função da concentração de monômero (TAIC) estudado.

Mostrando assim que, apesar do acréscimo de monômero (TAIC) à amostra de iPP, sobre diferentes concentrações de 1,5 a 5,0 mmol, não houve diferenças significativas na variação da fração gel. Este comportamento é um indicativo da má incorporação do monômero ao polímero.

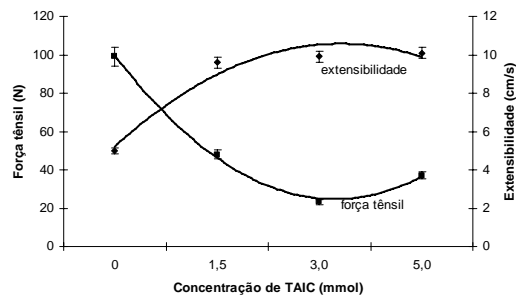
Quanto à análise do índice de fluidez foi observado um aumento significativo para as amostras irradiada com o monômero em relação ao polímero puro, vide figura 2.



**Figura 2** - Dados do índice de fluidez em função da concentração de TAIC adicionado.

O aumento relativamente alto do índice de fluidez nas amostras provavelmente é resultado do fenômeno de degradação das cadeias do polímero devido ao efeito de irradiação.

No ensaio reológico foi observado uma redução significativa com relação à força tênsil em função do aumento da concentração de TAIC. No entanto, no caso da extensibilidade houve um aumento nas concentrações estudadas em comparação ao polímero puro, conforme figura 3.



**Figura 3** - Resultados da força tênsil e da extensibilidade das amostras de iPP, em função da concentração do monômero.

### Conclusões

O aumento da concentração do monômero TAIC empregado nesse experimento, não foi capaz de se incorporar ao polímero quando submetido à irradiação ionizante. A obtenção de iPP com alta resistência do polímero fundido não foi observado como o esperado, vide resultados de força tênsil. O comportamento praticamente constante dos resultados de fração gel demonstra um alto grau de reticulação no polímero, o qual não foi alterado com aumento da concentração. No entanto o alto grau de reticulação não levou a uma redução no índice de fluidez e na força tênsil em comparação ao polímero puro. Neste caso, o fenômeno de degradação através da cisão de cadeias parece prevalecer. A reticulação formada influencia na extensibilidade das amostras modificadas levando a um valor constante com o aumento na concentração do TAIC adicionado.

### Agradecimentos

Os autores agradecem as agências nacionais de fomento: FAPESP, CNPq, pelo suporte financeiro, e a Empresa Brasileira de Radiação – EMBRARAD.

### Referências Bibliográficas

1. D. Auhl, J. Stange, H. Münstedt, B. Krause, D. Voigt, A. Lederer, U. Lappan, K. Lunke. *Macromolecules*. 2004, 37, 9465.
2. M. Rätzsch, M. Arnold, E. Borsig, H. Bucka, N. Reichelt. *Progress Polym. Sci.* 2002, 27, 1195.
3. C. He, S. Costeux, P. Wood-Adams, J. M. Dealy. *Polymer*. 2003, 44, 7181.