

# DESENVOLVIMENTO DE DETECTOR PLÁSTICO CINTILADOR PARA MEDIDAS DE NÊUTRONS

João F. Trencher Martins; Tufic Madi Filho e Margarida Mizue Hamada

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)

Av. Professor Lineu Prestes 2242  
05508-000 São Paulo, SP

[clvieira@ipen.br](mailto:clvieira@ipen.br); [fecosta@ipen.br](mailto:fecosta@ipen.br); [mmhamada@ipen.br](mailto:mmhamada@ipen.br)

Keywords: Plástico cintilador, nêutrons, radiation detectors

## RESUMO

Os nêutrons são detectados por vários tipos de sensores, como por exemplos: (a) câmaras de ionização, (b) câmaras de fissão; (c) cintiladores líquidos acoplados a fotomultiplicadoras, (d) detectores proporcionais gasosos ( $\text{BF}_3$ ,  $^3\text{He}$ ) e (e) detectores semicondutores. Neste trabalho, plástico cintilador recoberto com uma película de  $^{10}\text{B}$  depositado em chapa de alumínio foi desenvolvido para ser utilizado como detector de nêutrons. Os resultados mostram que o detector desenvolvido é adequado para sua utilização nas medidas de nêutrons

## 1. INTRODUÇÃO

A detecção de nêutrons não é trivial devido à falta de carga dessas partículas e a peculiaridade de suas interações com a matéria. As fontes de nêutrons geram também radiação gama as quais podem interferir na sua medida. É necessário que o sistema detector seja capaz de discriminar essas interferências. Os principais tipos de detectores sensíveis aos nêutrons são: (a) gasosos, (b) auto-alimentados (self-power), (c) cintiladores e (d) semicondutores. Esses detectores possuem internamente um conversor de nêutrons para produzir radiação ionizante[1,2,3]. Os conversores são fundamentados em reações nucleares do tipo: Nêutron + conversor  $\rightarrow$  Radiação ionizante. O conversor é um material que apresenta alta probabilidade de interação com o nêutron (alta secção de choque). A secção de choque é um parâmetro que expressa a probabilidade de interação com o alvo. Ela é dependente da energia do nêutron incidente.

Os nêutrons são detectados por vários tipos de sensores, como por exemplos: (a) câmaras de ionização, (b) câmaras de fissão; (c) cintiladores líquidos acoplados a fotomultiplicadoras, (d) detectores proporcionais gasosos ( $\text{BF}_3$ ,  $^3\text{He}$ ) e (e) detectores semicondutores [1,2,4]. Os detectores de nêutrons mais utilizados para monitoração ambiental e controle de reatores nucleares são as câmaras de ionização, os detectores proporcionais e os detectores cintiladores contendo substâncias conveniente para responder a algum efeito secundário

necessário para responder a algum efeito secundário necessário na detecção de nêutrons. Os detectores tipo auto-alimentados (self power) por necessitarem de um fluxo elevado de nêutrons, limitam-se a aplicação em reatores nucleares. Encontra-se na literatura pesquisas de detecção de nêutrons utilizando plástico cintilador [1,2].

Plástico cintilador tem uma resposta rápida e uma eficiência alta para espectrometria de nêutrons, entretanto a alta razão entre o sinal/ruído tem limitado a sensibilidade destes detectores [1]. Neste trabalho, plástico cintilador recoberto com uma película de  $^{10}\text{B}$  depositado em chapa de alumínio foi estudado. O  $^{10}\text{B}$  é utilizado como conversor do tipo  $(n, \alpha)$ . No  $^{10}\text{B}$  um nêutron é absorvido com subsequente transmutação para  $^7_3\text{Li}$  e emissão de uma partícula  $\alpha$  de 2,78 MeV.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Monômero de estireno comercial, utilizado como matéria prima da matriz polimérica, foi previamente purificado por destilação fracionada a baixa pressão (~10mmHg) e 31°C de temperatura. O monômero de estireno foi bidestilado para obter solução com pureza adequada para confecção do plástico cintilador.

A solução cintiladora foi preparada dissolvendo-se 0,5% de PPO (2,5 – difeniloxazol), 0,05% de POPOP (1,4 – di – [ 2 – (5 – feniloxazolil) – benzeno]) e 0,01% de catalisador (1,1-bis(terc-peroxibutil)ciclohexano), em massa, ao estireno previamente purificado. A seguir foi introduzida num molde de vidro para subsequente polimerização.

