

DESENVOLVIMENTO DO DOSÍMETRO SÓLIDO TERMOLUMINESCENTE DE  $MgB_4O_7:Dy$   
PARA UTILIZAÇÃO EM DOSIMETRIA DE NÊUTRONS TÉRMICOS

A. J. Potiens Jr.; L. L. Campos e A. S. Todo

Serviço de Calibração e Dosimetria  
IPEN - CNEN / SP

RESUMO

Este trabalho faz parte da pesquisa de novos materiais TL para uso em monitoração de nêutrons. O objetivo é desenvolver o fósforo termoluminescente Tetraborato de Magnésio dopado com Disprósio ( $MgB_4O_7:Dy$ ), que contém Boro, cujo isótopo  $^{10}B$  possui alta seção de choque para nêutrons térmicos através da reação  $^{10}B(n,\alpha)^7Li$ . Os parâmetros estudados neste trabalho são: concentração de ácido nítrico, número de lavagens para eliminação do ácido bórico em excesso, granulação do pó de  $MgB_4O_7:Dy$ , porcentagem de teflon utilizada como agregante e reprodutibilidade da resposta TL.

INTRODUÇÃO

Com o progressivo aumento de instalações nucleares e a utilização cada vez maior da radiação de nêutrons em tratamentos radioterápicos o interesse pela dosimetria pessoal de nêutrons tem aumentado em todo mundo.

A maior dificuldade encontrada na área é a de desenvolver um detector que possa ser utilizado junto ao corpo do trabalhador e que seja de pequeno porte.

Por outro lado, os nêutrons por serem partículas não carregadas são de difícil detecção pois não causam ionização direta como as partículas carregadas. A ionização é causada de maneira indireta via interações nucleares com outros núcleos.

Existem diversos tipos de dosímetros em uso baseados em diferentes técnicas de detecção de nêutrons como os filmes fotográficos, emulsões nucleares, eletretos, detectores sólidos de traços nucleares, câmaras de bolhas superaquecidas, dosímetros termoluminescentes e outros[1,2,5].

Nos últimos anos, muitos pesquisadores estão trabalhando no desenvolvimento de dosímetros termoluminescentes (TLD) por apresentarem vantagens, tais como[4]:

- tamanho reduzido;
- sistema de leitura simples e rápido;
- produção relativamente simples e barata;

- possibilidade de utilizá-lo várias vezes sem comprometer o resultado.

PRODUÇÃO DO  $MgB_4O_7:Dy$

O  $MgB_4O_7:Dy$  é produzido misturando-se óxido de magnésio ( $MgO$ ) ao ácido bórico ( $H_3BO_3$ ). A reação ocorre pela via úmida em meio ácido (ácido nítrico diluído)[3]. O material é seco em uma estufa cirúrgica, fundido em um cadinho de platina, triturado e peneirado.

A sensibilidade de um fósforo TL à radiação depende de sua granulação[7], diminuindo com a redução do tamanho dos grãos. Outro fator a ser considerado é a facilidade de se identificar uma granulação e de se obter uma mistura homogênea.

As granulações escolhidas foram:

- entre 74 e 174  $\mu m$ ;
- entre 37 e 74  $\mu m$ .

As granulações do fósforo foram escolhidas levando-se em conta o trabalho realizado por Szabó[6], onde os grãos com tamanho entre 74 e 174  $\mu m$  apresentam melhor resultado na sensibilidade à radiação gama. Para a granulação entre 37 e 74  $\mu m$  levou-se em conta o fato de que são as partículas alfa produzidas na reação (n, $\alpha$ ) no boro que vão ionizar o fósforo quando da irradiação com nêutrons térmicos, considerando o curto alcance das mesmas.

Após isso, o fósforo resultante, nas diferentes granulações, é lavado com água destilada, seco e tratado com a finalidade de sensibilizar e estabilizar as propriedades termoluminescentes. O processo de lavagem se faz necessário para eliminar o ácido bórico colocado em excesso para garantir que todo óxido de magnésio reaja.

Para facilitar as condições de irradiação e leitura, o pó é compactado em forma de pastilhas. Para se obter uma pastilha resistente, o pó é misturado com teflon que tem a função de agregante. Quanto maior a quantidade de teflon na mistura, maior é a resistência mecânica das pastilhas, porém perde-se em sensibilidade. Uma vez

compactadas, as pastilhas são submetidas à sinterização que consiste de tratamento térmico a temperaturas adequadas.

Para que uma pastilha possa ser utilizada repetidas vezes é necessário que as propriedades termoluminescentes se mantenham de uma irradiação para outra. Para isso é conveniente submeter as pastilhas a um tratamento térmico antes da irradiação.

Estudou-se nesse trabalho diferentes tempos de tratamento térmico à temperatura de 300 °C. Os tempos escolhidos são: 15, 30, 60 e 180 minutos.

