

## APLICAÇÃO DE DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES DE $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ EM DOSIMETRIA DE ELÉTRONS DE ENERGIA ALTA

por

L.L. CAMPOS & C. NOGUEIRA DE SOUZA\*

**RESUMO** -- Pastilhas termoluminescentes de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  utilizadas para detecção de radiação beta foram testadas para aplicação em dosimetria de feixes de elétrons de energia alta, em níveis de dose utilizados em radioterapia. Os resultados obtidos, quanto a dependência energética e a linearidade da resposta TL em função da dose, confirmam a viabilidade de uso rotineiro desse material para dosimetria de feixes de elétrons.

### INTRODUÇÃO

Com a crescente disponibilidade de feixes de elétrons para uso clínico nos serviços de radioterapia do país, tem surgido a necessidade de uma verificação de dose mais frequente, uma vez que tais feixes exigem um controle de qualidade mais rigoroso.

A aplicação de dosímetros termoluminescentes com esta finalidade se justificaria, principalmente, devido ao menor tempo de utilização do equipamento (tempo de máquina), embora o tempo total, desde a irradiação até a obtenção dos resultados, seja praticamente igual ao sistema tradicional, que utiliza câmara de ionização.

O  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ , devido às suas propriedades termoluminescentes, tem sido utilizado como dosímetro nos últimos 15 anos em monitoração ambiental e pessoal com excelentes resultados (LAKSHMANAN & BHATT, 1982), uma vez que apresenta alta sensibilidade e boa precisão para doses tão baixas quanto  $10^{-2}$  mGy. Foi também empregado para determinação de doses para aplicação de raios-X em radiodiagnóstico (NIROOMAND, 1983).

Como único fósforo termoluminescente produzido no país em escala comercial (CAMPOS & LIMA, 1986), este material vem sendo utilizado rotineiramente pela maioria dos

---

\*-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP  
Travessa "R" no. 400 Cidade Universitária  
CEP 05499 São Paulo - SP - Brasil

laboratórios de monitoração individual nacionais. No entanto, a aplicação deste dosímetro termoluminescente (TLD) na área de radioterapia não foi verificada até o momento.

Este trabalho examina a viabilidade de uso de TLDs de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ , calibrados com radiação gama do  $^{60}\text{Co}$ , para dosimetria de feixe de elétrons de energia alta, em um simulador de lucite. O sistema, irradiado em níveis de dose usualmente utilizados em radioterapia, foi avaliado quanto a dependência energética para feixes de elétrons de energias nominais entre 5 e 20 MeV, linearidade da resposta em função da dose absorvida, influência da taxa de dose absorvida e dose mínima detectável.

## MATERIAIS E MÉTODO

### A - Fósforo Termoluminescente

Os dosímetros utilizados foram pastilhas dosimétricas finas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy} + \text{Teflon}$ , com 0,20 mm de espessura e 6,0 mm de diâmetro, especialmente produzidas para detecção de radiação beta (CAMPOS & LIMA, 1987).

A resposta termoluminescente (TL) das pastilhas foi determinada utilizando-se um leitor TL Harshaw modelo 2000 AB.

O tratamento térmico de reutilização foi sempre de 300°C durante 3 horas, o que garante uma reprodutibilidade da resposta TL das pastilhas melhor do que  $\pm 3\%$ , para radiação gama do  $^{60}\text{Co}$ .

Todas as amostras foram irradiadas sempre sob as mesmas condições e cada valor apresentado representa a média de 5 medidas. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da média das medidas, o qual foi sempre menor do que 4% para as irradiações com elétrons.

### B - Método de Irradiação

As irradiações gama foram efetuadas utilizando-se uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  de 1,0 GBq. As amostras foram sempre irradiadas em condição de equilíbrio eletrônico.

As irradiações com feixes de elétrons foram realizadas com um acelerador linear de elétrons modelo MEVATRON-74 da Siemens Inc., para as energias de 5 a 10 MeV, e um outro acelerador linear de elétrons modelo THERAC-20 SATURNE para as energias de 13 a 20 MeV. Para todas as energias a distância de irradiação foi de 100 cm e o campo utilizado de  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ .

As pastilhas foram posicionadas em um simulador de lucite com 8,0 g/cm<sup>2</sup> de espessura total, constituído por placas de diferentes espessura e irradiadas à profundidade de equilíbrio eletrônico para cada energia (Andreo et al, 1987)

## RESULTADOS

### Sensibilidade

A sensibilidade média das pastilhas expressa como o sinal TL produzido por 1,0 Gy de dose absorvida na água, de elétrons com energia nominal de 6 MeV, em 1 mg do fósforo é  $900,0 \text{ nC.Gy}^{-1}.\text{mg}^{-1}$ .

### Dependência Energética

A dependência energética da resposta TL das pastilhas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  com 0,20 mm de espessura foi testada para as energias nominais de elétrons entre 5 e 20 MeV. As amostras foram sempre irradiadas em condição de equilíbrio eletrônico para cada energia e, em todos os casos, a dose absorvida foi de  $(1,0 \pm 0,05)\text{Gy}$ . Todos os resultados obtidos foram normalizados para o valor da sensibilidade média das pastilhas. Os resultados são apresentados na Fig.1. Como pode ser observado, a resposta TL do  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  é independente da energia dos elétrons incidentes, quando irradiado em condições de equilíbrio eletrônico.

### Linearidade

A resposta TL do  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  em função da dose absorvida na água foi medida para irradiação com elétrons de energias nominais de 6,9 e 13 MeV, com doses entre 0,30 e 5,0 Gy, nas condições de equilíbrio eletrônico. A linearidade da resposta nessa faixa de dose absorvida é mostrada na Fig. 2 para a energia nominal de 6 MeV.

