

CARACTERIZAÇÃO DOSIMÉTRICA DE CaF_2 COMERCIAL PARA RADIÇÃO BETA DE $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$

Mércia L. Oliveira, Linda V.E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, São Paulo, Brasil

Resumo: As fontes de radiação beta de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ utilizadas em braquiterapia devem ser calibradas periodicamente. O procedimento de calibração destas fontes é dificultado devido as suas dimensões e a sua geometria, sobretudo no caso de aplicadores côncavos. Os dosímetros termoluminescentes são bastante adequados para esse fim, devido ao seu tamanho reduzido e a sua sensibilidade à radiação. O objetivo deste trabalho foi estudar as características dosimétricas de CaF_2 comercial para a detecção da radiação beta de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ para utilização na calibração de aplicadores planos e côncavos. Foram determinadas: a repetibilidade e a linearidade de resposta das amostras, e suas curvas de calibração.

Palavras chave: radiação beta, calibração de fontes de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, dosimetria termoluminescente.

1. INTRODUÇÃO

O fato da radiação beta apresentar baixa penetração no tecido humano faz com que este tipo de radiação seja bastante utilizado em procedimentos braquiterápicos, sobretudo em tratamentos oftálmicos e dermatológicos, nos quais as fontes radioativas são colocadas junto às áreas que se deseja tratar. Em geral, empregam-se fontes que emitem radiação beta de alta energia, tais como as de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Estas fontes constituem-se de uma placa metálica, plana ou côncava, na qual é depositado o material radioativo, recoberto por uma camada fina de prata. O isótopo ^{90}Sr decai, emitindo uma partícula beta com energia máxima de 0,65 MeV, no isótopo ^{90}Y , que também é um emissor beta. A energia máxima da radiação beta emitida pelo isótopo ^{90}Y é igual a 2,23 MeV [1,2].

As fontes de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ em uso no Brasil possuem certificados de calibração fornecidos por seu fabricante. Embora exista a necessidade de recalibração periódica destas fontes, não existem, no Brasil, laboratórios que ofereçam este serviço.

A calibração destas fontes é um procedimento complicado, sobretudo devido as suas dimensões e geometria. No caso das fontes planas, os instrumentos recomendados para calibração são as câmaras de extrapolação, que consistem de câmaras de ionização de volume variável [3,4]. Por meio de um parafuso micrométrico é possível variar a distância entre os eletrodos coletores da câmara e, por métodos de extrapolação, pode-se determinar a taxa de dose na

superfície [5]. Para as fontes côncavas, a utilização de câmaras de extrapolação planas não é o procedimento mais recomendado, devido à diferença de geometria. Nestes casos, são indicados métodos de dosimetria relativa, tais como filmes radiocrômicos, detectores de diamante e dosímetros termoluminescentes (TLDs) [4].

O fenômeno de termoluminescência tem sido amplamente utilizado para dosimetria das radiações ionizantes [6]. Dentre os materiais mais utilizados estão o fluoreto de lítio, o sulfato de cálcio e o fluoreto de cálcio, objeto de estudo deste trabalho [7].

O fluoreto de cálcio (CaF_2) sempre foi bastante utilizado como dosímetro TL estimulado principalmente por sua ocorrência na natureza. Porém, já em 1957, foi desenvolvido o CaF_2 sintético dopado com manganês e, em 1969, o CaF_2 dopado com disprósio [8]. Atualmente, estes dois materiais estão disponíveis comercialmente, sendo produzidos pela Harshaw Nuclear Systems e conhecidos por TLD-200 ($\text{CaF}_2:\text{Dy}$) e TLD-400 ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) [8].

O $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ é bastante sensível à radiação, sendo seu limite inferior de detecção da ordem de 0,1 μGy , e, por isso, tem sido usado em dosimetria ambiental e pessoal. Sua curva de emissão TL é bastante complexa, sendo composta por quatro picos de temperaturas baixas (entre 120 e 240°C) e dois picos de temperaturas altas (340 e 400°C) [9]. O $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ apresenta boa sensibilidade, detectando doses da ordem de 10 μGy [7], e curva de emissão simples, composta basicamente por um pico situado em torno de 260°C; este material é bastante utilizado na dosimetria das radiações X e gama [10].