#### MATERIAIS E METODOS

##### Reagentes

As amostras utilizadas contêm 50 mg de massa e são obtidas a partir dos seguintes reagentes:

- H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> da Merck;
- MgO da Merck;
- Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub> da Research Chemicals;
- HNO<sub>3</sub> P. A. da Reagen.

##### Irradiações

As irradiações com radiação gama foram realizadas utilizando-se fontes de <sup>137</sup>Cs (3,7 GBq) e <sup>60</sup>Co (15 TBq).

As irradiações com nêutrons foram realizadas no IF/USP utilizando-se uma fonte de <sup>241</sup>Am-Be de 5 Ci. A distância entre o centro geométrico da fonte e as amostras foi fixada em 30 cm, utilizando-se um moderador de 10 cm de parafina e um filtro de 3 mm de chumbo para eliminar a radiação gama de baixa energia.

Obs.: As irradiações com radiação gama foram efetuadas sob condições de equilíbrio eletrônico, utilizando-se 3 mm de lucite.

##### Leitura TL

As leituras TL foram efetuadas imediatamente após o término da irradiação utilizando-se um aparelho leitor Harshaw modelo 2000 -AB.

Todos os resultados apresentados são expressos pelo valor médio das leituras e pelos respectivos desvios padrão da média.

#### RESULTADOS E CONCLUSÕES

Analisando os resultados das respostas TL de amostras produzidas com diferentes concentrações de ácido nítrico diluído apresentados na tabela 1, observa-se que a concentração do solvente (HNO<sub>3</sub>:água destilada) de (1:9) corresponde às amostras com maior sensibilidade.

Tabela 1  
Resposta TL em função da concentração do solvente

Conc. do Solvente	Resposta TL (nC)
( 4 : 1 )	26,12 ± 2,28
( 1 : 4 )	28,75 ± 0,51
( 1 : 9 )	33,16 ± 0,88

Foi testada a reprodutibilidade TL das pastilhas puras, ou seja, sem teflon. Os resultados são mostrados na Figura 1.

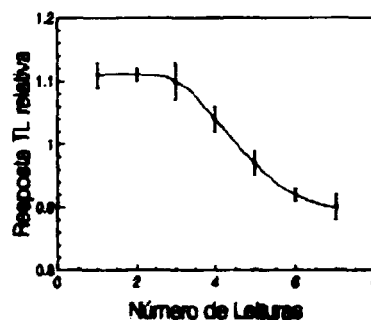


Figura 1 - Reprodutibilidade TL das pastilhas sem teflon.

Analisando o gráfico observou-se que os primeiros resultados mantêm-se reprodutíveis, mas à medida que as pastilhas são reutilizadas verifica-se uma diminuição na resposta termoluminescente. Pode-se atribuir essa diminuição ao fato das pastilhas puras perderem massa durante o manuseio em virtude de serem frágeis.

As medidas realizadas com pastilhas de diferentes granulações do fósforo são apresentadas nas Figuras 2 e 3.

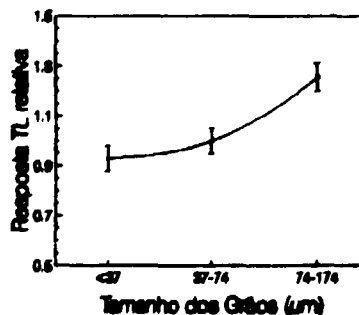


Figura 2 - Resposta TL para radiação gama em função do tamanho de grãos.

Analisando os resultados observou-se que as pastilhas com tamanho de grãos entre 74 e 174 µm se mostraram mais sensíveis.

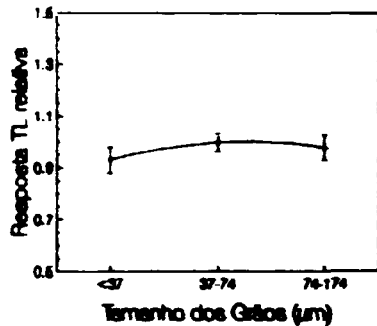


Figura 3 - Resposta TL para nêutrons térmicos em função do tamanho de grãos.

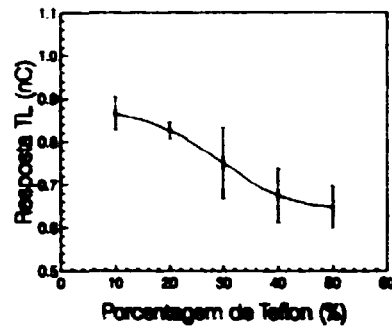


Figura 6 - Resposta TL para nêutrons térmicos em função da quantidade de teflon.

Os resultados obtidos na definição do número de lavagens necessárias para eliminar o ácido bórico são apresentados na Figura 4.

