



RESPOSTA TL, SENSIBILIDADE E EFICIÊNCIA INTRÍNSECA DE DOSIMETROS TL EM FEIXE CLÍNICO DE ELÉTRONS DE 4 MeV EMPREGANDO SIMULADOR DE ÁGUA.

*Amanda Bravim*¹, *Roberto K. Sakuraba*², *José Carlos da Cruz*³, *Leticia L. Campos*⁴

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN), São Paulo, Brasil, abravin@ipen.br

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN), São Paulo, Brasil / Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE), São Paulo, Brasil, rsakuraba@einstein.br

³ Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE), São Paulo, Brasil, josecarlosc@einstein.br

⁴ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN), São Paulo, Brasil, lcrodri@ipen.br

Resumo: Estudou-se a resposta TL, sensibilidade e eficiência intrínseca de TLDs de CaSO₄:Dy, LiF:Mg,Ti e microLiF:Mg,Ti para feixe de elétrons de 4 MeV e simulador de água. Os três tipos de detectores apresentaram comportamento linear da resposta TL no intervalo de dose estudado. O CaSO₄:Dy apresentou desempenho superior quanto à sensibilidade e eficiência intrínseca.

Palavras chave: termoluminescência, dosimetria, radioterapia, elétrons.

1. INTRODUÇÃO

A verificação de dose no paciente tem sido recomendada para a melhoria da qualidade no tratamento radioterápico por várias organizações [1-2]. A Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação (ICRU) estabeleceu em 1976 que *“todos os procedimentos envolvidos no planejamento e na execução da radioterapia podem contribuir para uma incerteza significativa na dose administrada no paciente”*. Os valores máximos recomendados para a incerteza na dose variam de $\pm 5\%$ [3].

Os feixes de elétrons de energias altas tem largo emprego na área médica, principalmente no tratamento de diversos tipos de câncer. A aplicação de elétrons em terapia exige grande exatidão na dose absorvida pelo tumor, pois uma pequena variação é altamente determinante no risco de recidiva ou seqüelas [3]. Este fato exige medidas e controle rigorosos das doses absorvidas pelos pacientes em tratamento por meio de dosímetros que apresentem grande exatidão e precisão nas medidas fornecidas. Em radioterapia, a maioria das medidas utilizando dosímetros termoluminescentes (DTLs) tem sido feita empregando o fluoreto de lítio dopado com magnésio e titânio, LiF:Mg,Ti (TLD-100) comercializado pela *Harshaw* [4-6]. Mais recentemente tem sido caracterizados e utilizados os micro dosímetros de LiF:Mg,Ti, que são detectores semelhantes aos TLD-100, porém com menores dimensões [7]. O CaSO₄:Dy é um dosímetro desenvolvido e fabricado pelo Laboratório e Materiais Dosimétricos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (LMD/IPEN). Ainda pouco explorado na área da radioterapia, esse dosímetro já é

utilizado em medidas de dose em radioproteção e na monitoração das radiações beta e de fótons. Porém há um grande interesse no uso do CaSO₄:Dy na dosimetria em radioterapia não somente pelas suas características de sensibilidade e linearidade de resposta com a radiação, mas também devido a facilidade de aquisição dos dosímetros pelo IPEN [8].

As medidas realizadas com simulador de água apresentadas neste trabalho visam estudar a resposta TL, a sensibilidade e a eficiência intrínseca dos dosímetros de CaSO₄: Dy, LiF:Mg,Ti e microLiF:Mg,Ti para radiação com feixe de elétrons de 4 MeV e analisar também a aplicabilidade do CaSO₄:Dy na dosimetria em radioterapia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os tratamentos térmicos pré irradiação dos diferentes dosímetros foram: CaSO₄:Dy - 300°C/3h em forno tipo mufla *Vulcan* modelo 3-550 PD; LiF:Mg,Ti - 400°C/1h em forno tipo mufla *Vulcan* modelo 3-550 PD + 100°C/2h em estufa cirúrgica retilínea marca FANEN, modelo 315-IEA 11200. Para o selecionamento em lotes, os dosímetros foram irradiados na fonte de radiação gama do ⁶⁰Co do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN (atividade:0,953 GBq), no ar e em condições de equilíbrio eletrônico e, após a avaliação das respostas TL, foram separados em grupos de acordo com a sua sensibilidade ($\pm 5\%$).

Nas irradiações em feixes clínicos de elétrons de 4 MeV no acelerador linear da marca *Varian* modelo Clinac 2100C do Hospital Albert Einstein, os DTLs foram posicionados na profundidade de máxima dose (1,0 cm) no simulador de água com dimensões 40,0 x 40,0 x 40,0 cm³. Para assegurar o retroespalhamento do feixe, 5 cm do mesmo material do objeto simulador foram utilizados sob os DTLs. Para esse tipo de irradiação foram seguidas as especificações recomendadas pelo TRS-398 da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA): tamanho do campo de radiação - 10 x 10 cm², distância fonte/DTLs - 100 cm [9]. As leituras das respostas TL foram feitas entre 24 e 32 horas após a irradiação utilizando uma leitora TL da marca *Harshaw* modelo 3500. Para as curvas de resposta em função da dose

foram utilizados 5 DTLs para cada um dos seguintes valores de dose: 0,5, 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%. A eficiência intrínseca foi calculada através da seguinte equação 1:

$$EI = \frac{A}{m} \quad (1)$$

em que: 'A' é o coeficiente angular da reta ajustada fornecido pelo programa *Origin 7.0* e 'm' a massa do dosímetro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de dose-resposta e a sensibilidade média dos dosímetros de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$ para feixe de elétrons de 4 MeV e simulador de água são apresentadas nas figuras 1 e 2 respectivamente.

