

MÉTODO SIMPLIFICADO DE DETERMINAÇÃO DE ENERGIA EFETIVA DE FEIXES DE RADIAÇÃO-X

por

M.P.P. ALBUQUERQUE & L.V.E. CALDAS*

RESUMO – Foi verificada a possibilidade de aplicação do método Tandem com um par de câmaras de ionização de placas paralelas, desenvolvidas no IPEN, e que diferem somente no material dos eletrodos coletores. Elas apresentam, portanto, respostas diferentes quanto à dependência energética. Esse método permite a determinação da energia efetiva e da taxa de exposição, no ar, de feixes de radiação-X não conhecidos (de energias baixas e médias).

INTRODUÇÃO

O sistema Tandem tem sido utilizado desde 1963 (CAMERON, SUNTHARALINGAM & KENNEY, 1968), em dosimetria termoluminescente (TL); consiste na utilização de dois dosímetros com dependências energéticas diferentes e permite a determinação da energia efetiva em campos de radiação-X não conhecidos.

A qualidade de um feixe de radiação-X é caracterizada normalmente pelo potencial do tubo, filtração total e a primeira camada semi-redutora (CSR). O conceito de energia efetiva também pode ser utilizado como um valor único de energia, para caracterizar a distribuição espectral de um feixe de radiação.

As câmaras de ionização possuem geralmente uma resposta dependente da qualidade da radiação devido ao seu projeto, composição e características operacionais. Esta dependência pode ser expressa pelos fatores de calibração em função das CSR, dada em termos de espessura de alumínio ou cobre.

O objetivo deste trabalho é verificar a possibilidade da formação de um sistema Tandem com duas câmaras de ionização de placas paralelas projetadas e construídas no IPEN

*-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP
Travessa "R" no. 400, Cidade Universitária
CEP 05499 São Paulo - SP - Brasil

(ALBUQUERQUE & CALDAS, 1989), comparando-se os resultados com os obtidos com um outro par de câmaras de características semelhantes, de um projeto anterior (CALDAS, 1990).

MÉTODO EMPREGADO

Foram utilizadas duas câmaras de ionização de placas paralelas neste estudo. Elas são de Lucite possuindo como material isolante o Teflon e como janela de entrada Mylar aluminizado com $0,84 \text{ mg.cm}^{-2}$ de densidade superficial e volume sensível de $0,6 \text{ cm}^3$, sendo uma com eletrodo coletor e anel de guarda de grafite (C) e a outra com eletrodo coletor e anel de guarda de alumínio (A).

Para a obtenção da curva de dependência energética de cada uma das câmaras, dois sistemas de radiação-X foram utilizados : a) Sistema de radiação-X de energias baixas pertencente ao Laboratório de Calibração do IPEN, São Paulo, Rigaku Denki (60 kV), modelo Geigerflex, Japão, com tubo Philips, modelo 2184/00, Holanda; b) Sistema de radiação-X de energias médias pertencente ao Laboratório de Calibração do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), Rio de Janeiro, modelo Stabilipan 300, Siemens, Alemanha.

Tanto no caso das medidas realizadas no IPEN como no IRD as câmaras foram acopladas a eletrômetros Nuclear Enterprises (NE) modelo 2502/3. Nos dois casos, as câmaras foram irradiadas no ar, tomando-se como ponto de referência a superfície das janelas de entrada.

RESULTADOS

O estudo da dependência energética das câmaras desenvolvidas no IPEN para energias baixas e médias (Tabela I) mostra que as câmaras possuem boas características metrológicas, principalmente a câmara com eletrodo coletor e anel de guarda de grafite, que possui comportamento comparável ao da câmara de ionização de placas paralelas padrão secundário NE, do IPEN, em termos de variação da resposta com a energia.

Na Fig. 1 foram representadas as curvas de dependência energética de cada uma das câmaras. Pode-se observar comportamentos completamente diferentes do fator de calibração em função da energia efetiva do feixe de radiação incidente, o que se constitui na maior vantagem em relação à formação de um sistema Tandem.

Tomando-se a razão entre os fatores de calibração das câmaras C e A foi obtido o gráfico da Fig. 2, que é a curva Tandem para este sistema. A incerteza associada em todos os casos foi menor que 0,4%.

