

FONTE PORTÁTIL DE RADIAÇÃO GAMA DE CAPTURA DE NÊUTRONS COM ENERGIAS ENTRE 1 E 8,5 MeV PARA CALIBRAÇÃO DE DETECTORES

Marco Antonio P.V. de Moraes*, Tufic Madi Filho*,
José Roberto Berretta* e Mário Monteiro Morgado**

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049 - Pinheiros - São Paulo - Brasil

**Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cid. Universitária Cep.: 05508-900 - São Paulo/SP.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi a montagem de uma fonte portátil de radiação gama de captura de nêutrons na faixa de energia compreendida entre 1 e 8,5 MeV, visando sua aplicação na calibração em energia e eficiência relativa de detectores semicondutores de cristal de germânio. Normalmente são usadas para a calibração desses detectores, na faixa de energia superiores a 3,5 MeV, reações nucleares do tipo: (n, γ) ou do tipo (p, γ) que necessitam respectivamente de um fluxo de nêutrons de reatores nucleares e de aceleradores de partículas, devido a escassez de outras fontes gama nessa faixa de alta energia. Neste trabalho foi utilizada radiação gama de captura de nêutrons provenientes da reação nuclear $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$, que apresenta uma secção de choque de 43 barns para nêutrons térmicos. O material alvo para a obtenção desta reação foi o cloro contido no material cloreto de polivinil (PVC). As principais linhas gama obtidas através desta reação são: 787,0; 1164,9; 1601,1; 2863,8; 3061,8; 4979,8; 5715,2; 6977,8; 7414,0 e 8578,6 keV. A fonte de nêutrons utilizada é do tipo AmBe, posicionada em um arranjo contendo grafite e água para a moderação dos nêutrons.

INTRODUÇÃO

A calibração em energia e eficiência de detectores gama para energias superiores a 3,5 MeV se faz necessária em estudos relativos a medidas de nuclídeos de meia vida muito curta [1], e também em estudos relacionados a medidas de secções de choque de fotoabsorção [2,3]. Nesta faixa de energia é difícil a obtenção de fontes gama radioativas comerciais. As maneiras usuais para a obtenção destas energias gama são através de um feixe de nêutrons obtidos em reatores nucleares ou de prótons, obtidos em aceleradores, provocando as seguintes reações nucleares convencionais: $^{15}\text{N}(n,\gamma)^{16}\text{N}$, $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$, $^{23}\text{Na}(p,\gamma)^{24}\text{Mg}$, $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$.

O objetivo do presente trabalho foi a montagem de uma fonte portátil de radiação gama de captura de

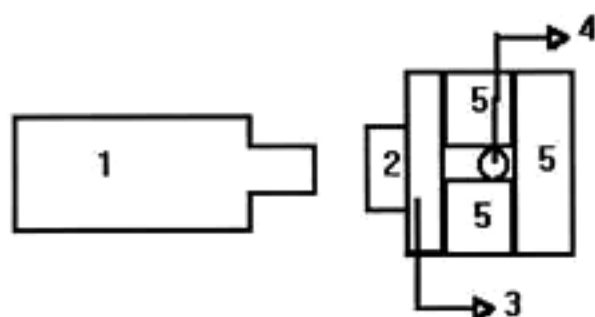
nêutrons na faixa de energia compreendida entre 1 e 8,5 MeV visando sua aplicação na calibração em energia e eficiência relativa de detectores semicondutores de cristal de germânio.

METODOLOGIA

O arranjo experimental utilizado pode ser observado na Figura 1. O alvo é um tarugo de PVC, com raio de 205 mm e espessura de 110 mm. Neste alvo a radiação gama de captura de nêutrons é produzida através da reação $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$, que apresenta uma secção de choque de 43 barns, para nêutrons térmicos, cerca de 500 vezes maior que a secção de choque para a reação $^{15}\text{N}(n,\gamma)^{16}\text{N}$ [4], normalmente utilizada para calibração em altas energias. O fluxo de nêutrons

utilizado foi proveniente de uma fonte convencional de AmBe. Esta fonte por reação (α, n) produz nêutrons rápidos da ordem de 10^6 n/s em 4π [5]. Na montagem da fonte portátil foram usados cubos de grafite nuclearmente puros, de 100 mm de aresta como refletores de nêutrons. Uma camada de água de 50 mm de espessura, foi usada como moderador de nêutrons, obtendo assim, uma taxa de reação suficiente para a detecção do espectro gama da reação $^{35}\text{Cl}(n, \gamma)^{36}\text{Cl}$.