O objetivo deste trabalho foi estudar as principais características dosimétricas de três tipos de materiais TL comerciais ($\text{CaF}_2:\text{Dy}$, $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ e $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ fino) para futura aplicação na calibração de fontes planas e côncavas de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

2. MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizados três tipos de dosímetros TL comerciais: $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ (Harshaw TLD-200), $3 \times 3 \times 0,9 \text{ mm}^3$; $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ (Harshaw TLD-400), $3 \times 3 \times 0,9 \text{ mm}^3$ e $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ fino (Harshaw TLD-400 fino), $3 \times 3 \times 0,25 \text{ mm}^3$.

As amostras foram calibradas utilizando-se uma fonte padrão de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ (109 MBq, 2003), Amersham Buchler,

calibrada no laboratório de padronização primária da Alemenha, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Esta fonte foi calibrada às distâncias de 11, 30 e 50 cm. As amostras foram irradiadas em um suporte especial de polimetil metacrilato (acrílico), cobertas por uma folha de plástico (Hostaphan) com $2,1 \text{ mg/cm}^2$ de densidade superficial.

As amostras foram também expostas à radiação beta de um aplicador plano de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ (Amersham), com 46 MBq (2003), no mesmo suporte de acrílico, à distância de 11 cm.

Antes de cada irradiação, as amostras foram tratadas termicamente a 400°C durante 30 min. O sistema leitor TL utilizado foi o Harshaw Nuclear System, Model 2000A/B, com uma taxa de aquecimento linear de $6,5^\circ\text{C/s}$. O ciclo de leitura durou 50 s, com um fluxo constante de N_2 de $5,0 \text{ L/min}$. A área foi integrada no intervalo de 50 a 350°C .

3. RESULTADOS

3.1. Repetibilidade

Para a determinação da repetibilidade da sua resposta, as amostras foram expostas cinco vezes, nas mesmas condições de geometria, à fonte padrão de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ com uma dose de 1 Gy. O desvio percentual máximo obtido foi: 9,2% para as amostras de TLD-200, 45% para as amostras de TLD-400 convencionais e 5,1% para as amostras de TLD-400 finas.

3.2 Curvas de Calibração

Foi determinada a resposta TL das amostras em função da dose absorvida de radiação beta. As amostras foram irradiadas com a fonte padrão de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ no intervalo de dose absorvida no ar de 1 a 70 Gy. Os resultados são mostrados na Figura 1. As curvas de calibração obtidas para as amostras de TLD-400 convencional e fino apresentaram comportamentos lineares em todo intervalo estudado de dose absorvida no ar. Já a curva de calibração do TLD-200 mostrou-se supralinear no mesmo intervalo de dose absorvida no ar. O desvio padrão percentual destas medidas foi sempre inferior a 9,0%.

3.3 Linearidade da Resposta TL

A linearidade da resposta TL das amostras foi obtida utilizando-se o aplicador plano de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. As amostras foram irradiadas por 1, 2, 4, 10 e 20 h. Os resultados são mostrados na Figura 2. As curvas obtidas para as amostras de TLD-400 convencional e fino apresentaram comportamentos lineares, enquanto que no caso das amostras de TLD-200 a curva apresentou-se supralinear. O desvio padrão percentual relativo a estas medidas foi sempre inferior a 6,6%.

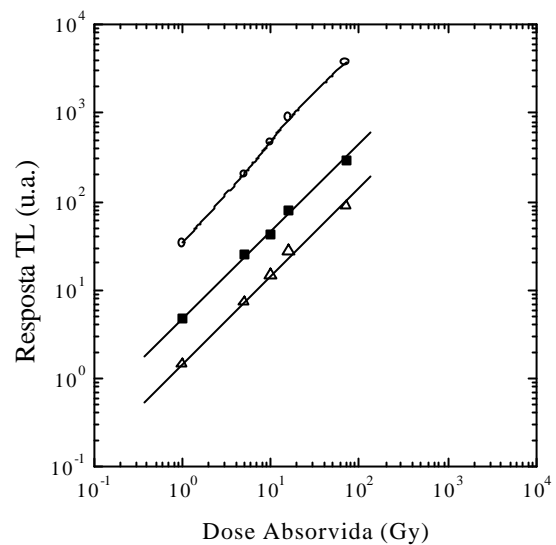


Figura 1 – Curvas de calibração para radiação beta de feixes padronizados de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, para TLD-200 (○), TLD-400 (△) e TLD-400 fino (□); os desvios percentuais dessas medidas foram iguais a 9,0%, 5,8% e 7,3%, respectivamente.

