

**DOSÍMETRO TERMOLUMINESCENTE SÓLIDO DE TETRABORATO DE SÓDIO E
FLUORITA BRASILEIRA SENSÍVEL A NÊUTROS TÉRMICOS**

Luciano Fratin e Marília Teixeira da Cruz
Instituto de Física - USP

INTRODUÇÃO

A detenção de nêutrons é sempre feita por processos in diretos, tais como: a observação de prótons de recuo, os processos de ativação de folhas metálicas, ou a ionização produzido por elementos produtos de reações nucleares (1).

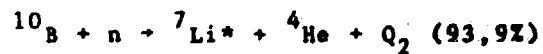
Neste trabalho descreve-se um dosímetro termoluminescente sólido de tetraborato de sódio e fluorita brasileira sensível a nêutrons térmicos.

As reações nucleares



$$Q_1 = 2,79 \text{ MeV}$$

$$E_{\alpha_1} = 1,758 \text{ MeV} \quad (1)$$



$$Q_2 = 2,316 \text{ MeV}$$

$$E_{\alpha_2} = 1,474 \text{ MeV} \quad (2)$$

são as responsáveis pela resposta TL dos dosímetros dos nêutrons térmicos (2), (3), (4).

Os demais elementos constituintes do dosímetro, especialmente o Ca, o F, o Na e o O apresentam secção de choque de interação com nêutrons desprezíveis, quando comparadas com as descritas acima.

PRODUÇÃO DOS DOSÍMETROS SÓLIDOS TERMOLUMINESCENTES E SENSÍVEIS A NÊUTRONS TÉRMICOS

No processo de fabricação desses dosímetros estão envolvidas as seguintes etapas:

a) Vitrificação do tetraborato de sódio

Esta etapa do processo é necessária, pois o tetraborato de sódio é higroscópico mesmo na forma anidra. A vitrificação é obtida pela fusão da substância a 741°C , seguida pelo seu resfriamento à temperatura ambiente ao ser despejada em uma placa metálica.

b) Mistura e prensagem a frio

O tetraborato de sódio vítreo é triturado e peneirado. O pó resultante é adicionado, nas proporções desejadas, ao pó de fluorita, ambos na mesma granulação. Para se obter uma boa mistura dos pós, eles são colocados por 24 horas num misturador. A mistura obtida é submetida a 4 toneladas força/cm², num pastilhador, resultando em pastilhas de 5,00 mm de diâmetro e 0,65 mm de espessura.

c) Sinterização

Para aumentar a rigidez e durabilidade das pastilhas, diminuindo ainda mais a higroscopicidade, processa-se uma sinterização que consiste em levar as pastilhas prensadas a frio a uma temperatura pouco abaixo do ponto de fusão do tetraborato de sódio durante um tempo aproximado de 30 segundos. As pastilhas resultantes têm excelente resistência física e preservam suas características termoluminescentes.

A primeira pastilha produzida, de CaF_2 : natural e $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, que apresentou claramente sensibilidade a nêutrons térmicos, obedeceu à proporção de 30% de CaF_2 e 70% de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ em massa. Essa pastilha foi denominada Bo-70- Porém, sua sensibilidade situa-se próxima do limite inferior de detecção dos instrumentos disponíveis no Laboratório de Dosimetria. Seria conveniente aumentar a sensibilidade do dosímetro.

Sabe-se que o isótopo ^{10}B absorve um nêutron térmico

e emite uma partícula alfa como descrito nas reações 1 e 2. É esta partícula alfa que induz a termoluminescência na fluorita.

Sabe-se também, que tal sensibilidade pode passar desa percebida se a granulação das substâncias que compõem o dosímetro não for adequada, pois as partículas alfa têm alcance muito reduzido (5) (6) (no caso aproximadamente 10 micra). Assim, trabalhou-se com substâncias de pequena granulação (menor ou igual a 37 micra).

