

ESTUDO COMPARATIVO DAS RESPOSTAS TL DE DOSIMETROS DE $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ EM FEIXES DE ELÉTRONS DE 9 e 12 MeV UTILIZANDO SIMULADOR DE ÁGUA SÓLIDA

Comparative study of TL responses of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ dosimeters to 9 and 12 MeV electron beams using solid water simulator

Amanda Bravim^{1*}, Roberto K. Sakuraba^{1,2}, José Carlos da Cruz², Letícia Lucente Campos¹

¹Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares – IPEN / CNEN

²Hospital Israelita Albert Einstein - HIAE

* abravim@ipen.br

Resumo

Os principais objetivos da dosimetria clínica são promover a proteção radiológica dos indivíduos e estabelecer um controle de qualidade do feixe de radiação. O pequeno tamanho e o amplo intervalo de dose são vantagens em se usar dosímetros termoluminescentes (DTLs) para essa finalidade. Em radioterapia, são empregados detectores de fluoreto de lítio (TLD-100), porém, o sulfato de cálcio dopado com disprósio ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$), que já é empregado em radioproteção, apresenta grande potencial para ser aplicado na dosimetria em radioterapia. Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ quando exposto a feixes clínicos de elétrons utilizando simulador de água sólida (RMI-457).

Abstract

The main objectives of clinical dosimetry are to promote radiation protection of individuals and establish a quality control of the radiation beam. The small size and wide range of dose are advantages to using dosimeters (DTLS) for this purpose. In radiotherapy, detectors of lithium fluoride (TLD-100) are employed, however, the calcium sulphate doped with dysprosium ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$), which is already used in radiation protection, has great potential for application in radiotherapy dosimetry. This work aims to study the behavior of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ when exposed to electron clinical beams using solid water phantom (RMI-457).

1. Introdução

Várias organizações, como a AAPM (American Association of Physicists in Medicine) [1] e a ESTRO (European Society of Therapeutic Radiology and Oncology) [2,3] recomendam a

verificação da dose no paciente para a melhoria da qualidade no tratamento radioterápico do paciente.

A aplicação de elétrons em terapia exige grande exatidão na dose absorvida pelo tumor, pois uma variação de $\pm 5\%$ é determinante no risco de recidiva ou seqüelas [4]. Esse fato exige, portanto, medida e controle rigoroso da dose por meio de dosímetros que apresentam grande exatidão e precisão nas medidas.

A alta sensibilidade dos materiais termoluminescentes permite a construção de detectores resistentes e em várias formas e tamanhos, o que os fazem uma ferramenta útil, em particular, para medidas de regiões de gradientes agudos de dose [5,6]. Estudos recentes nos Estados Unidos mostram que a maioria dos hospitais e instituições acadêmicas utiliza o método da termoluminescência para a dosimetria *in vivo* [7].

O fluoreto de lítio dopado com magnésio e titânio, LiF:Mg,Ti , é o material TL mais utilizado e estudado em radioterapia devido à sua equivalência ao tecido e ao fato da dependência da resposta com a energia, a taxa de dose e as temperaturas de utilização serem pequenas no intervalo de doses utilizadas em radioterapia [8].

Mais recentemente, tem sido caracterizados e utilizados os microdosímetros de LiF , que são detectores semelhantes aos TLD-100, porém com dimensões de $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$. As dimensões mínimas permitem a sua utilização com algumas vantagens, principalmente na monitoração *in vivo*.

Um outro material termoluminescente, o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, tem sido intensamente empregado em medidas de dose em nível de radioproteção devido à sua alta sensibilidade [9,10]. Este material apresenta um extenso intervalo de linearidade da resposta com a radiação, que vai de mGy a Gy [9], e tem sido avaliado para aplicações relacionadas à radioterapia, principalmente envolvendo feixes de elétrons [11]. O $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ é fabricado e comercializado pelo Laboratório de Materiais

Dosimétricos do Centro de Metrologia das Radiações/IPEN [11].

As medidas realizadas neste trabalho têm como objetivo estudar a resposta e a sensibilidade TL do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ quando estes são expostos à radiação de elétrons de 9 e 12 MeV. E, com isso, estudar a possibilidade do uso do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ na dosimetria em radioterapia.

2. Materiais e Métodos

2.1 Material dosimétrico:

- ✓ 100 DTLs de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ produzidos pelo IPEN.

2.2 Objeto simulador:

- ✓ Placas de água sólida (RMI-457) de dimensões $30 \times 30 \text{ cm}^2$.