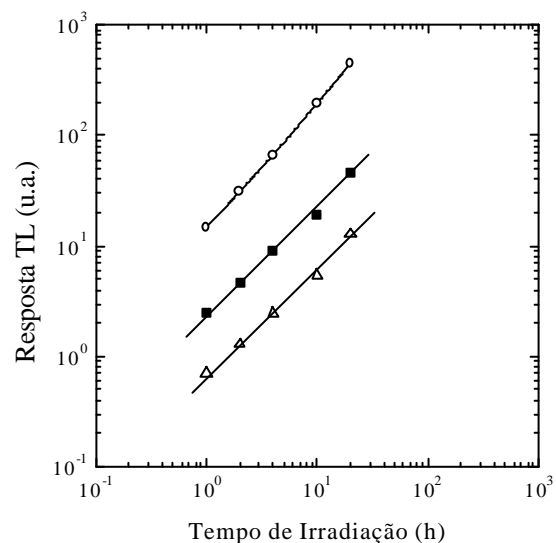


Figura 2 – Linearidade da resposta TL das amostras em função do tempo de irradiação com aplicador de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, para TLD-200 (○), TLD-400 (△) e TLD-400 fino (□); os desvios percentuais dessas medidas foram iguais a 3,0%, 6,6% e 3,5%, respectivamente.

3. CONCLUSÃO

Todos os materiais testados mostraram-se adequados à dosimetria da radiação beta de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, sendo os dosímetros de TLD-400 convencional e fino os que apresentaram respostas lineares em função tanto da dose absorvida no ar de feixes padronizados como do tempo de irradiação com o aplicador de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Devido à baixa penetração da radiação beta na matéria, os dosímetros mais finos são os mais indicados entre as amostras de TLD-400.

AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro parcial.

REFERÊNCIAS

- [1] I. Monteiro-Grillo, L. Gaspar, M. Monteiro-Grillo, F. Pires, J.M. Ribeiro da Silva, "Postoperative irradiation of primary or recurrent pterygium: results and sequelae", *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 48, pp. 865-869, 2000.
- [2] S.J. Goetsch, K.S. Sunderland, "Surface dose rate calibration of Sr-90 plane ophthalmic applicators", *Med. Phys.*, vol. 18, pp. 161-165, 1991.
- [3] C. De Almeida, L. Dewerd, H. Järvinen, and C. Soares, "Guidelines for the calibration of low energy photon sources and beta-ray brachytherapy sources", *SSDL Newsletter*, vol. 43, pp. 4-25, 2000.
- [4] International Commission on Radiation Units and Measurements, "Dosimetry of beta rays and low-energy photons for brachytherapy with sealed sources." *ICRU Draft Report*, 2001.
- [5] S.K. Dias, L.V.E. Caldas, "Development of an extrapolation chamber for the calibration of beta-ray applicators", *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 45, pp. 1666-1669, 1998.
- [6] R.K. Bull, "Thermoluminescence and its applications: an introduction", *Nucl. Tracks Radiat. Meas.*, vol. 11, pp. 105-113, 1986.
- [7] G. Portal, "Review of the principal materials available for thermoluminescent dosimetry", *Radiat. Prot. Dosim.*, vol. 17, pp. 351-357, 1986.
- [8] S.W.S. McKeever, "Thermoluminescence of solids", *Cambridge University Press*, Cambridge, 1985.
- [9] A. N. Yazici, R. Chen, S. Solak, Z. Yegingil, "The analysis of thermoluminescent glow peaks of $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ (TLD-200) after β -irradiation", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, vol. 35, pp. 2526-2535, 2002.
- [10] H.-E. Wang, S.-W. Lin, P.-S. Weng, P.-C. Hsu, "A study of the main glow peak for $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ ", *Appl. Radiat. Isot.*, vol. 46, pp. 869-873, 1995.

Dra. Linda V. E. Caldas, Centro de Metrologia das Radiações, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Av. Prof. Lineu Prestes 2242, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil, (11) 3816-9118, fax: (11) 3816-9117, e-mail: lcaldas@ipen.br.

Autoras: MSc. Mércia L. Oliveira, Centro de Metrologia das Radiações, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Av. Lineu Prestes, 2242, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil, (11) 3816-9211, fax: (11) 3816-9209, e-mail: mlolivei@ipen.br.