

# ESTUDO DA RESPOSTA TL E DA SENSIBILIDADE DE MICRODOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES DE LiF:Mg,Ti E DOSÍMETROS DE CaSO<sub>4</sub> E DE LiF:Mg,Ti EM FEIXE DE <sup>60</sup>Co.

*Sensitivity of thermoluminescent LiF: Mg, Ti microdosimeters and CaSO<sub>4</sub> and LiF: Mg, Ti dosimeters to <sup>60</sup>Co beam.*

Amanda Bravim<sup>1\*</sup>, Luciana Cardoso Matsushima<sup>1</sup>, Letícia Lucente Campos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP), São Paulo, Brasil

\*a.bravim@usp.br

## Resumo

A dosimetria *in vivo* tem se tornado uma parte importante no programa de garantia de qualidade (GQ) nos Departamentos de Radioterapia e tem provado ser muito útil na determinação da dose aplicada a um determinado paciente, bem como na detecção de vários tipos de erros no processo de aplicação de dose. Os dosímetros termoluminescentes (DTL) desempenham um papel importante em radioterapia para dosimetria da radiação ionizante e apresentam vantagens que os torna ferramenta útil para dosimetria *in vivo* em pacientes. Uma das maiores vantagens dos dosímetros TL são as suas pequenas dimensões e o fato de não necessitarem de equipamentos auxiliares durante a medida da dose. Como consequência disso, eles são adequados para um grande número de aplicações. Este trabalho teve como objetivo estudar a resposta TL e a sensibilidade dos detectores em feixe gama de <sup>60</sup>Co, que serão, posteriormente, utilizados na dosimetria de feixes clínicos de elétrons utilizando diferentes objetos simuladores..

## Abstract

The *in vivo* dosimetry has become an important part in the program of quality assurance (QA) in the departments of radiotherapy and has proved very useful in determining the dose applied to a particular patient, as well as detection of various types of errors in the dose process application. Thermoluminescent dosimeters (TLD) plays an important role in radiation dosimetry and present advantages that make them useful for *in vivo* dosimetry in patients. Major advantages of TL dosimeters are their small physical size and that no cables or auxiliary equipment is required during the dose measurement. This makes them well suited for a wide range of applications. This paper aimed to study the TL response and the sensitivity of TL detectors in <sup>60</sup>Co gamma beam, which will be used

*in dosimetry of clinical electron beams using different objects simulators.*

## 1. Introdução

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 [1]. Esse fato exige, portanto, medida e controle rigoroso da dose por meio de dosímetros que apresentam grande exatidão e precisão nas medidas. Assim, o principal objetivo da dosimetria em radioterapia, desde o surgimento desta modalidade de tratamento, é o de determinar a dose absorvida pelo tumor, por meio da calibração do feixe de radiação e da dosimetria de rotina para o controle de qualidade, tanto da máquina de terapia quanto dos tratamentos, com a maior acurácia e exatidão possíveis [2].

A alta sensibilidade dos materiais termoluminescentes permite a obtenção de detectores resistentes e aplicáveis em várias formas e tamanhos, incluindo os tamanhos pequenos, o que faz deles uma ferramenta útil, em particular, para medidas em regiões de gradientes agudos de dose para dosimetria *in vivo* [3,4].

O material TL mais utilizado e estudado em radioterapia é o LiF:Mg,Ti desenvolvido em colaboração com Cameron pela Harshaw Chemical Company, Inc., USA, que o comercializa como TLD-100. Sua equivalência ao tecido é bastante apropriada e a dependência de sua resposta com a energia, a taxa de dose e as temperaturas de utilização e armazenamento são pequenas no intervalo de doses da radioterapia [5].

Mais recentemente, tem sido caracterizados e utilizados os microdosímetros de LiF, que são detectores semelhantes aos TLD-100, porém com dimensões de 1x1x1 mm<sup>3</sup>. As dimensões mínimas permitem a sua utilização com algumas vantagens, principalmente na monitoração *in vivo*.

