

Artigo Original

recebido em 12/06/2001 e aceito em 04/04/2002

Resposta de dose de um dosímetro individual multifiltro para radiações X e gama

Response of dose of an personal dosimeter for X and gamma radiations

Cassiana Viccari de Moraes

Carlos Alberto Pelá

José Luiz Bruçó

Centro de Instrumentação, Dosimetria e Radioproteção, Dept. de Física e Matemática - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP
Cep.: 14040-901 - Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Resumo

A monitoração da dose recebida por trabalhadores expostos à radiação ionizante é feita normalmente através do uso de um monitor individual, usado na posição representativa da parte mais exposta da superfície do tronco. O objetivo principal é monitorar se as exposições, as quais os trabalhadores estão submetidos, estão sendo mantidas baixas, além de garantir que as restrições de dose não sejam ultrapassadas. O dosímetro aqui analisado é constituído por detectores termoluminescentes de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ sob filtros de plástico, cobre e cobre-chumbo. As respostas em termos de dose, de cada detector que compõe o dosímetro podem ser relacionadas segundo as suas curvas de dependência energética. Os valores de dose devido à exposição às radiações x e g são calculados por um algoritmo, levando-se em conta as respostas termoluminescentes dos detectores e a calibração dos mesmos. O algoritmo fornece valores de Dose Individual, H_x , definida como grandeza operacional para fótons, adotada no Sistema Metrológico Brasileiro. Em cada situação, dois valores de dose podem ser determinados pelo algoritmo, sendo analisados em função da qualidade da energia das radiações que sensibilizam o dosímetro. Mostra-se que os dois resultados satisfazem aos limites de aceitação estabelecidos pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD).

Palavras-chave: Dosimetria das Radiações, Dosímetro Individual, Monitoração Individual.

Abstract

The monitoring of dose received by workers exposed to ionizing radiation, is usually done by the use an individual monitor, used in the representative position of the most exposed part on the trunk surface. The main goal is to monitor whether the expositions, which the workers are undergone, are being kept low, and also to assure that the restrictions of dose are not exceeded.

The dosimeter analyzed here consists of thermoluminescent detectors of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ under plastic, copper and copper-lead filters. The responses in terms of dose, of each detector that compose the dosimeter are related according to its curves of energetic dependence. The values of dose due to exposure to x and g radiations are calculated by an algorithm, considering the thermoluminescent responses of detectors and their calibration. The algorithm provides values of Individual Dose, H_x , defined as operational quantity for photons, adopted in the Brazilian Metric System. In each situation, two values of dose can be determined by the algorithm, being analyzed in function of quality of energy of radiations that made the dosimeter sensitive. It is show that both results answer to the limits of approval established by Institute of Radioprotection and Dosimetry (IRD).

Keywords: Dosimetry of Radiations, Individual Dosimeter, Individual Monitoring.

Extended abstract

Introduction

The response of each detector that composes the dosimeter, due to the dose received, are related to each other according to their energy dependence curves.

The dose is calculated from the energy dependence curves for each detector-filter pair of the dosimeter by an algorithm, considering the calibration of the detectors and the T1 response, due to the x and y exhibition.

The algorithm supplies two dose values; being one of these values called dose average, which is the average of the dose values found inside an established error of 3%, and the other dose value calculated is called the minimum error dose, being, in other words, the situation in which the dose value found had the smallest error.

For several situations of sensitization of the dosimeter, the appraised dose values are compared with the curves of the true dose administered for the sensitization.

Material and Methods

The dosimeter is constituted by three detectors of $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$, followed by plastic, copper and copper-lead filters (Silva et al, 1995).

Once the energy dependence curves are established from experimented values of the duplicated theoretically simulated values, a graphic application table is built in which the values of relative answer are presented for each detector-filter pair, in function of the energy of the radiation x and y , in intervals of five keV.

Illustration 1 displays the graph of the curves of energy dependence for each detector-filter pair of the dosimeter.

Considering the possibility of establishing two independent mathematical relationships for the appraised values of the detectors it is possible to calculate the dose based on the sensitization with two energies. For this, it is presumed that the sensitization of the dosimeter happens for two beams with energies in the useful frequency band of the dosimeter and in proportions that totalize the whole. The next step is to seek proportions and energies that better adjust to the appraised values of the detectors.

For the group of three equal detector-filter pairs, with different combinations of radiation bunches and the correspondent dose proportion, the algorithm offers solutions that result in different dose values, being equally correct considering the error condition established. That condition

is the quadratic medium error among the relative readings of the detectors, as well as a solution for each sensitization situation.

The energy values that generate the dose value, or the energy value would produce an equivalent effect are calculated by the algorithm.