O plástico cintilador foi usinado e polido nas dimensões de 5 cm de diâmetro por 2 mm de espessura. Para detecção de nêutrons, uma película de  $^{10}\text{B}$  elaborado por deposição eletroforética sobre superfície de alumínio tratado quimicamente foi posicionada sobre uma das superfícies do plástico cintilador. A outra superfície do plástico foi acoplada a uma fotomultiplicadora (RCA8850) e conectado à um pré-amplificador modelo 276 da Ortec. Injetou-se o sinal desse sistema em um amplificador modelo 450, marca Ortec e o espectro foi obtida utilizando-se um analisador multicanal modelo 918 da Ortec e fonte de nêutron de  $^{241}\text{Am}^9\text{Be}$  e fonte de gama  $^{137}\text{Cs}$ .

A seqüência de medidas para avaliar o desempenho do detector foram realizadas nas seguintes etapas:

1. caracterização da radiação de fundo do laboratório;
2. resposta do detector com conversor de  $^{10}\text{B}$  utilizando fonte de  $^{241}\text{Am}^9\text{Be}$ .
3. resposta do detector com conversor de  $^{10}\text{B}$  utilizando fonte de  $^{137}\text{Cs}$ .

### 3. RESULTADOS

Figura 1 apresenta a resposta do detector plástico cintilador, utilizando uma película do  $^{10}\text{B}$  como conversor, excitados com nêutrons proveniente da fonte de  $^{241}\text{Am}^9\text{Be}$  e a Figura 2 apresenta o espectro deste mesmo detector quando excitado com radiação gama de 661 keV da fonte de  $^{137}\text{Cs}$ . Como pode ser observado na Fig. 1, existe uma boa discriminação do pico do nêutron no espectro, o qual foi localizado próximo ao canal n° 2200, enquanto o pico do espectro gama encontra-se distante, ao redor do canal n° 500, como mostrado na Figura 2. Portanto, o pequeno relevo observado no espectro de nêutrons ao redor do canal n° 500 (Fig. 1) pode ser atribuído ao pico de radiação gama. Estes resultados comprovam que a interferência da radiação gama na detecção de nêutrons com o detector desenvolvido não é significativa. Como se observa nessas Figuras, o espectro da radiação gama não ultrapassa canais de n° 1000 e portanto não se sobrepõe à região de interesse do espectro dos nêutrons.

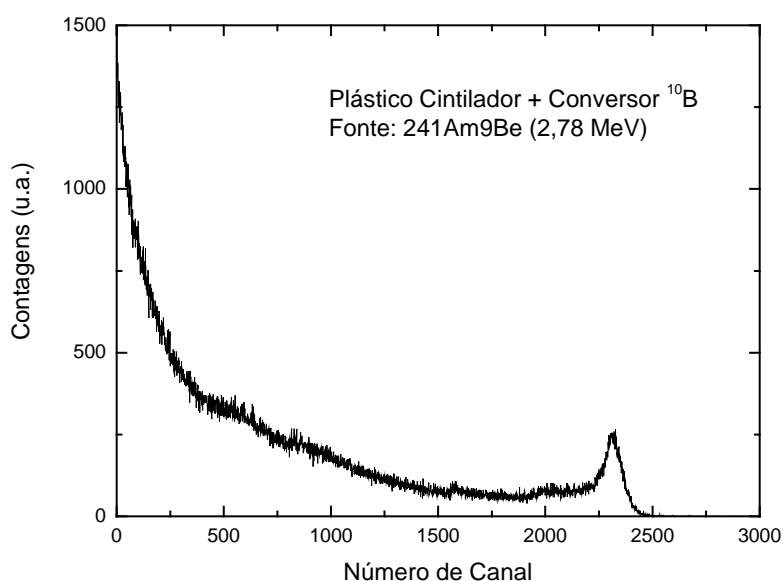


Figura 1 - Detector plástico cintilador, com película do  $^{10}\text{B}$ , excitados com nêutrons proveniente de uma fonte de  $^{241}\text{Am}^9\text{Be}$ .