Posicionando-se as câmaras A e C sucessivamente num feixe de radiação-X

desconhecido, pode-se obter, portanto, sua energia efetiva tomando-se apenas a razão entre as duas respostas (corrente de ionização) e utilizando-se o gráfico da Fig. 2. É claro que é necessário saber se o sistema de raios-X em questão é de energias baixas ou médias (devido ao fato da função que representa a curva da Fig. 2 não ser biunívoca), mas esta é uma informação óbvia, dada pela marca e modelo do equipamento. Sabendo-se a energia efetiva da radiação, pela Fig. 1 tem-se o fator de calibração (f_c) para, por exemplo, a câmara C. Obtém-se, portanto, a taxa de exposição no ar pela relação :

$$\dot{X} = f_c \cdot \dot{L} \quad (1)$$

onde :

\dot{L} = razão entre L (leitura) e o intervalo de tempo de medida e

\dot{X} = taxa de exposição no ar.

Comparando-se a curva Tandem obtida neste trabalho e a obtida para um outro par de câmaras do mesmo tipo, projetadas e construídas no IPEN, com testes feitos no exterior (CALDAS, 1990), verificou-se que os comportamentos são similares.

Uma aplicação prática deste método foi feita numa pesquisa em andamento no laboratório, onde houve a necessidade de se determinar a energia efetiva e a taxa de exposição de um feixe de radiação-X de baixas energias, a uma distância diferente da usada para a calibração de instrumentos e sem filtração normal adicional e sem colimador, apenas com um filtro de alumínio (espessura de 1,5mm) à frente das janelas das câmaras. As condições de irradiação necessárias e os resultados obtidos estão na Tabela II. A determinação da energia efetiva foi feita pelo procedimento citado acima e as taxas de exposição foram determinadas utilizando-se os fatores de calibração da câmara C.

CONCLUSÕES

As experiências realizadas mostram que o método, extremamente simples, permite a determinação tanto da energia efetiva como da taxa de exposição no ar de um feixe de radiação-X desconhecido, apenas pela medida das respostas das duas câmaras do sistema Tandem. É mais rápido e prático que o método convencional, dispensando o uso de absorvedores de diversas espessuras de alta pureza, importados, e de arranjos especiais.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Sr. Marcos Xavier pela assistência técnica e ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) pela possibilidade de utilização das instalações do Laboratório de Calibração.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, M.P.P. and Caldas, L.V.E.(1989) Nucl. Instr. Phys. Res., A280, 310-313.
- Caldas, L.V.E.(1990). "A sequential Tandem system of ionizing chamber for effective energy determination of unknown X-radiation fields". Radiat.Prot.Dosim. (submetido para publicação).
- Cameron, J.R.; Suntharalingam, N.; Kenney, G.N. (1968) "Thermoluminescent dosimetry". Madison, Wiscosin, Univ. Wiscosin.

A SIMPLIFIED METHOD FOR EFFECTIVE ENERGY DETERMINATION OF X-RADIATION FIELDS

ABSTRACT – The possibility of application of the Tandem method was verified using a pair of parallel-plate ionization chambers, developed at IPEN, and differing only in their collecting electrode materials. They show therefore different energy dependences in their responses. This method allows the determination of the effective energy and the exposure rate in air of unknown X-radiation fields (low and intermediate energies).

TABELA I

Dependência Energética de Câmaras de Ionização de Placas Paralelas
 ue : Unidade de Escala
 CSR : Camada Semi-Redutora

Radiação-X : Energias Baixas; IPEN						
CSR	Fator de Calibração $R \cdot ue^{-1} (x 10^{-4} C \cdot kg^{-1} \cdot ue^{-1})$					
(mmAl)	Câm. A		Câm. C		Padrão Secundário NE	
0,26	0,603	(1,56)	1,056	(2,73)	0,926	(2,39)
0,37	0,554	(1,43)	1,061	(2,74)	0,919	(2,37)
0,56	0,510	(1,32)	1,063	(2,74)	0,911	(2,35)
0,65	0,498	(1,28)	1,063	(2,74)	0,908	(2,34)
0,91	0,468	(1,21)	1,064	(2,75)	0,902	(2,33)

Radiação-X : Energias Médias; IRD						
(mmCu)	Câm. A		Câm. C		Padrão Secundário TK01	
0,06	0,433	(1,12)	1,023	(2,64)	0,877	(2,26)
0,16	0,428	(1,10)	0,996	(2,57)	0,866	(2,23)
0,50	0,476	(1,23)	0,970	(2,50)	0,864	(2,23)
1,00	0,554	(1,43)	0,968	(2,50)	0,862	(2,22)
2,02	0,662	(1,71)	0,988	(2,55)	0,859	(2,22)

TABELA II

Determinação da Energia Efetiva e da Taxa de Exposição pelo Sistema Tandem, Utilizando as Câmaras de Ionização de Placas Paralelas do IPEN (A e C), de um feixe de Radiação-X de Energias Baixas.