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 [6,7]. Este material apresenta um extenso intervalo de linearidade da resposta com a radiação, que vai de mGy a Gy [6], e tem sido avaliado para aplicações relacionadas à radioterapia, principalmente envolvendo feixes de elétrons [8]. O  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  é fabricado e comercializado pelo Laboratório de Materiais Dosimétricos do Centro de Metrologia das Radiações/IPEN [9].

O objetivo deste trabalho é o estudo comparativo da sensibilidade dos microdosímetros de  $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$  e dosímetros de  $\text{CaSO}_4$  e de  $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$  à radiação gama do  $^{60}\text{Co}$  para possível aplicação na dosimetria in vivo de feixes clínicos de elétrons.

## 2. Materiais e Métodos

Foi utilizado um lote de 200 dosímetros de  $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ , 200 dosímetros de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  e 105 microdosímetros de  $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ .

**Tratamento térmico:** Para o dosímetro de  $\text{LiF}$ , esse tratamento constituiu-se de um aquecimento de 1h a  $400^\circ\text{C}$  seguido de outro aquecimento de 2h a  $100^\circ\text{C}$ . Neste caso, em que o tratamento térmico envolveu dois ciclos de aquecimento, os dosímetros tiveram de ser resfriados rapidamente até a temperatura ambiente no final do primeiro aquecimento e depois colocados em estufa pré-aquecida para o segundo aquecimento. Já o tratamento térmico para o  $\text{CaSO}_4$  constituiu-se de apenas um aquecimento de 3h a  $300^\circ\text{C}$ , com resfriamento rápido.

**Irradiação em feixe gama:** As pastilhas foram, após o tratamento térmico, irradiadas com feixe gama de cobalto-60 a uma distância angular de 34 cm da fonte. Os dosímetros de  $\text{LiF}$  receberam uma dose de 1,735 mGy e os de  $\text{CaSO}_4$  de 1,729 mGy e os micro  $\text{LiF}$  de 0,690 mGy. O arranjo experimental de irradiação é apresentado na Figura 1.

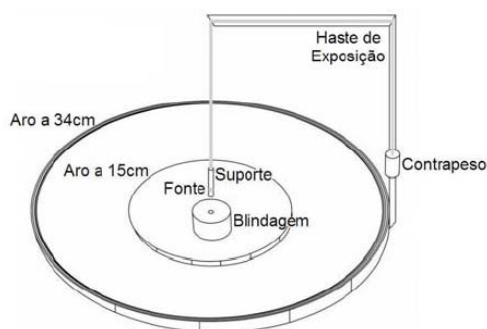


Figura 1: Diagrama esquemático da fonte de  $^{60}\text{Co}$ .

**Leitura do sinal TL:** O dosímetro é colocado sobre a prancheta metálica da leitora *Harshaw* model 3500 e aquecido por contato, através da atuação do

programa de aquisição de dados *TLDSHELL* para ambiente sobre um sistema de controle, com os fótons de termoluminescência dando origem ao sinal TL ao atingirem a janela de um tubo fotomultiplicador, mantido entre  $14$  e  $15^\circ\text{C}$  com uma tensão de  $677\text{ V}$  aplicada aos seus terminais em todas as leituras. Para a avaliação do sinal TL dos dosímetros de  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ , o protocolo número 9, definido pelo usuário, foi utilizado para que a temperatura do sistema de aquecimento do dosímetro na fase de aquisição subisse de  $50^\circ\text{C}$  a  $350^\circ\text{C}$  a uma taxa de  $10^\circ\text{C}.\text{s}^{-1}$  e se mantivesse em  $350^\circ\text{C}$  por mais  $(6 + 2/3)$  s. O protocolo número 3 foi utilizado para a avaliação do sinal TL do  $\text{LiF}$  e micro  $\text{LiF}$ . Este protocolo difere daquele definido para o  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  na temperatura, de  $300^\circ\text{C}$ , e no tempo total, de  $(33 + 1/3)$  s, da aquisição do sinal.