Analisando-se também a distribuição do número de grãos de cada substância que compõe a pastilha, bem como o acesso das partículas alfa, produzidas num grão de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ aos grãos de CaF_2 , conclui-se que uma mistura de 50% em grãos de cada componente poderia ser mais apropriada. Essa mistura corresponde a 57% de CaF_2 e 43% de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ em massa.

Foi então, confeccionada uma pastilha contendo essa mistura, denominada Bo-5, cuja sensibilidade a nêutrons térmicos foi realmente superior.

OBTENÇÃO DE UM DOSÍMETRO DE CaF_2 :NATURAL COM NaCl QUE APRESENTE SENSIBILIDADE À RADIAÇÃO GAMA SIMILAR ÀQUELA APRESENTADA PELOS DOSÍMETROS DE CaF_2 :NATURAL COM $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Os dosímetros termoluminescentes (TLDs) são sensíveis à radiação gama e esta está sempre presente num campo neutrônico, interferindo na detecção. Sendo assim se faz necessário obter um dosímetro sensível apenas à radiação gama cuja sensibilidade seja similar à da pastilha sensível a nêutrons térmicos.

Produziram-se pastilhas de fluorita com NaCl (7) em proporções diversas, que apresentaram as sensibilidades relativas mostradas na Figura 1.

Observou-se que os TLDs compostos pelas misturas 25% de CaF_2 e 75% de NaCl e 30% de CaF_2 e 70% de NaCl , denominados aqui Na-75 e Na-70 respectivamente, apresentam aproximadamente o dobro da sensibilidade à radiação gama dos dosímetros Bo-70, que por sua vez têm aproximadamente metade da sensibilidade à radiação gama dos dosímetros Bo-5.

Faz-se ainda necessário que a sensibilidade similar à

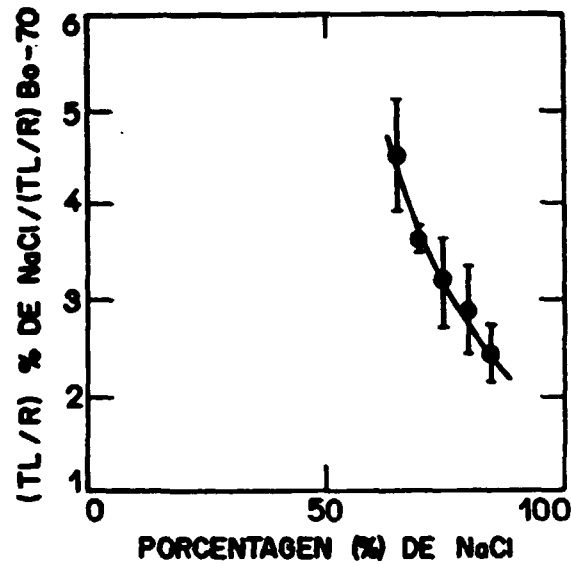


Figura 1. Razão da sensibilidade à radiação gama (TL/R, termoluminescência por exposição) de pastilhas de diversas proporções de CaF_2 :natural e NaCl pela sensibilidade gama (TL/R) da pastilha Bo-70, 30% de CaF_2 com 70% de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. A granulação dos pós que compõem as misturas dos TLDs é de 37 micra. As razões foram tomadas na energia de Co-60.

radiação gama das duas pastilhas seja válida tanto na região de baixa energia quanto na região de alta energia (7). As curvas de dependência energética dos dosímetros de interesse podem ser vistas na Figura 2.

