

DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA E ANGULAR DE MATERIAIS TERMOLUMINESCENTES PARA MONITORAÇÃO BETA

Cecatti, S.G.P.^{1,2} e Caldas, Linda, V.E.²

¹FUNDACENTRO, Ministério do Trabalho e Emprego, São Paulo, SP, Brasil.

²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN, São Paulo, SP, Brasil.

Resumo

O objetivo deste trabalho é estudar a dependência energética e angular de diferentes materiais termoluminescentes (TL) para uma escolha adequada do material a ser utilizado na monitoração de trabalhadores envolvidos com a radiação beta. Três tipos de pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon foram estudadas. A dependência energética foi verificada utilizando-se fontes padrão de radiação beta (^{147}Pm , ^{204}Tl e $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$). A dependência angular foi verificada irradiando-se as amostras com feixe de radiação beta do $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, variando-se o ângulo de incidência entre 0° e 90° . As amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon (50 mg) e de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon (20 mg) apresentaram praticamente a mesma alta dependência energética, enquanto as amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon + 10% C apresentaram uma dependência com a energia de 60% no intervalo estudado. A resposta TL dos três materiais apresentou uma dependência angular acentuada a partir de 45° . Os dosímetros de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon + 10% C mostram-se os mais adequados para uso na monitoração de trabalhadores expostos à radiação beta, em relação às características estudadas.

Palavras-chaves: Dosimetria Termoluminescente, Radiação Beta, Dependência Angular, Dependência Energética.

Introdução

O aumento das aplicações utilizando fontes de radiação beta (seladas e não seladas) na medicina, na indústria e na pesquisa implica na necessidade da realização de uma dosimetria acurada dos trabalhadores expostos a esse tipo de radiação.

A grandeza a ser determinada para a exposição ocupacional em campos de radiação beta é a dose equivalente pessoal, $H_p(d)$. Para radiações de baixa penetração na matéria, a dose equivalente pessoal deve ser determinada às profundidades de 0,07 mm e 3 mm, para a pele e para o cristalino, respectivamente [1].

As partículas beta com energias de aproximadamente 60 keV podem alcançar uma profundidade de 0,07 mm no tecido. Um detector para monitoração da radiação beta deve ser capaz de avaliar a dose de energias maiores do que 60 keV [2].

Para a determinação das doses de extremidade são geralmente utilizados detectores termoluminescentes (TL) devido as suas dimensões pequenas. Para a medida de $H_p(0,07)$, o detector deve ser fino a fim de evitar uma atenuação significativa da radiação [3]. Entretanto, a resposta da maioria dos dosímetros termoluminescentes depende do radionuclídeo e da geometria de irradiação.

O objetivo deste trabalho é estudar a dependência energética e angular de diferentes materiais TL para uma escolha adequada do material a ser utilizado na monitoração de trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação beta.

67

11031

Materiais e Métodos

Foram utilizados três tipos de dosímetros TL de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon [4-6], produzidos no Laboratório de Materiais Termoluminescentes do IPEN, para detecção da radiação. A Tabela 1 apresenta as características físicas das amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon estudadas. As amostras foram submetidas a um tratamento térmico de 300°C durante uma hora, para reutilização.

Tabela 1 Características físicas das amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon.

Material TL	Massa (mg)	Dimensões	
		Diâmetro (mm)	Espessura (mm)
$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (50mg)	50	6,0	0,80
$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (20mg)	20	6,0	0,35
$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + 10% C	20	6,0	0,35

O sistema padrão secundário de radiação beta do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN, com fontes de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, ^{240}Pu and ^{147}Pm , da Buchler GmbH & Co, Germany, foi utilizado para a realização das irradiações. Estas fontes possuem certificados de calibração do laboratório padrão primário alemão Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

Os detectores foram irradiados em um objeto simulador de polimetil metacrilato (Lucite) de 15 mm de espessura e cobertos por uma folha de plástico com $1,20 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ de densidade superficial.