## 3. Resultados

A sensibilidade mais provável é determinada por meio do ajuste de uma gaussiana ao histograma das sensibilidades individuais dos DTLs, pois cada leitura é uma variável aleatória independente que tem a mesma densidade de probabilidade das demais [10]. Dessa forma, os valores obtidos para todos os tipos de dosímetros estudados foram graficados em forma de histogramas e podem ser visualizados nas figuras 2, 3 e 4.

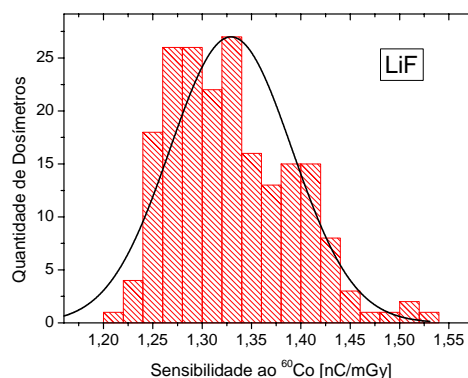
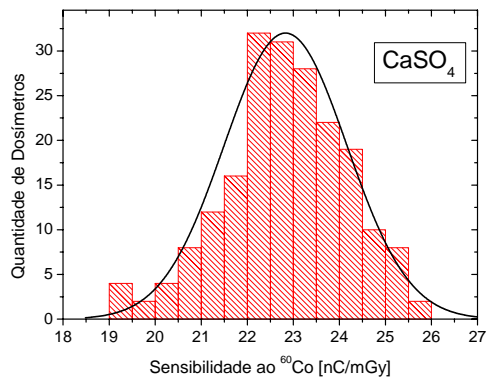
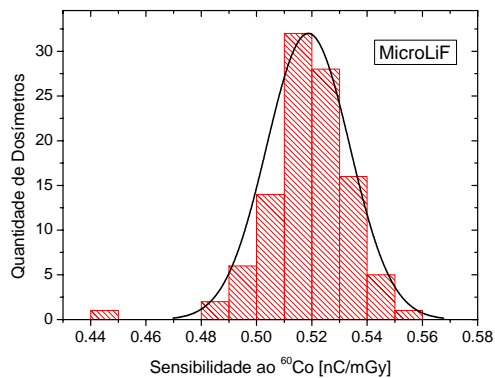


Figura 2: Histograma da sensibilidade individual dos 200 dosímetros  $\text{LiF}:\text{MG,Ti}$ .

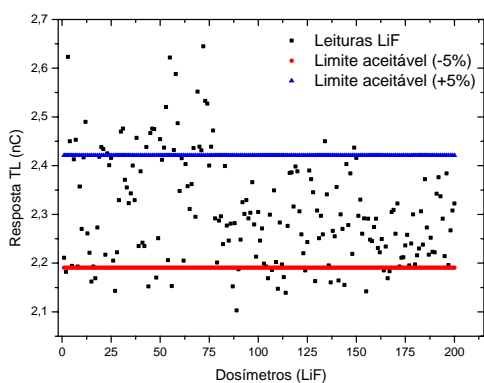


**Figura 3: Histograma da sensibilidade individual dos 200 dosímetros CaSO<sub>4</sub>.**

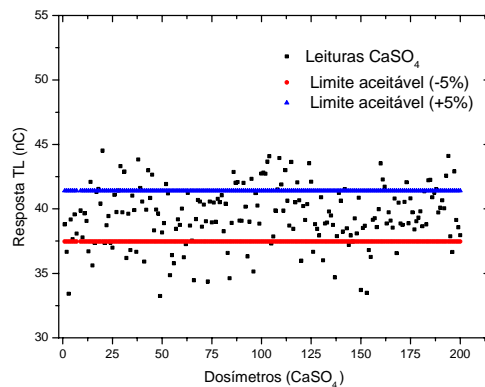


**Figura 4: Histograma da sensibilidade individual dos 105 microdosímetros LiF:MG,Ti.**

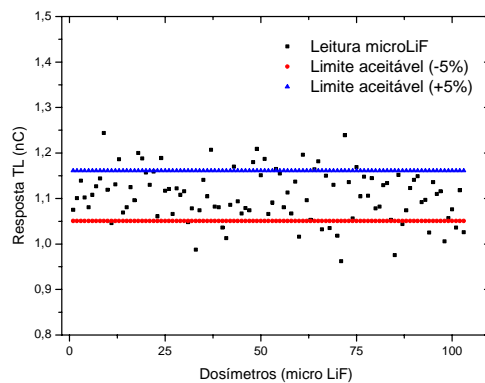
Já os valores de resposta TL obtidos foram colocados em um gráfico com seus limites de aceitação ( $\pm 5\%$ ) e estão representados nas figuras 5, 6 e 7.