**Filtro : 1,5 mmAl; Distância Foco-Câmara : 9 cm
Laboratório de Calibração, IPEN.**

	1ª Situação	2ª Situação
Tensão (kV)	40	50
Corrente (mA)	30	20
Razão entre as Leituras das Câmaras	2,181	2,247
Energia Efetiva (keV)	19,2	21,1
Taxa de Exposição no Ar x 103R.min-1 (C.kg-1.min-1)	0,819 (0,211)	0,824 (0,213)

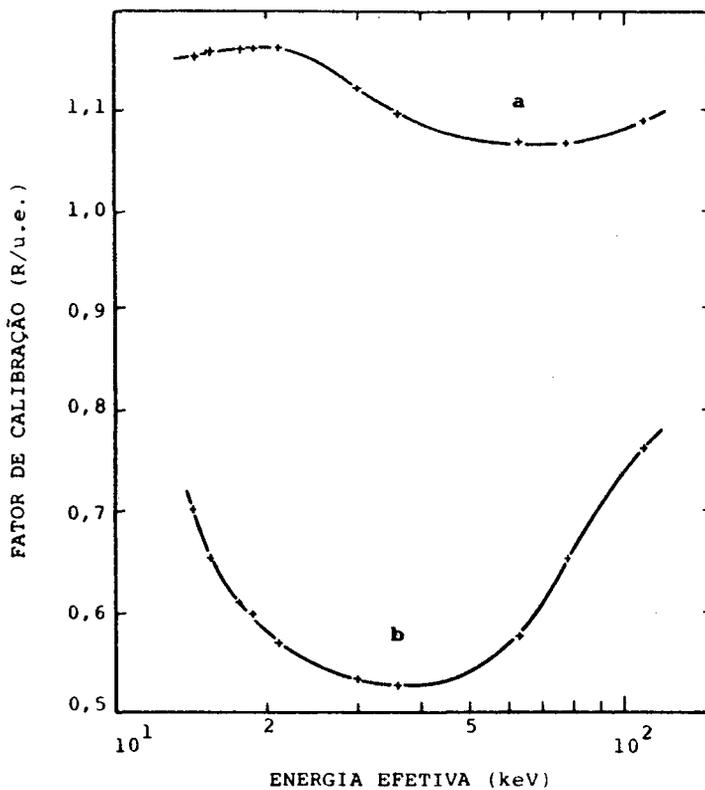


Figura 1. Dependência energética das câmaras de ionização de placas paralelas C (a) e A (b) para radiação-X
u.e : unidade de escala

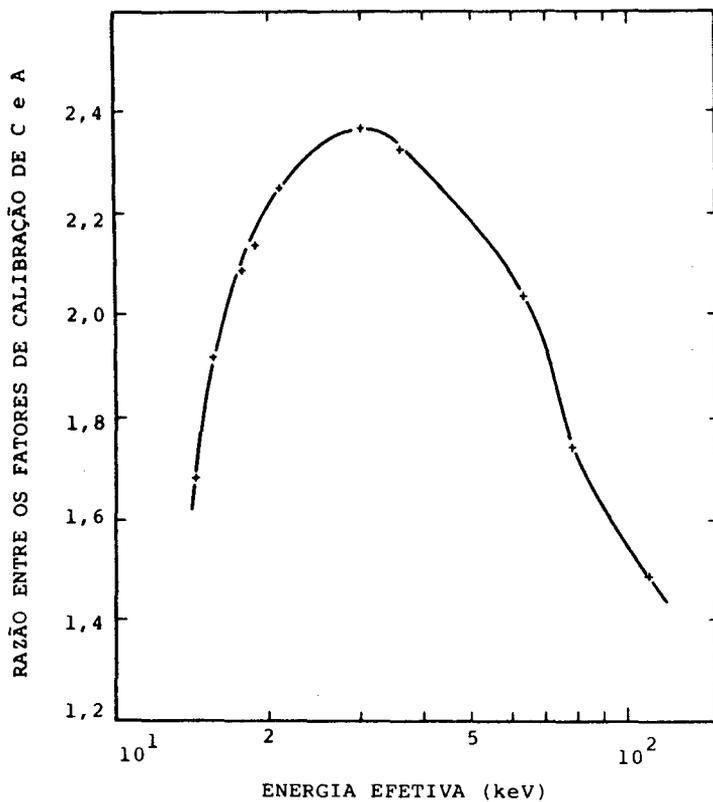


Figura 2. Curva Tandem das câmaras de ionização de placas paralelas C e A para radiação-X