IRRADIAÇÃO COM NÊUTRONS

O arranjo experimental montado para irradiação com nêutrons está esquematizado na Figura 3. Tal arranjo permite evidenciar a resposta à componente neutrônica do campo, pois os dosímetros sensíveis apenas à radiação gama apresentam a razão das respostas termoluminescentes na situação parafina/TLD/parafina

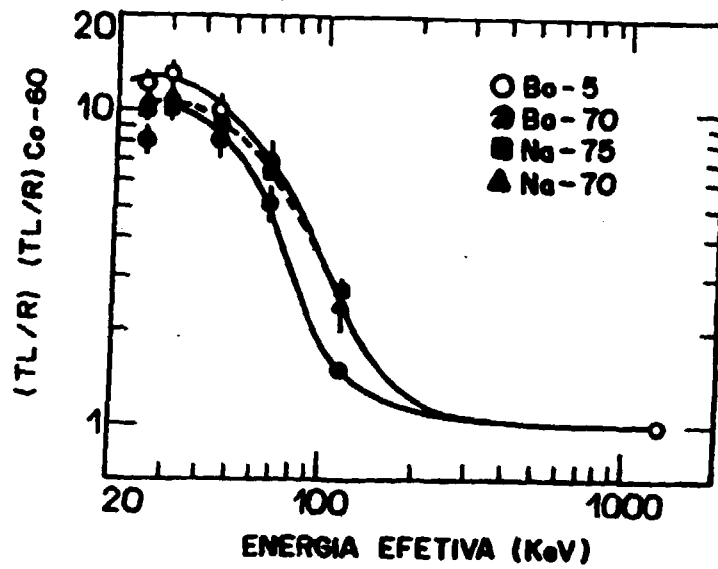


Figura 2. Curva de dependência energética das pastilhas normalizadas no Co-60.

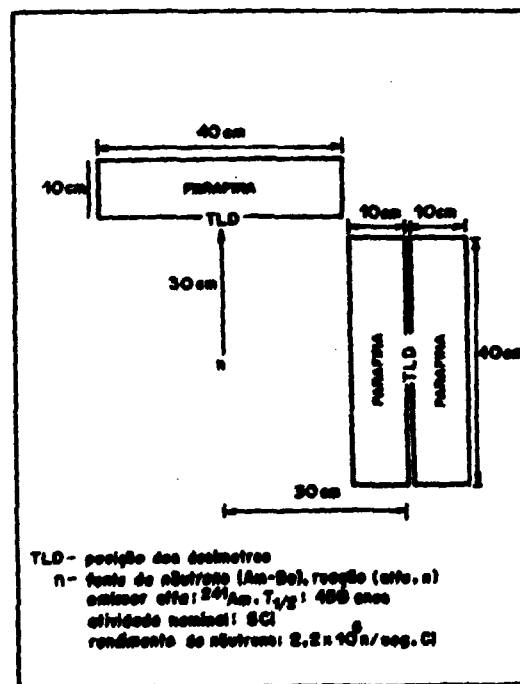


Figura 3. Esquema do arranjo experimental utilizado para verificar a sensibilidade dos TLDs a nêutros térmicos

pela situação TLD/parafina, inferior a 1, enquanto que os sensíveis também aos nêutrons térmicos poderão apresentar razões maiores devido à termalização dos nêutrons pela parafina.

Para evidenciar ainda mais a resposta à componente neutrônica do campo, colocou-se, numa irradiação posterior um castelo de Pb, com espessura de 2,9 mm, envolvendo a fonte de Am-Be. A blindagem da fonte de nêutrons permitiu praticamente eliminar a radiação gama de 66 keV proveniente da interação das partículas alfa do Am com o Be, diminuindo assim a resposta total dos dosímetros e evidenciar melhor a sensibilidade aos nêutrons. Deve-se lembrar o fato de que a componente neutrônica do campo é menos afetada pela blindagem de Pb. A tabela 1 mostra os resultados de irradiação em nêutrons com e sem blindagem de Pb para a fonte de Am-Be.