O sistema leitor TL utilizado foi o Harshaw Nuclear System, modelo 2000A/B, com uma taxa de aquecimento linear de $10^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ e o ciclo de leitura de 26 s, e um fluxo constante de N_2 de $4.0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Os três materiais estudados apresentam o pico dosimétrico a 220°C . A área sob as curvas de emissão TL foi integrada no intervalo de 140°C a 240°C .

Resultados

A dependência energética de todas as amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ + Teflon foi verificada utilizando-se as fontes padrão de radiação beta de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (3,5 mGy), ^{240}Pu (1,8 mGy) e ^{147}Pm (8,5 mGy). As respostas TL foram normalizadas para a resposta da radiação de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. As medidas foram ainda normalizadas para uma mesma dose absorvida (3,5 mGy).

A Figura 1 mostra a dependência energética dos três detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ estudados. Os resultados são apresentados em termos da resposta TL por unidade de dose beta na superfície do objeto simulador, normalizados para a resposta TL por unidade de dose no tecido relativo à radiação beta de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

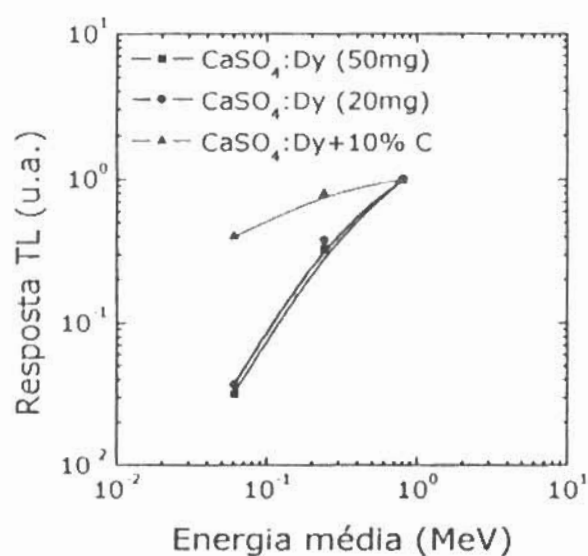


Figura 1 Dependência energética das amostras de CaSO₄:Dy + Teflon para radiação beta.

As amostras de CaSO₄:Dy + Teflon (50 mg) e de CaSO₄:Dy + Teflon (20 mg) apresentaram praticamente a mesma dependência energética alta, enquanto que as amostras de CaSO₄:Dy + Teflon + 10% C apresentaram uma dependência com a energia de 60% no intervalo de energia estudado. Os resultados são comparativos aos obtidos para CaSO₄:Tm (60µm) e CaSO₄:Tm (70µm) por Caldas [7], e para LiF (0,9 mm), LiF (0,4 mm), MgB₄O₇:Dy e LiF (Vinten) por Christensen [8].

A dependência angular dos três tipos de dosímetros de CaSO₄:Dy + Teflon foi estudada para diferentes ângulos de incidência entre 0° e 90°, em campos de radiação beta de ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y (3,5 mGy). A Figura 2 apresenta a resposta TL dos três tipos de detectores estudados em função do ângulo de incidência da radiação.

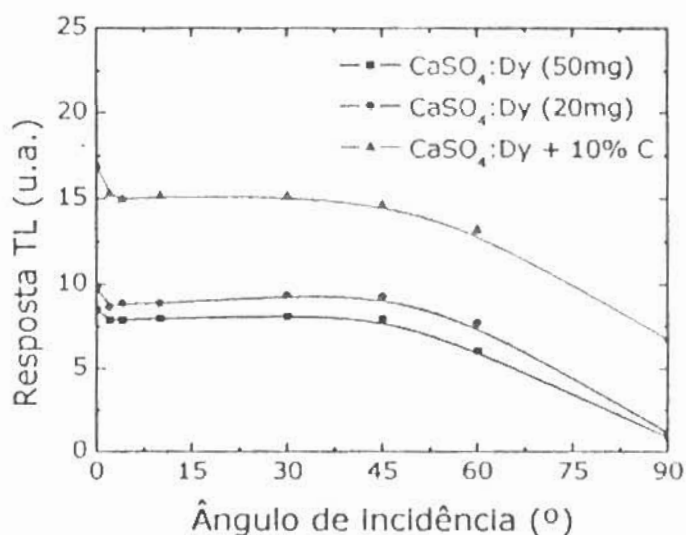


Figura 2 Dependência angular das pastilhas de CaSO₄:Dy + Teflon para radiação beta (⁹⁰Sr + ⁹⁰Y).

