

Comparação das Características dos Dosímetros Termoluminescentes LiF:Mg,Ti e LiF:Mg,Cu,P

Pereira, M.S.¹, Filipov, D.^{1,2}, Schelin, H.R.²

¹ Departamento Acadêmico de Física (DAFIS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, PR

² Instituto de Pesquisa Pelé Pequeno Príncipe (IPPPP), Curitiba, PR

E-mail: dfilipov@utfpr.edu.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar as características dos dosímetros termoluminescentes do tipo LiF:Mg,Ti (TLD-100) e LiF:Mg,Cu,P (MCP) que foram adquiridos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Foram realizados os testes de sensibilidade do lote (apenas um TLD, do tipo MCP, não apresentou resposta dentro da esperada), linearidade (cujo resultado do MCP foi melhor que a do TLD-100), dependência energética (TLD-100 apresentou menor variação que o MCP) e reprodutibilidade (TLD-100 apresentou melhores resultados que o MCP). Dessa forma, ambos dosímetros, TLD-100 e MCP, atendem aos critérios para o monitoramento em radiodiagnóstico, entretanto o TLD-MCP mostrou-se mais adequado.

Palavras-chave: dosímetro termoluminescente, LiF:Mg,Ti, LiF:Mg,Cu,P.

Abstract: The aim of the current study was to compare the thermoluminescent dosimeters LiF:Mg,Ti (TLD-100) and LiF:Mg,Cu,P (MCP) data, which were acquired by the Federal Technological University – Paraná. Tests were realized, for this purpose, such as: sensitivity (only one MCP TLD did not present results within the limit range), linearity (whose MCP result was better than the TLD-100 one), energy dependence (TLD-100 presented lower variation than MCP TLD) and reproducibility (whose TLD-100 results were better than the MCP ones). The results from both dosimeters show that these TLDs attend radiodiagnostic dosimetry criteria, however MCP had more satisfactory results.

Keywords: thermoluminescent dosimeter, LiF:Mg,Ti, LiF:Mg,Cu,P.

1. INTRODUÇÃO

As exigências dosimétricas na física clínica têm mudado nos últimos anos, pois, foi necessária a criação de pequenos dosímetros capazes de detectar altos gradientes de dose e, ao mesmo tempo, garantir precisão e exatidão de

leitura, tanto na região de altas quanto de baixas doses. Por causa disto, são usados detectores pequenos e versáteis, os dosímetros termoluminescentes (TLD), os quais tem sido uma das mais importantes técnicas dosimétricas

na medicina por vários anos (DUGGAN, et al., 2004).

Dosímetros termoluminescentes com base de Fluoreto de Lítio, tais como o LiF:Mg,Ti (TLD-100) e o LiF:Mg,Cu,P (TLD MCP), são amplamente usados na dosimetria de radiações ionizantes, isso por conta de apresentarem alta sensibilidade para radiações ionizantes, além de possuírem composição equivalente ao tecido humano (GIESZCZYK, et al., 2013).

Para que um sistema dosimétrico termoluminescente seja estabelecido é necessário que testes sejam realizados – tais como: sensibilidade de um lote de mesmo grupo de TLDs, linearidade, dependência energética e reprodutibilidade (OLIVEIRA, P. M. C., et al., 2010).

Para caracterização da sensibilidade de um grupo de dosímetros de mesmo tipo, Freire (2008) comparou o LiF:Mg,Ti e LiF:Mg,Cu,P, avaliando 100 dosímetros de cada tipo do mesmo lote, e os valores obtidos para a sensibilidade individual para o TLD-100 apresentaram uma variação máxima de 10%, enquanto que o MCP, 9%.

Com relação à dependência energética, novamente, Freire, em 2008, comparou os dois dosímetros TL (100 e MCP) ao expô-los a altas e baixas energias. A conclusão do autor foi que o TLD-100 apresenta uma ampla dependência energética quando comparada com o MCP.

Na característica de linearidade, ainda no estudo comparativo de Freire (2008), os dois tipos de dosímetros termoluminescentes (TLD-100 e MCP) mostraram comportamento linear tanto para o feixe de radiodiagnóstico como para o ¹³⁷-Cs. No estudo de Maia e Caldas (2010), os coeficientes de correção para ajustar os pontos à função linear foram todos melhores que 0,991.

Para a reprodutibilidade, alguns autores (CAMPOS; L. L., 1983; OLIVEIRA e CALDAS,

2004; OBERHOFER e SCHARMANN, 1981) afirmam que a reprodutibilidade de resposta típica está entre 2% e 10%. Segundo a ISO 12794 (2000), os valores do coeficiente de reprodutibilidade devem ficar abaixo de 10%, sendo, portanto, o critério escolhido para a avaliação dos valores de reprodutibilidade dos dosímetros estudados no presente trabalho.