With the purpose of validating the dose values calculated by the algorithm, several combinations of energies were simulated from known energy values of the energy dependence curves of the dosimeter, in equal proportions, supposing there was the same sensibility for the detectors and a dose of 2.304 mSv.

Results

On table 1, the dose values with minimum error and the values of medium dose are shown, evaluated by the algorithm, when the sensitization involves different combinations of energy.

The dose values that were used here are values of H_x , individual dose, used in the Brazilian Metric System. That concept of Individual Dose is adopted by the Committee of Services Evaluation of Individual External Monitoring – CASMIE/IRD, with its greatness being related to the dose in the individual.

Uncertainties of experimental origin are not considered in this work.

Discussion and Conclusions

From the data shown on table 1, it has been concluded that when the detectors are hit by one or two bunches of energy, the algorithm supplies the exact solution and the dose value that better approaches the expected value, with minimum deviation, which is the dose value with minimum error. Larger deviations in the dose value with minimum error are observed when the sensitization involves the mixture of fields with low and high energies. In this case, the value of medium dose approaches best to the real dose value.

The value of medium dose used as a final result of the dose amount, is better adjusted in the practice, because the energy of the radiation that hit the detectors is not known. Values of equivalent energy, supplied by the algorithm, are helpful when evaluating the dose received by the individual. The indetermination strip inherent to the dosimetric system proposed in within the limits established by the IRD,(IRD/CNEN, 1995).

Introdução

Os sistemas dosimétricos apresentam diferentes respostas em função das propriedades físicas dos mesmos e da energia da radiação incidente. Baseando-se nos efeitos de interação da radiação com a matéria, procura-se usar elementos detectores com número atômico efetivo próximo do tecido humano. Quando isso não ocorre, pode-se usar detectores acompanhados por diversos filtros diferentes entre si. Neste caso a determinação da dose torna-se mais complexa, porém esta dificuldade na determinação da dose é compensada pela facilidade de obtenção e pelo baixo custo do detector termoluminescente ou, ainda, pela possibilidade de se obter informação sobre a qualidade da radiação que gerou a dose avaliada.

As respostas de cada detector que compõe o dosímetro, em função da dose recebida, se relacionam segundo as suas curvas de dependência energética.

A dose é calculada a partir das curvas de dependência energética para cada par detector-filtro do dosímetro, por um algoritmo, levando-se em conta a calibração dos detectores e as respostas TL, devido à exposição x e g .

O algoritmo fornece dois valores de dose; um valor é chamado dose média, que é a média dos valores de dose encontrados dentro de um erro estabelecido de 3%. Outro valor de dose calculado é denominado dose com erro mínimo, ou seja, é a situação onde o valor de dose encontrado tem o menor erro.

São comparados, para diversas situações de sensibilização do dosímetro, os valores avaliados de dose com os valores da dose verdadeira administrada para a sensibilização.

Materiais e métodos

O dosímetro é constituído por três detectores de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, seguidos por filtragens de plástico, cobre e cobre-chumbo (Silva et al, 1995). O filtro de plástico tem espessura de 2,3 mm, o filtro de cobre tem espessura de 1,0 mm e o filtro de cobre-chumbo tem espessura do chumbo de 0,5 mm e do cobre de 1,0 mm.

Uma vez estabelecidas às curvas de dependência energética a partir de valores experimentais e de valores simulados teoricamente, em um aplicativo gráfico constrói-se uma tabela onde são apresentados os valores de resposta relativa para cada par detector-filtro, em função da energia da radiação x e g , em intervalos de cinco keV.

A figura 1 mostra o gráfico das curvas de dependência energética para cada par detector-filtro do dosímetro.

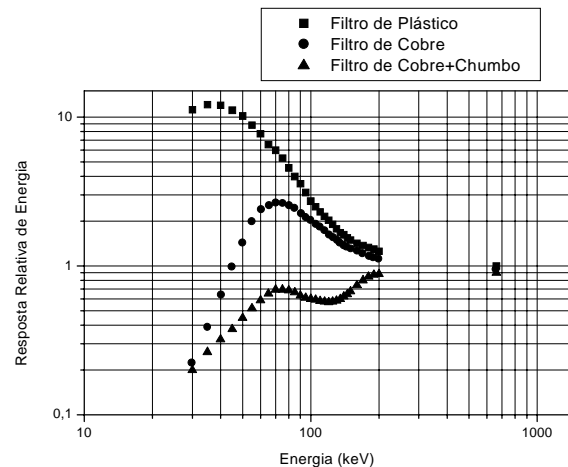


Figura 1: Curvas de Dependência Energética do Dosímetro. **Figure 1:** Energy-Dependence Curves of Dosemeter.