2.3 Sistemas de irradiação:

- ✓ Fonte de ^{60}Co do Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI-IPEN), com atividade nominal de 0,953 GBq em 11/11/2009;
- ✓ Acelerador linear *Varian* modelo Clinac 2100C do Hospital Israelita Albert Einstein.

2.4 Equipamentos:

- ✓ Forno tipo mufla *Vulcan* modelo 3-550 PD;
- ✓ Leitora TL *Harshaw* modelo 3500.

Primeiramente os DTLs foram submetidos a tratamento térmico padrão pré irradiação: $300^\circ\text{C}/3\text{h}$. Em seguida, foram irradiados na fonte de radiação gama do ^{60}Co do LCI-IPEN, no ar e em condições de equilíbrio eletrônico. Após a avaliação das respostas TLs, os DTLs foram separados em grupos de acordo com a sua sensibilidade (limite de $\pm 5\%$).

Nas irradiações em feixes clínicos de elétrons (9 e 12 MV) no acelerador linear *Varian* modelo Clinac 2100C do Hospital Albert Einstein, os DTLs selecionados foram posicionados na profundidade de máxima dose, 2,0 e 2,8 cm para 9 e 12 MeV respectivamente, nas placas de água sólida. Para assegurar o retroespalhamento do feixe, 5 cm de placas de água sólida foram utilizadas sob os DTLs. As especificações seguidas para as irradiações foram as recomendadas pelo *Technical Reports Series* N°. 398 (TRS 398) da IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica): tamanho do campo de radiação - $10 \times 10 \text{ cm}^2$, distância fonte-DTLs - 100 cm [16].

Para as curvas de resposta em função da dose foram utilizados 5 DTLs para cada um dos seguintes valores de dose: 500 mGy, 1 e 5 Gy. Cada ponto representa a média das 5 leituras e as

barras de erros são os seus respectivos desvios-padrões da média (1σ) com nível de confiança de 95%.

3. Resultados e Discussão

As curvas de dose-resposta utilizando simulador de água sólida para elétrons de 9 e 12 MeV são mostradas nas figuras 1.

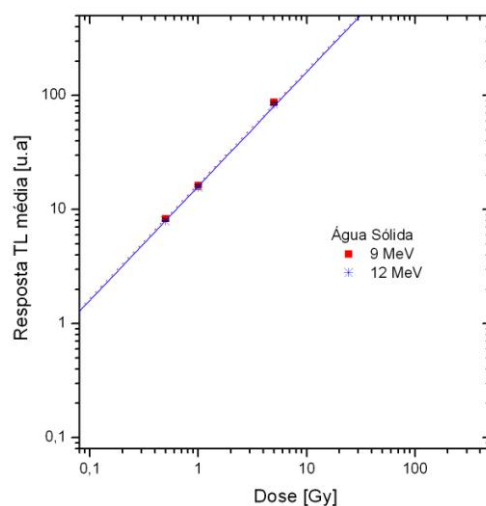


Figura 1. Curva de dose-resposta do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ a elétrons de 9 e 12 MeV em objeto simulador de água sólida

A figura 2 apresenta as sensibilidades médias dos DTLs de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ em função da dose de radiação, para os dois feixes de elétrons utilizados (9 e 12 MeV).

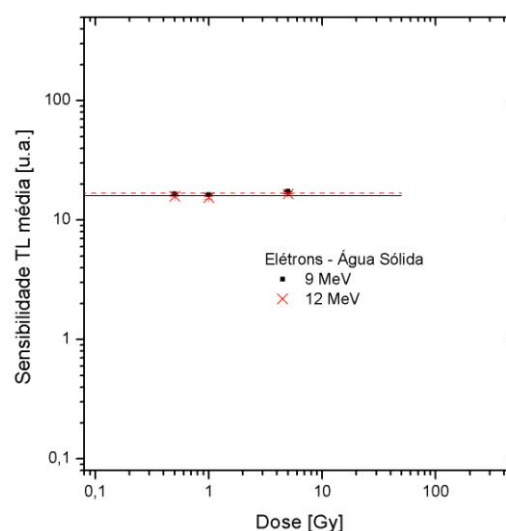


Figura 2. Sensibilidades TL médias do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ a elétrons de 9 e 12 MeV em objeto simulador de água sólida.

Os resultados mostram que, no intervalo de dose estudado, a resposta TL possui um comportamento linear e a sensibilidade média não é alterada em função da energia do feixe.