Tendo em vista que a dosimetria termoluminescente é muito utilizada e que é necessário que os dosímetros sejam submetidos a testes para a sua caracterização e avaliação da resposta, antes de serem usados, o objetivo deste trabalho é realizar os testes de sensibilidade, linearidade, dependência energética e reprodutibilidade nos TLDs-100 e MCP.

2. METODOLOGIA

Foram avaliados 19 dosímetros termoluminescentes do tipo LiF:Mg,Ti (TLD-100) e 14 do tipo LiF:Mg,Cu,P (MCP), ambos da RadPro International GmbH (Wermelskirchen, Alemanha), tipo chip, com dimensões de 3,5 mm x 3,5 mm e espessura de 0,8 mm. Para realizar a leitura dos dosímetros, foi utilizada a leitora Laboratory Reader-Analyser RA'04, cuja área da curva de emissão avaliada para o TLD-100 é de 160 °C a 300 °C e para o TLD-MCP de 100 °C a 250 °C.

A câmara de ionização, utilizada no teste de linearidade, é da Radcal Accu-Pro (Monrovia, CA, USA), modelo 10X6-6, com volume sensível de 6 cm³, é do tipo cilíndrica e possui certificado de calibração, cujo fator é de 0,859 mGy/mGy e não é necessário fazer as correções nos valores de temperatura e pressão, pois essa correção é feita de maneira automática pelo detector.

O equipamento de raios X, usado para realizar a maioria dos testes, é o RAY TEC modelo US 30/50 (São Paulo, SP, BR) com colimador RAY TEC CML/24V (São Paulo, SP, BR).

O primeiro teste ao qual todos os dosímetros foram submetidos foi o de sensibilidade. Neste teste, todos os dosímetros foram submetidos à irradiação no equipamento de Cobalto-60 Theratron 780C (Theratronics, Canadá) de um hospital radioterápico da região de Curitiba. Os TLDs foram colocados a 80 centímetros de distância da fonte e 10 cm de água sólida foram posicionadas acima e abaixo dos dosímetros. O campo irradiado possuía uma área de 15x15 cm² e o tempo de exposição foi de 0,03 min, gerando uma dose de 21,7 mGy.

Para o teste de linearidade, foram escolhidos, aleatoriamente, 8 dosímetros do tipo TLD-100 e 12 do tipo MCP. Também, foram utilizados TLDs brancos (dois de cada tipo), os quais não foram expostos ao feixe, para detectarem a radiação de fundo. Cada par de dosímetro irradiado foi posicionado ao lado da câmara de ionização cilíndrica (previamente descrita).

Para o teste de dependência energética, os TLDs foram irradiados no aparelho de Cobalto-60 (previamente descrito). Foram escolhidos 8 TLDs (de cada tipo), encapsulados aos pares, sendo que cada par foi colocado entre placas de água sólida (10 acima e 10 abaixo). Cada par de TLD, de cada tipo, foi submetido a um determinado tempo de exposição, cujos valores ficaram entre 0,03 e 0,06 min (com intervalos de 0,01 min).

Para o teste de reprodutibilidade, seis dosímetros do tipo LiF:Mg,Ti e quatro do LiF:Mg,Cu,P (aos pares), escolhidos de maneira aleatória, foram irradiados no equipamento de raios X RAY TEC US 30/50, com a técnica de 80 kVp (nominal) 20 mAs. Logo em seguida, os dosímetros foram lidos e tratados termicamente (procedimento o qual foi repetido 3 vezes). Todos os dez dosímetros foram irradiados ao mesmo tempo, posicionados sobre uma espuma (que manteve os dosímetros a uma distância da mesa para reduzir a contribuição da radiação

espalhada da mesma) e centralizados no raio central.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No teste de sensibilidade, o objetivo era verificar se a leitura dos dosímetros variavam acima de 10% (para o caso do TLD-100) ou 9% (no caso do MCP), segundo FREIRE, *et al.* (2008). Nenhum TLD-100 apresentou leitura fora deste parâmetro e, apenas um TLD-MCP apresentou variação de leitura de 10,8%, sendo esse descartado dos outros testes.

Os dois tipos de dosímetros estudados mostraram comportamento linear para a o feixe de radiodiagnóstico concordando com a literatura (FREIRE, *et al.* 2008; MAIA e CALDAS, 2010), porém o TLD do tipo MCP apresentou melhor linearidade que o TLD-100, ou seja, os valores do ajuste da reta foram melhores, porém a variação dos valores encontrados para o fator de calibração da curva de calibração no caso do TLD-100 foram de 0,63% enquanto para o MCP foi de 11,23%.