Para a espectrometria gama foi utilizado um detector de cristal de germânio puro (HPGe) e eletrônica associada: pré-amplificador, amplificador e multicanal todos da marca ORTEC.



LEGENDA:

- 1 - Detector HPGe;
- 2 - Tarugo de PVC (205 mm x 110 mm);
- 3 - Reservatório de Alumínio contendo Água;
- 4 - Fonte de AmBe;
- 5 - Blocos de Grafite Refletores de Nêutrons.

FIGURA 1 - Esquema do arranjo experimental para a obtenção da radiação gama de captura de nêutrons de 1 e 8,5 MeV.

O peso total desta fonte portátil, incluindo todos materiais de moderação e refletores de nêutrons é de aproximadamente 10 kg.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

O espectro da radiação gama de captura de nêutrons obtido com a utilização do alvo de PVC, durante um tempo de contagem de 1800 s está mostrado na Figura 2.

Os picos mais intensos foram numerados de 1 a 23, para facilitar a identificação, da calibração canal/energia compreendendo: 118,2 keV para o canal 0 e 10820 keV para o canal 4095. A devida identificação destes picos pode ser observada na tabela 1, que mostra também as energias mais intensas da reação (n, γ) com o cloro, suas intensidades relativas e comentários a respeito destes picos.

Não foi obtida resolução para a distinção do pico de 517 keV, estando pois sobreposto com o pico de 511 keV, representado pelo pico número 1.

O pico número 5 corresponde a energia de 2223,247 keV, e é proveniente da reação $^1\text{H}(n, \gamma)^2\text{H}$ [5].

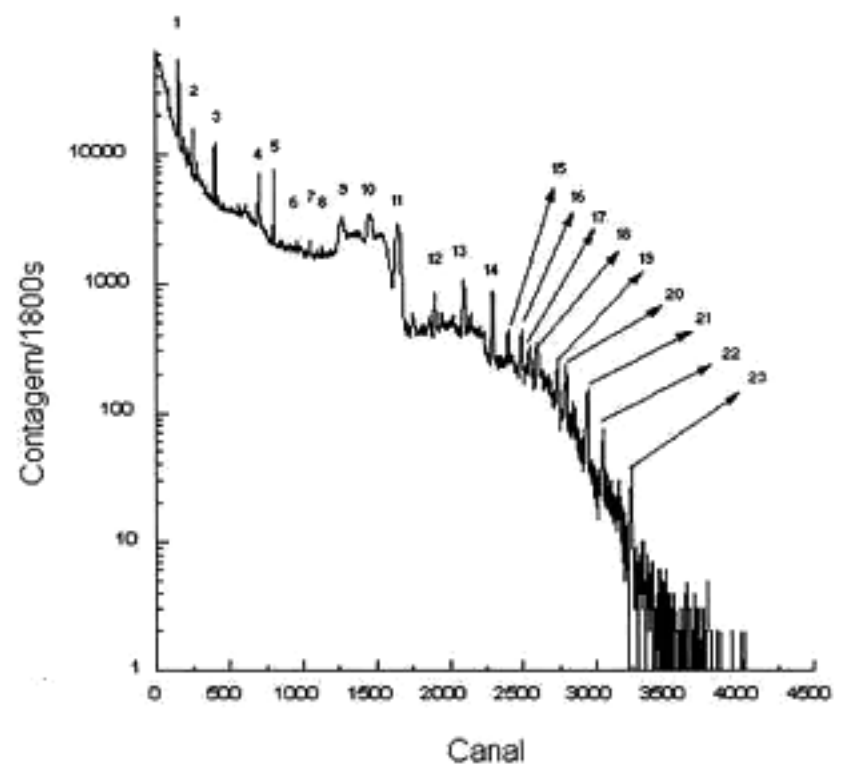


FIGURA 2 - Espectro gama obtido com a irradiação do alvo de PVC no arranjo experimental, durante 1800 s.

TABELA 1 - Picos da reação $^{35}\text{Cl}(n, \gamma)^{36}\text{Cl}$ utilizados para calibração em energia e eficiência (*), além de picos adicionais de primeiro e segundo escape.