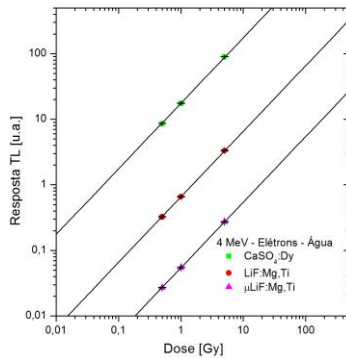


Fig. 1. Curva de dose-resposta do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$ à radiação elétrons de 4 MeV em objeto simulador de água.

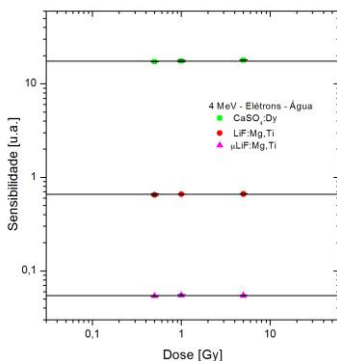


Fig. 2. Sensibilidade TL média do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$ à radiação de elétrons de 4 MeV para objeto simulador de água.

Para os três tipos de dosímetros pode ser observado um comportamento linear da resposta TL no intervalo de dose de 0,5 a 5 Gy. A sensibilidade média obtida para o feixe de elétrons de 4 MeV foi de $17,54 \pm 0,37 \mu\text{C} \cdot \text{Gy}^{-1}$, $0,6569 \pm 0,0069 \mu\text{C} \cdot \text{Gy}^{-1}$ e $0,0544 \pm 0,0004 \mu\text{C} \cdot \text{Gy}^{-1}$ para os dosímetros de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$ respectivamente. A eficiência intrínseca foi de $(0,11 \pm 0,01) \mu\text{C} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ para o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, $(0,033 \pm 0,003) \mu\text{C} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ para o $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e $(0,0055 \pm 0,0005) \mu\text{C} \cdot \text{Gy}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ para o $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$.

3. CONCLUSÃO

As curvas de dose-resposta dos três dosímetros para a irradiação com feixes de elétrons de 4 MeV apresentaram comportamento linear no intervalo de dose de estudado. O dosímetro de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ apresenta sensibilidade 26 e 322 vezes superior aos dos dosímetros de $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$ respectivamente. A eficiência intrínseca do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ é da ordem de 3 e 22 vezes maior que a eficiência do $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ e do $\text{microLiF}:\text{Mg,Ti}$ respectivamente, para a energia e tipo de feixe analisado. Os resultados indicam que os DTLs de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESP pelo apoio financeiro e ao Hospital Israelita Albert Einstein pelas irradiações.

REFERÊNCIAS

- [1] G. Kutcher; L. Coia; M. Gillin; W.F. Hanson; S. Leibel; R.J. Morton; J.R. Palta; J.A. Purdy; L.E. Reinstein; G.K. Svensson; M. Weller; L. Wingfield. "Comprehensive QA for Radiation Oncology: Report of AAPM". Med. Phys. 21:581-618, 1993.
- [2] J. Van Dam, G. Marinello. "Methods for In Vivo Dosimetry in External Radiotherapy. Physics for Clinical Radiotherapy Booklet", 1; ESTRO: Brussels: Belgium. 1994.
- [3] International Commission On Radiation Units And Measurements - ICRU Report 24: "Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures". Bethesda, Maryland. 1976.
- [4] P. Olko; B. Marczewska; L. Czopyk; M. A. Czermak; M. Kłosowski; M. P. R. Waligórski. "New 2-d dosimetric technique for radiotherapy based on planar thermoluminescent detectors". Radiation Protection Dosimetry. v. 118, n° 2, p. 213-218, 2006.
- [5] J. Livingstone; S. Horowitz; Y. L. Oster; H. Datz; M. Lerch; A. Rosenfeld; A. Orowitz. "Experimental investigation of the 100 keV x-ray dose response of the high-temperature thermoluminescence in $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ (TLD-100): theoretical interpretation using the unified interaction model." Radiation Protection Dosimetry. v. 138, n°. 4, p. 320-333, 2010.
- [6] V. K. Nelson; I. D. Mclean; L. Holloway. "Thermoluminescent dosimetry (TLD) for megavoltage electron beam energy determination". Radiation Measurements. v. 45, p. 698-700, 2010.
- [7] M. Moscovitch; Y. S. Horowitz. "Thermoluminescent materials for medical applications: $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ and $\text{LiF}:\text{Mg,Cu,P}$ ". Radiation Measurements. v. 41, n. 1, p. S71-S77, 2007
- [8] M.G. Nunes, "Avaliação do desempenho dos detectores termoluminescentes de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ e $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ na dosimetria de feixes clínicos de elétrons". Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2008.
- [9] International Atomic Energy Agency. "Absorbed dose determination in external beam radiotherapy." An International Code of Practice for Dosimetry based on standards of absorbed dose to water. Vienna, Abr. 2000 (TRS-398).