A reposta energética do MCP é maior por conta de sua sensibilidade mais elevada comparada com a do TLD-100. Além disso, o LiF:Mg,Ti apresentou uma menor dependência energética, para a faixa do radiodiagnóstico, que o MCP diferente dos resultados encontrados na literatura (FREIRE, *et al.* 2008), entretanto, ambos os resultados são satisfatórios.

Os valores de reprodutibilidade do LiF:Mg,Ti não ultrapassaram 6,38% e 8,88% para o LiF:Mg,Cu,P. Os resultados ficaram dentro do recomendado de 10% que a ISO 12794 (2000) e de acordo com alguns estudos (CAMPOS, 1983; OLIVEIRA e CALDAS, 2004; OBERHOFER e SCHARMANN, 1981), que verificaram valores de reprodutibilidade, típicas de materiais TL, entre 2% e 10%.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo verificar e comparar as características dos dosímetros termoluminescentes, LiF:Mg,Ti e LiF:Mg,Cu,P para garantir a confiabilidade dos dados das leituras destes dosímetros. No teste de sensibilidade, dos 33 dosímetros avaliados apenas um TLD do tipo MCP foi descartado, pois não obteve valor de sensibilidade na faixa aceitável ($\pm 9\%$). Os dois tipos de dosímetros estudados mostraram comportamento linear para a o feixe de radiodiagnóstico, concordando com a literatura empregada, porém o TLD do tipo MCP apresentou um comportamento mais linear que o TLD-100. O TLD-100 mostrou uma menor dependência energética, para a faixa do radiodiagnóstico, que o MCP diferente dos resultados encontrados na literatura, entretanto, ainda sendo satisfatórios. No teste de reprodutibilidade ambos dosímetros estudados apresentaram coeficientes que não excederam o critério de 10% aceitável por normas e outros autores.

Assim sendo, as duas variedades de dosímetros LiF estudadas são adequadas para o uso no dosimétrico. Entretanto os valores de linearidade, curva de calibração, sensibilidade do lote quando comparado com o TLD-100, mostram que o LiF:Mg,Cu,P é mais adequado para a aplicação na radiologia diagnóstica.

5. REFERÊNCIAS

CAMPOS, L. L., “Preparation of CaSO_4 :Dy TL single crystals”, *Journal Lumin.* 28 (4), 481-483 (1983).

DUGGAN, L.; HOOD, C.; WARREN-FORWARD, H.; HAQUE, M.; KRON, T., “Variations in dose response with x-ray energy of LiF:Mg,Cu,P thermoluminescence dosimeters: implications for clinical dosimetry”, *Phys. Med. Biol.* 49, 3831-3845 (2004).

FREIRE, C.; CALADO, A.; CARDOSO, J. V.; SANTOS, L. M.; ALVES, J. G., “Comparison of

LiF: (TLD-100 and TLD-100H) detectors for extremity monitoring”, *Radiation Measurements.* 43, 646-650 (2008).

FREIRE, L. C.; PEREIRA, M. F.; CALADO, A. M.; SANTOS, L. M.; CARDOSO, J. V.; ALVES, J. G., “Evaluation of the performance of two LiF:Mg,Ti and LiF:Mg,Cu,P doseimeters for extremity monitoring”, *Radiation Protection Dosimetry.* 144, 140-143 (2011).

GIESZCZYK, W; BILSKI, P; OLKO, P; HERRMANN, R.; KETTUNEN, H.; VIRTANEN, A.; BASSLER, N., “Evaluation of the relative thermoluminescence efficiency of LiF:Mg,Ti and LiF:Mg,Cu,P TL detectors to low-energy heavy ions”, *Radiation Measurements.* 51-52, 7-12 (2013).

International Organization for Standardization (ISO) 12794. “Nuclear Energy – radiation protection – individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes”, (2000).

MAIA, A. F.; CALDAS, L. V. E., “Response of TL materials to diagnostic radiology X radiation beams”, *Applied Radiation and Isotopes.* 68, 780-783 (2010).

OBERHOFER, M.; SCHARMANN, A., “Applied thermoluminescence dosimetry”, Adam Hilger, Bristol. 1981.

OLIVEIRA, M. L.; CALDAS, L. V., “Performance of different thermoluminescent dosimeters in $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ radiation fields”, *Radiation Protection Dosimetry.* 111 ;(1), 17-20 (2004).

OLIVEIRA, P. M. C.; PINHEIRO, L. J. S.; CASTRO, W. J.; GONZAGA, N. B.; SQUAIR, P. L.; NOGUEIRA, M. S.; TEÓGENES, A., “Estudo comparativo de dosímetros termoluminescentes para aplicação dosimétrica de pacientes em radiodiagnóstico”, *Congresso Brasileiro de Física Médica.* (2010).