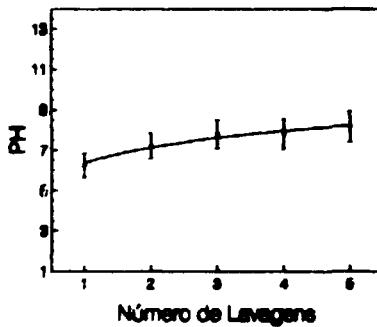


Figura 4 - PH da água utilizada para lavar o pó de  $MgB_4O_7:Dy$  em função do número de lavagens.

Com relação à adição de teflon ao pó de  $MgB_4O_7:Dy$  para que se obtenha boa resistência mecânica das pastilhas, foram realizados testes de sensibilidade tanto à radiação  $\gamma$  quanto à radiação de nêutrons, obtendo-se os resultados mostrados nas Figuras 5 e 6.

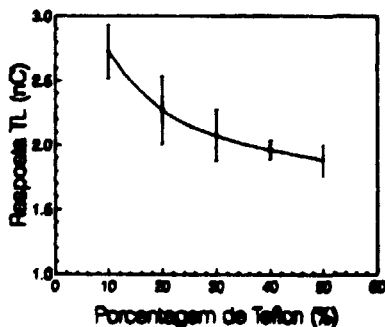


Figura 5 - Resposta TL para radiação gama em função da quantidade de teflon.

Analisando os resultados e considerando um

compromisso entre sensibilidade termoluminescente e resistência mecânica das pastilhas, optou-se pela adição de 40 % de teflon ao pó de  $MgB_4O_7:Dy$ . Essa composição será utilizada na produção das pastilhas.

Os resultados da reprodutibilidade do tratamento térmico são mostrados na Figura 7.

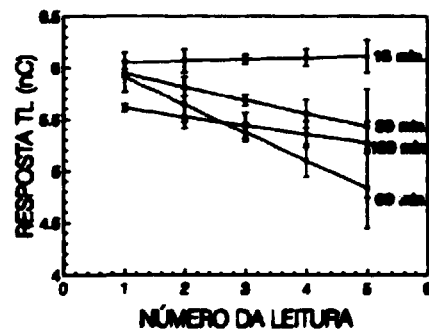


Figura 7 - Resposta TL em função do número de leituras para diferentes tratamentos térmicos.

Tabela 2  
Coeficientes angulares das retas da Figura 7

Tratamento Térmico	Coefficiente Angular
300°C/15 min.	0,016
300 °C/30 min.	-0,129
300 °C/60 min.	-0,271
300 °C/180 min.	-0,085

Analisando as curvas e verificando os coeficientes angulares das retas mostrados na Tabela 2, coeficientes estes que vão mostrar o grau de inclinação da reta, concluímos que o melhor tratamento térmico

para reutilização das pastilhas de  $MgB_4O_7:Dy$  é 300 °C/15 min. Quanto mais próximo de zero estiver o coeficiente, menor a inclinação e então melhor a reprodutibilidade da leitura.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BECKER, R.; CRASE, K. W. "A sensitive integrating fast dosimeter based on TSSE". *Nucl. Inst. Meth.*, 82 : 297, 1980.
- 2 - CAMPOS, L. L.; SUAREZ, G. G.; MASCARENHAS, S. "A new electret dosimeter for fast neutrons". *Health Physics*, 43 : 731, 1982.
- 3 - LAKSHMANAN, A.R.; CHANDRA, B.; PRADHAN, A.S. and BHATT, R.C. "Development of  $MgB_4O_7:Dy$  TLD Phosphor". *Radiochem. Radioanal. Letters*, 37 (6): 377-382, 1979.
- 4 - MEREDITH, W. J. e MASSEY, J. B. "Fundamental Physics of Radiology", 3rd edition. *Year Book Medical Publishers, Inc.*, 1976.
- 5 - SMITH, J. W. "Personal Dosimetry for Neutrons" *AERE*, Inglaterra, R 5125 (HMSO), 1966.
- 6 - SZABÓ, P.P.; PRADHAN, A.S. and CHANDRA, B. "Some Dosimetric Parameters of  $MgB_4O_7:Dy$  Sintered Pellets and  $CaSO_4:Dy$  Teflon Discs - A Comparative Study". *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, 35(5) : 415-417, 1984.
- 7 - ZANELLI, G. D. "The Effect of Particle Size on the Thermoluminescence of Lithium Fluoride". *Phys. Med. Biol.*, 13 : 393-399, 1968.

#### ENDEREÇO PARA CONTACTO

Ademar José Potiens Júnior  
IPEN - CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
CEP 05499 - 900  
São Paulo - SP - Brasil  
Fone : (011) 211-6011 R. 1560