### Dependência com a Taxa de Dose Absorvida

A dependência da resposta TL com a taxa de dose absorvida de elétrons foi investigada para as energias nominais de 6 e 13 MeV.

Não foi observada qualquer dependência da resposta TL dentro de uma incerteza de  $\pm 4\%$  (1 Desvio Padrão) para taxas de dose absorvida entre 2,0 e 4,0  $\text{Gy.min}^{-1}$  (Fig. 2).

### Limite Mínimo de Detecção

O limite mínimo detectável foi tomado como três vezes o desvio padrão (3 Desvios Padrões) da média da resposta TL de amostras não irradiadas, expressa em termos de unidade de dose.

A resposta TL média de 100 amostras não irradiadas foi de  $(0,060 \pm 0,005)\text{nC}$ . Desse modo, a dose mínima detectável de elétrons com energias nominais entre 5 e 20 MeV é de 3,0  $\mu\text{Gy}$ .

## CONCLUSÃO

Todos os resultados obtidos, sensibilidade, limite mínimo de detecção, linearidade da resposta TL em função da dose absorvida no intervalo de doses utilizado em radioterapia, independência da resposta com a taxa de dose absorvida, aliados ao fato da reprodutibilidade da resposta TL ser igual ou menor a 4% para irradiações com elétrons e, principalmente, o fato de não haver nenhuma dependência energética da resposta TL na região de energias estudadas, mostram que as pastilhas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy} + \text{Teflon}$  (0,20 mm) produzidas pelo Laboratório de Produção de Materiais Dosimétricos do IPEN, preenchem todos os requisitos necessários para a sua utilização em dosimetria de feixe de elétrons de energia alta com doses a nível de radioterapia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos físicos Douglas R. Ramires da Divisão de Radioterapia do Hospital das Clínicas/USP e José Renato O. Rocha do Centro de Engenharia Biomédica/UNICAMP pelo auxílio nas irradiações e ao técnico Vanderlei I. Souto pela leitura TL e calibração.

## REFERÊNCIAS

- Andreo, P.; Cunningham, J.R.; Hohlfeld, K.; Svensson, H. IAEA, 1987 (Technical Report Series, 277).
- Campos, L.L & Lima, M.F., Radiat. Prot. Dosim. 14, 333 (1986).
- Campos, L.L. & Lima, M.F., Radiat. Prot. Dosim. 18, 95 (1987).
- Lakshmanan, A.R. & Bhatt, R.C., Int. J. Appl. Radiat. 33, 707 (1982).
- Niroomand-Rad, A. & Dewerd, L.A., Med. Phys. 10, 691 (1983).

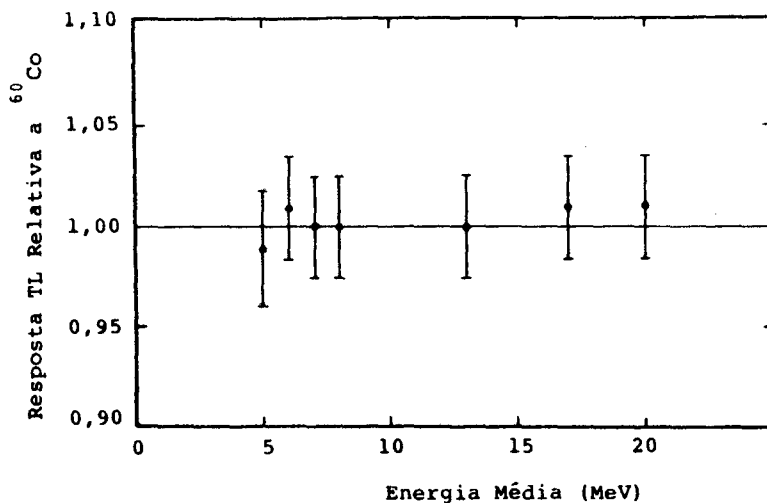


Figura 1. Resposta TL relativa  $^{60}\text{Co}$  das pastilhas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  em função da energia nominal dos elétrons incidentes

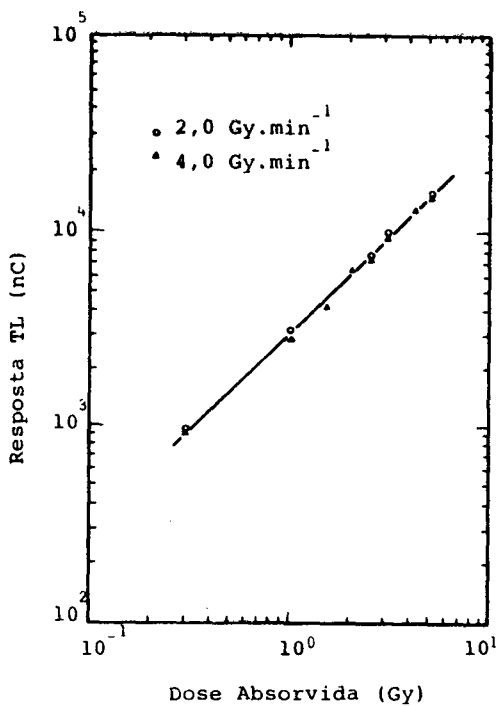


Figura 2. Resposta TL relativa das pastilhas de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  em função da dose absorvida para elétrons de energia nominal de 6 Mev

## **THE APPLICATION OF $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ THERMOLUMINESCENT DOSEMETERS TO HIGH ENERGY ELECTRONS DOSIMETRY**

**ABSTRACT** – Thermoluminescent pellets of  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  used for beta radiation detection were studied for application in high energy electrons dosimetry at radiotherapy level. The obtained TL results, as a function of electron energy and dose response show the potential usefulness of this material in electron dosimetry.