TLD	Razão (TL) paraf./TLD/paraf. TLD/paraf.	Razão (TL) paraf./TLD/paraf. TLD/paraf. Fonte Am-Be em um castelo de chumbo
30%CaF ₂ .70%Na ₂ B ₄ O ₇ Bo-70	(1,2 ± 0,3)	(2,7 ± 0,9)
57%CaF ₂ .43%Na ₂ B ₄ O ₇ Bo-5	(0,9 ± 0,2)	(2,9 ± 0,2)
30%CaF ₂ .70%NaCl Na-70	(0,98 ± 0,09)	(0,91 ± 0,08)
25%CaF ₂ .75%NaCl Na-75	(0,86 ± 0,09)	(1,0 ± 0,1)
60%CaF ₂ .40%NaCl Rotina	(0,7 ± 0,1)	(0,9 ± 0,1)

TABELA 1. Teste de sensibilidade a nêutrons térmicos baseado na razão das respostas (parafina/TLD/parafina)/(TLD/parafina) a partir do arranjo esquematizado na fig. 1. Na segunda coluna os dados referem-se à situação em que a fonte Am-Be foi colocada num castelo de chumbo que reduz sensivelmente o gama de 66 keV emitido por ela.

A Figura 4 mostra resultados preliminares da variação da resposta dos dosímetros Bo-70 em função da fluência de nêutrons. Cumpre salientar que o cálculo dessa fluência foi feito a partir do fluxo de nêutrons emitidos pela fonte (fornecida pelo fabricante) levando-se em conta apenas a lei do inverso do quadrado da distância. Sabe-se portanto que esses valores não correspondem a um valor real da fluência que inclui também a componente espalhada do campo. Eles foram colocados apenas como uma referência grosseira e serão melhor definidos tão logo se disponha de instalações mais adequadas para as irradiações.

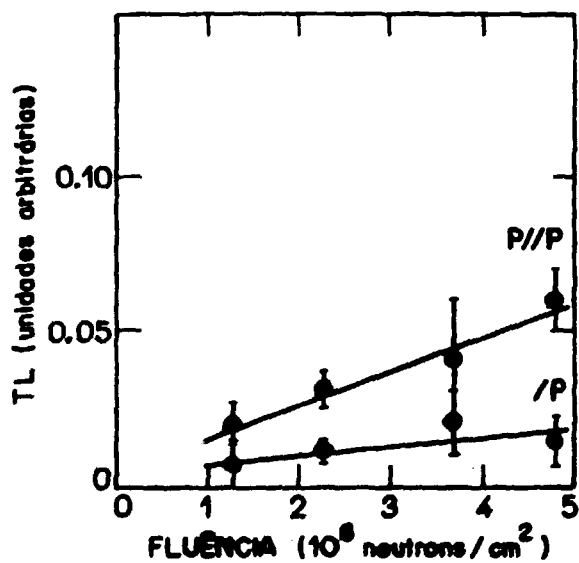


Figura 4. Resposta TL das pastilhas de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ em função da fluência de nêutrons (P//P:parafina/fósforo/parafina e P/fósforo/parafina)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ING, H.; PIESCH, E. editors: Neutron Dosimetry in Radiation Protection; Radiation Protection Dosimetry 10 (1985) No. 1 4, Published by Nuclear Technology Publishing.
- (2) HUGHES, D.J.; SCHWARTZ, R.B.: Neutron Cross Sections; BNL - 325 2nd ed. (1958)
- (3) BECKURTS, K.H.; WIRTZ, K.: Neutron Physics; Springer - Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, New York (1964)
- (4) KAPLAN, I.: Física Nuclear; Guanabara Dois S.A. Rio de Janeiro, (1978) p. 264-265.
- (5) JESSE, W.P., SADAUSKI, J.: The Range-Energy Curves for Alpha Particles and Protons; Phys. Review 78 (1950)
- (6) BETHE, H.A.: The Range-Energy Relation for Slow Alpha Particles and Protons in Air; Reviews of Modern Phys. 22(1950) 213.
- (7) TRZESNIAK, P.: Dosímetros Termoluminescentes Sólidos à Base de Fluorita Natural (Dissertação de Mestrado); Instituto de Física da Universidade de São Paulo (1985)