Número do Pico	Fotopico [4] (keV)	Intensidade [4] (%)	Tipo de Escape
1	517,077	23,4	
2*	786,303	11,2	
	788,433	16,9	
3*	1164,870	27,7	
	1601,078	3,48	
4*	1951,146	20,2	
	1959,355	12,9	
7*	2863,835	6,55	
8	3061,845	3,88	
12	4979,757	3,60	1 e 2
14*	5715,236	5,60	1 e 2
15*	6110,840	20,2	2
16*	6619,615	7,80	
	6627,823	4,83	
18	6977,838	2,32	1 e 2
20*	7413,970	10,4	1 e 2
21*	7790,334	8,48	1 e 2
23*	8578,583	2,78	1 e 2

Com os valores líquidos de contagens obtidos nos fotopicos das energias assinaladas na Tabela 1 foi construída uma curva de eficiência relativa (Figura 5) para o detector gama utilizado, considerando a geometria empregada e as intensidades gama relativas da mesma tabela. Os picos considerados para a obtenção desta curva foram os de número: 2, 3, 4, 7, 14, 15, 16, 20, 21 e 23. Os picos de número 8, 12 e 18 representam também energias da reação, porém as suas intensidades foram muito baixas a ponto de serem desconsiderados. Os valores obtidos para estas eficiências relativas se encontram na Tabela 2.

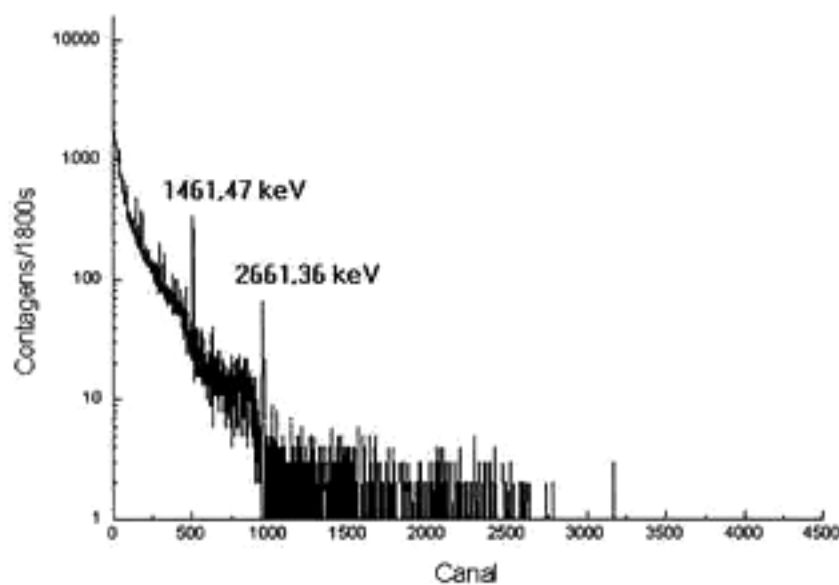


FIGURA 3 - Espectro da radiação de fundo gama, obtido com o arranjo experimental.

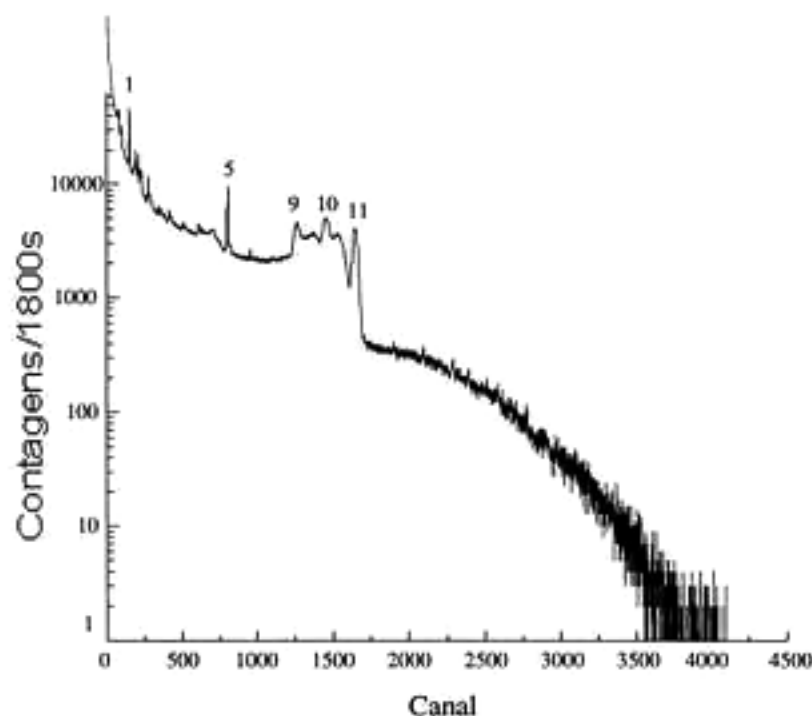


FIGURA 4 - Espectro da radiação de fundo gama, obtido com o arranjo experimental, com a fonte de nêutrons, sem o alvo de PVC.