Considerando-se a possibilidade de estabelecer duas relações matemáticas independentes para os valores avaliados dos detectores é possível calcular a dose baseando-se na sensibilização com duas energias. Para isto faz-se a suposição de que a sensibilização do dosímetro ocorra para dois feixes com energias na faixa útil do dosímetro e em proporções que totalizam o todo. A seguir procuram-se as proporções e energias que melhor se ajustam aos valores avaliados dos detectores.

Para o conjunto de três pares detector-filtro, com diferentes combinações de feixes de radiação e a correspondente proporção de dose, o algoritmo oferece soluções que resultam em distintos valores de dose, sendo igualmente corretos considerando a condição de erro estabelecida. Essa condição é o erro médio quadrático entre as leituras relativas dos detectores e a que se propõe como solução, para cada situação de sensibilização.

Os valores de energia que geraram o valor de dose, ou os valores de energia que produziriam um efeito equivalente são calculados pelo algoritmo.

Com a finalidade de validar os valores de dose calculados pelo algoritmo, foram simuladas várias combinações de energias, a partir de valores de energia conhecidos das curvas de dependência energética do dosímetro, em proporções iguais, supondo a mesma sensibilização para os detectores e uma dose de 2,304 mSv.

Tabela 1. Valores de Dose. **Table 1.** Dose Values

Energia (keV)	DM(mSv)	E.Eq(keV)	DEM (mSv)	Desvio DM e DR(%)	Desvio DEM e DR (%)
30	2,293	30	2,304	0,48	0,00
100	2,322	100	2,304	0,78	0,00
160	2,252	160	2,304	2,26	0,00
660	2,262	>600	2,304	1,82	0,00
30+660	2,208	70	2,304	4,17	0,00
30+60	2,137	55	2,304	7,25	0,00
200+660	2,280	200	2,304	1,04	0,00
30+40+50+60	2,297	50	2,279	0,30	1,09
30+40+60+660	2,486	65	2,664	7,90	15,63
50+60+80+660	2,688	80	2,927	16,67	27,04
80+90+100+110	2,291	95	2,325	0,56	0,91
110+125+140+660	2,340	130	2,214	1,56	3,91

DM: é o valor de Dose Média fornecido pelo algoritmo; **DEM** é o valor de Dose Erro Mínimo fornecido pelo algoritmo; **DR:** é o valor de Dose Real. Incertezas de origem experimental não são consideradas neste trabalho.

Resultados

Na tabela 1, são mostrados os valores de dose com erro mínimo e de dose média, avaliados pelo algoritmo, quando a sensibilização envolve diferentes combinações de energia.

Os valores de dose aqui empregados são valores de H_x , dose individual, utilizada no Sistema Metroológico Brasileiro. Esse conceito de Dose Individual é adotado pelo Comitê de Avaliação de Serviços de Monitoração Individual Externa – CASMIE/IRD, como grandeza relacionada à dose no indivíduo.

Discussão e conclusões

A partir dos dados mostrados na tabela 1, conclui-se que quando os detectores são sensibilizados com um ou dois feixes de energia, o algoritmo fornece solução exata e o valor de dose que melhor se aproxima do valor esperado, com desvio mínimo é o valor de dose com erro mínimo. Desvios maiores no valor de dose com erro mínimo são observadas quando a sensibilização envolve a mistura de campos com baixas e altas energias. Nesse caso, o valor de dose média se aproxima melhor do valor de dose real.

O valor de dose média utilizado como resultado final da quantidade de dose, se ajusta melhor à prática, porque não se conhece a energia da radiação que sensibilizou os detectores. Valores de energia equivalente, fornecidos pelo algoritmo, auxiliam na hora de se avaliar a dose recebida pelo indivíduo. A faixa de indeterminação inerente ao sistema dosimétrico proposto se situa dentro dos limites estabelecidos pelo IRD, (IRD/CNEN, 1995).

Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem à CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

- Silva, T. A.; Rosa, L.A.R; Campos, L.L. (1995), "Thermoluminescence Dosimeter for Personal Dose Equivalent Assessment", *Radiation Protection Dosimetry*, v. 58, n. 1, p. 17-21.
- Instituto de Radioproteção e Dosimetria/ Comissão Nacional de Energia Nuclear (1995), *Regulamentos Técnicos Referentes ao Processo de Certificação de Sistemas de Monitoração Individual*, Brasil.
- Moraes, C.V. (1999), *Avaliação da Resposta de Dose de um Dosímetro Individual Multi-Filtro para Radiações X e Gama*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - Departamento de Física e Matemática, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 62 p., nov.