A resposta TL apresentou uma dependência angular acentuada a partir de 45° para todos os tipos de materiais estudados, mas as pastilhas de CaSO₄:Dy + 10% C se mostraram mais sensíveis que os outros dois materiais.

Conclusão

Os resultados obtidos no estudo da dependência energética e angular para diferentes dosímetros TL expostos à radiação beta enfatizam a importância de se utilizar detectores finos para determinação da dose na pele.

As pastilhas de CaSO₄:Dy + 10% C apresentaram os melhores resultados de dependência energética e angular para utilização em monitoração beta

Agradecimentos

As autoras agradecem à Dra. L. L. Campos pelo fornecimento das amostras, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo, pelo suporte financeiro parcial.

Referências

- [1] International Atomic Energy Agency. *Calibration of radiation protection monitoring instruments*. Safety Reports Series nº 16, Vienna, 1999.
- [2] Francis, T.M.; O'Hagan, J.B.; Richards, D.J.; Driscoll, C.M.H. Responses of thermoluminescent materials to beta radiation and low energy photons. *Radiat. Prot. Dosim.* 17: 89–92, 1986
- [3] Berus, D.; Cobens, P.; Buls, N.; Van den Broeck, M.; Van Holsbeeck, G. and Vanhavere, F. Extremity doses of workers in nuclear medicine: mapping hand doses in function of manipulation. *Proceedings of 11th International Congress of the International Radiation Protection Association*. Madrid, Spain, 2004.
- [4] Campos, L.L.; Lima, M.F. Dosimetric properties of CaSO₄:Dy teflon pellets produced at IPEN. *Radiat. Prot. Dosim.* 14(4): 333–335, 1986.
- [5] Campos, L.L.; Lima, M.F. Thermoluminescent CaSO₄:Dy teflon pellets for beta radiation detection. *Radiat. Prot. Dosim.* 18(2): 95–97, 1987.
- [6] Campos, L.L. Graphite mixed CaSO₄:Dy TL dosimeters for beta radiation dosimetry. *Radiat. Prot. Dosim.* 48(2): 205–207, 1993.
- [7] Caldas, V.E.L. *Alguns métodos de calibração e de dosimetria da radiação beta*. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.
- [8] Christensen, P., Prokié, M. Energy and angular response of TL dosimeters for beta ray dosimetry. *Radiat. Prot. Dosim.* 17: 83–87, 1986.

Abstract

This work has as objective the study of the energy and angular dependence of different thermoluminescent (TL) materials for an appropriate choice of the material to be used for beta monitoring of workers. Three types of CaSO₄:Dy + Teflon pellets were studied. The energy dependence was verified using standard sources of beta radiation (¹⁴⁷Pm, ²⁰⁴Tl and ⁹⁰Sr+⁹⁰Y). For the angular dependence study the pellets were irradiated with beta radiation of the ⁹⁰Sr+⁹⁰Y source, varying the incidence angle between 0° and 90°. The CaSO₄:Dy (50 mg) and of CaSO₄:Dy (20 mg) pellets presented practically the same high energy dependence, while the CaSO₄:Dy + 10% C pellets presented a dependence with the energy of 60% in the studied interval. The TL response of the three materials presented an accentuated angular dependence starting from 45°. The dosimeters of CaSO₄:Dy + 10% C showed to be the most adequate for use in beta monitoring of workers, in relation to the studied characteristics.