É importante destacar que alguns picos selecionados representam o "single escape", como é o

caso dos picos 22 (23), 19 (21) e do 13(15), e o "double escape" como é o caso do pico 17 (21).

Os resultados apresentados mostraram a viabilidade do uso da fonte portátil de radiação gama de captura de nêutrons aqui descrita.

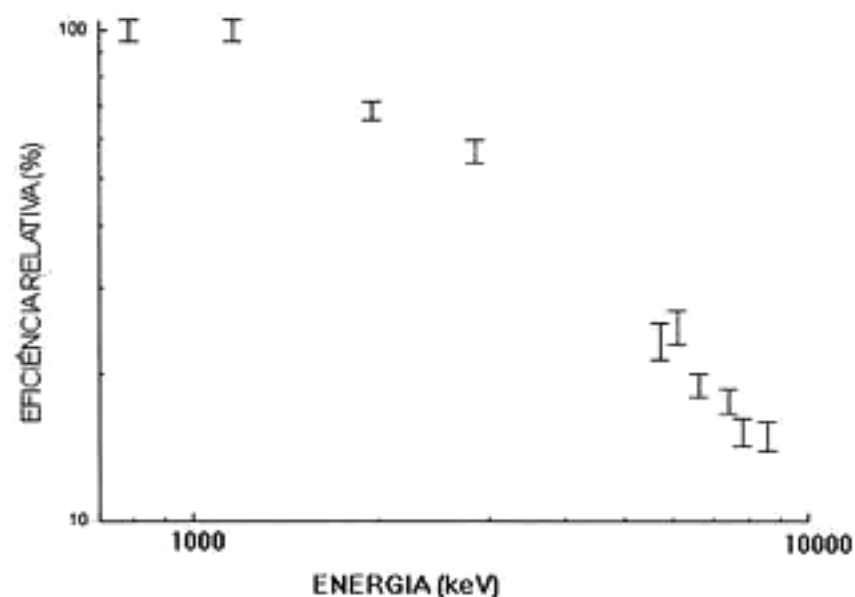


FIGURA 5 - Eficiência relativa para um detector HPGe.

TABELA 2 - Valores das eficiências relativas calculadas para o detector HPGe em função da energia gama incidente.

Número do Pico	Energia Média (keV)	Contagem no Fotopico.	Eficiência Relativa (%)
2	787	26982 ± 165	100,0 ± 5
3	1164	26543 ± 163	99,8 ± 5
4	1955	21764 ± 148	68,5 ± 3
7	2864	3552 ± 60	56,5 ± 3
14	5715	1229 ± 35	23,3 ± 2
15	6112	4805 ± 69	24,8 ± 2
16	6625	2295 ± 48	18,9 ± 1
20	7413	1743 ± 42	17,5 ± 1
21	7790	1299 ± 36	15,2 ± 1
23	8578	403 ± 20	14,9 ± 1

ABSTRACT

A portable prompt gamma ray source with consists of a AmBe neutron source and polyvinyl-chloride target (PVC) set in a graphite and water moderator has been used for energy and relative efficiency calibration of a HPGe semiconductor detector, in the energy range from 1 to 8.5 MeV. These gamma rays come from the $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$ reaction on the target.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ikuta, T., et al., **Nuclear Instruments and Methods A323**, pg.: 697-699, 1992.
- [2] Semmler R., **Montagem e Calibração de um novo Arranjo Experimental para a Produção e Utilização de Radiação Gama de Captura de Nêutrons** - Tese de Mestrado - IPEN/CNEN-SP, 1993.
- [3] Moraes, M. A. P. V., **Reações Fotonucleares Induzidas por Radiação Gama de Captura de Nêutrons Térmicos nos Núcleos de ^{233}U e ^{239}Pu , junto ao Limiar** - Tese de Mestrado - IPEN/CNEN-SP, 1990.
- [4] Krusche, B. et al., **Nucl. Physic.** A386, pg 245, 1982.
- [5] Knoll, G. F. , **Radiation Detection and Measurement**, John Wiley e Sons - Michigan, Second Edition, 1989.