A tabela 1 apresenta os valores de resposta e de sensibilidade TL médias dos dosímetros de CaSO₄:Dy obtidas para os dois valores de energia do feixe de elétrons.

Tabela 1. Resposta e sensibilidade TL média dos DTLs de CaSO₄:Dy e suas respectivas incertezas

Feixe (MeV)	Dose (Gy)	Resp. TL (μC)	Sens. TL (μC.Gy ⁻¹)
9	0,5	8,30 (±0,07)	16,61 (±0,15)
	1	16,26 (±0,31)	16,26 (±0,31)
	5	89,80 (±0,34)	17,40 (±0,06)
12	0,5	7,93 (±0,07)	15,87 (±0,13)
	1	15,65 (±0,74)	15,45 (±0,39)
	5	82,89 (±0,48)	16,57 (±0,09)

A reprodutibilidade variou entre 0,12%, para o feixe de 9 MeV e dose de 5 Gy, à 2,50%, para 12 MeV e 1 Gy.

4. Conclusão

No intervalo de doses estudadas para as energias de 9 e 12 MeV utilizadas, a curva dose-resposta apresentou um comportamento linear.

A reprodutibilidade da resposta TL é melhor que 1,95% para feixe de elétrons de 9 MeV e 2,5% para 12 MeV, e todos os valores obtidos se encontram de acordo com a na literatura (2,5%) [12].

A sensibilidade TL média calculada para cada dose e energia apresentou variação máxima de 4%. Sendo assim, pode-se concluir que os DTLs de CaSO₄:Dy praticamente não apresentaram dependência energética da resposta para as duas energias de feixes estudados.

Os resultados apresentados pelos dosímetros de CaSO₄:Dy apontam que estes podem ser uma nova alternativa de detector para a dosimetria de feixes clínicos de elétrons. Por ser um produto nacional,

fabricado no IPEN, possui um menor custo e uma maior facilidade quanto a sua aquisição.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a CNPq pela bolsa de mestrado e ao Hospital Israelita Albert Einstein pelas irradiações.

6. Referências

- [1] KUTCHER, G. et al. Comprehensive QA for Radiation Oncology: Report of AAPM. Radiation Therapy Committee Task Group 40. Med. Phys. 21:581-618, 1993.
- [2] HUYSKENS, D. et al. Practical Guide lines for the Implementation of In Vivo Dosimetry with Diodes in External Radiotherapy with Photons Beams (Entrance Dose). Physics for Clinical Radiotherapy Booklet, 5 2001; ESTRO: Brussels: Belgium.
- [3] VAN DAM, J., MARINELLO, G. Methods for In Vivo Dosimetry in External Radiotherapy. Physics for Clinical Radiotherapy Booklet, 1 1994; ESTRO: Brussels: Belgium.
- [4] KALMÁN, I. Report IAEA-SM-272/31, pg. 85. 2001
- [5] DUCH, M. A. et al. Thermoluminescence dosimetry applied to in vivo dose measurements for total body irradiation techniques. Radiother. Oncol. v. 47, n.º3, p. 319-324, 1998.
- [6] VENABLES, K. et al. START trial management group. The use of in vivo thermoluminescent dosimeters in the quality assurance programme for START breast fractionation trial. Radiother. Oncol. v. 71, n.º3, p. 303-310, 2004.
- [7] KRON, T. Applications of thermoluminescence dosimetry in medicine. Radiat. Prot. Dosimetry, v. 85, n. 1-4, p. 333-340, 1999.
- [8] RUDÉN, B. Evaluation of the clinical use of TLD. Acta Radiol. Ther. Phys. Biol., v. 15, p. 447-464, 1976.
- [9] CAMPOS, L.L.; LIMA, M.F. "Thermoluminescent CaSO₄ : Dy + Teflon Pellets for Beta Radiation Detection". Rad. Prot. Dosim. 18, 2 (1987) 95
- [10] CAMPOS, L.L. "Preparation of CaSO₄ : Dy TL Single Crystals". J.Lum. 28 (1983) 481
- [11] NUNES, M. G.; CAMPOS, L. L. "Study of CaSO₄:Dy and LiF:Mg,Ti detectors TL response to electron radiation using a SW solid water phantom." Radiation Measurements 2008.
- [12] NUNES, M. G., CAMPOS, L. L. Avaliação do desempenho dos detectores termoluminescentes de CaSO₄:Dy e LiF:Mg,Ti na dosimetria de feixes clínicos de elétrons. 2008. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.