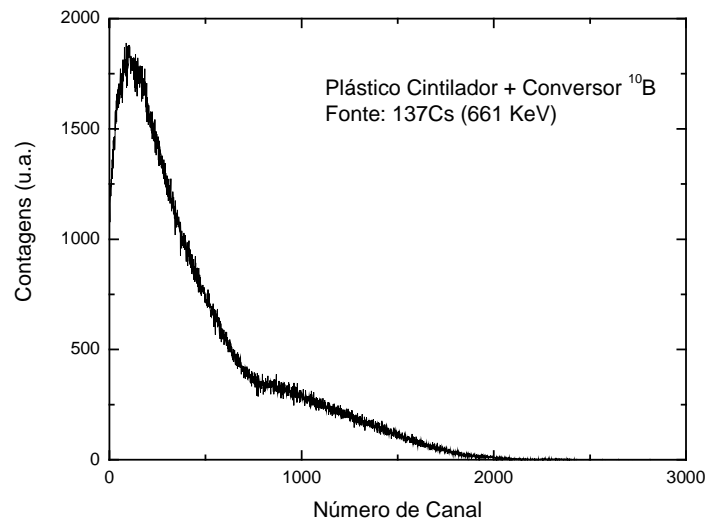


Figura 3 - Detector plástico cintilador, com película do  $^{10}\text{B}$ , excitados com radiação gama proveniente de uma fonte gama de  $^{137}\text{Cs}$ .

A Figura 3 ilustra a resposta do detector plástico cintilador com a película do  $^{10}\text{B}$ , medindo a radiação de fundo do laboratório. Como pode ser observado na Fig. 3 o detector de nêutrons desenvolvido é pouco sensível à radiação de baixa atividade. O nível de radiação de fundo no laboratório, não interferiu na região energética dos sinais produzidos pelas interações com nêutrons.

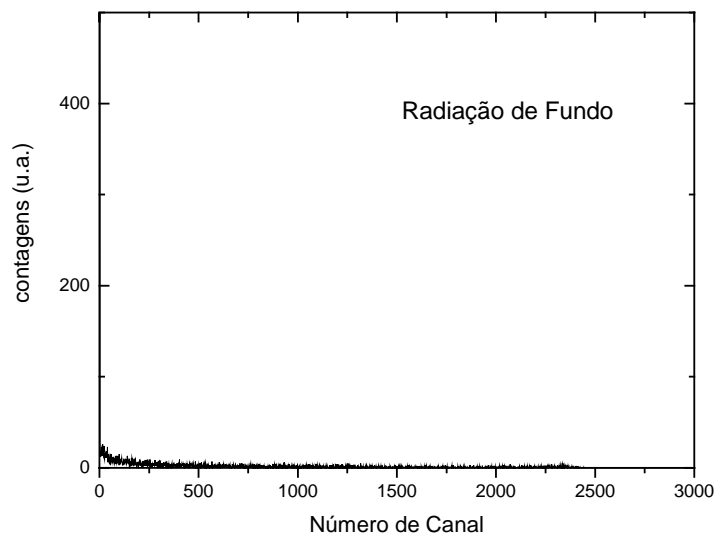


Figura 3 (c) – medidas da radiação de fundo utilizando detector plástico cintilador, com solução de B

#### 4. CONCLUSÃO

O detector desenvolvido constituído de plástico cintilador revestido por uma película de  $^{10}\text{B}$  depositado numa chapa metálica mostrou-se adequado para sua utilização nas medidas de nêutrons

#### AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa (CNPq/PIBIC – Edital CNPq 05/2004).

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. NORMAND, S.; MOUANDA, B.; HAAN, S.; LOUVEL, M. Study of a new boron loaded plastic scintillator *IEEE. TRANS. NUCL. SCI.*, VOL.49(2), PP. 577-582, 2002.
2. MADI FILHO, T. **Desenvolvimento de detector de nêutrons usando sensor tipo barreira de superfície com conversor (n,p) e conversor (n, $\alpha$ )**. São Paulo: 1999. Tese de Doutorado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
3. LEMEILLEUR, F.: GLASER, M.; HEIJNE, E.H.M.; JARRON, P. and OCCRELLI, E. Neutron-induced radiation damage in silicon detectors. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, v.39(4), p. 551-557, 1992.
4. TANARRO, A.S. *Instrumentacion Nuclear*. Servicio de Publicaciones de La J.E.N.. Madrid 1970.