**Figura 5: Resposta TL dos 200 dosímetros LiF.**



**Figura 6: Resposta TL dos 200 dosímetros CaSO<sub>4</sub>.**



**Figura 7: Resposta TL dos 103 dosímetros micro LiF.**

#### 4. Discussão e Conclusões

Analisando os histogramas das sensibilidades dos dosímetros e a resposta TL do conjunto, foram selecionados lotes com resposta TL dentro de  $\pm 5\%$  dos diferentes tipos de dosímetros, o que apresenta uma boa homogeneidade nos valores. Os lotes selecionados para a realização dos testes de desempenho desses materiais em feixes clínicos de elétrons foram 152 dosímetros de LiF, 140 dosímetros de CaSO<sub>4</sub> e 101 microdosímetros de LiF.

Embora as mudanças nas condições de irradiação se reflitam na sensibilidade dos DTLs, a influência das alterações será a mesma sobre todo o conjunto de dosímetros, de modo que a seleção e o ordenamento dos dosímetros, de acordo com sua sensibilidade ao <sup>60</sup>Co, não são diferentes daqueles que seriam obtidos por meio de irradiações em uma unidade de teleterapia.

A seleção cuidadosa dos dosímetros é essencial para a precisão dos resultados obtidos nas irradiações nos feixes de elétrons. O pequeno

tamanho e a ampla faixa de dose mensurável dos dosímetros são vantagens fundamentais para utilizá-los em locais onde não é possível praticar outra forma de dosimetria.

O estudo seguirá com os dosímetros que foram selecionados, os quais serão divididos em novos lotes que serão irradiados com feixe de elétrons utilizando objetos simuladores de acrílico, água e água sólida, variando a espessura de 5 a 30 mm. Com isso, poderá ser estudada a dependência da resposta termoluminescente em função da energia máxima dos elétrons e com o objeto simulador.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à CNEN pelo apoio financeiro e pelas bolsas de Pós-Graduação.

## 6. Referências

- [1] KALMÁN, I. Report IAEA-SM-272/31, pg. 85. 2001
- [2] METCALFE, P.; KRON, T.; HOBAN, P. The physics of radiotherapy X-rays and electrons. Madison, WI: Medical Physics, 2007.
- [3] DUCH, M. A.; GINJAUME, M.; CHAKKOR, H.; ORTEGA, X.; JORNET, N.; RIBAS, M. "Thermoluminescence dosimetry applied to in vivo dose measurements for total body irradiation techniques." Radiother. Oncol. v. 47, n.º3, p. 319-324, 1998.
- [4] VENABLES, K.; MILES, E. A.; HOSKIN, P. J.; 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.
- [5] RUDÉN, B. Evaluation of the clinical use of TLD. Acta Radiol. Ther. Phys. Biol., v. 15, p. 447-464, 1976.
- [6] CAMPOS, L.L.; LIMA, M.F. "Thermoluminescent  $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$  + Teflon Pellets for Beta Radiation Detection". Rad. Prot. Dosim. 18, 2 ( 1987 ) 95
- [7] CAMPOS, L.L. "Preparation of  $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$  TL Single Crystals". J.Lum. 28 (1983 ) 481
- [8] NUNES, M. G.; CAMPOS, L. L. "Study of  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  and  $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$  detectors TL response to electron radiation using a SW solid water phantom." Radiation Measurements 2008.
- [9] TG-21 "A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams," MP 10: 741-771, 1983.
- [10] VUOLO, J. H. Fundamentos da Teoria de Erros. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.