

Desempenho de um sistema Tandem de câmaras de ionização em feixes padrões de radiação X de energias intermediárias

A. M. da Costa e L. V. E. Caldas
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
Caixa Postal 11049
05422-970, São Paulo, SP, Brasil
Fone: (11)3816-9211
Fax: (11)3816-9209
e-mail:amcosta@net.ipen.br

Resumo

Duas câmaras de ionização de placas paralelas idênticas e com eletrodos coletores de materiais diferentes, desenvolvidas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil, foram testadas em feixes padronizados de radiação X de energias intermediárias, primeiro separadamente e depois simulando uma câmara de ionização especial, de dupla face, em sistema Tandem. O objetivo deste trabalho é verificar a possibilidade de utilização de sistemas Tandem destas câmaras nesta faixa de energia. Foram obtidos resultados que mostram a possibilidade de utilizar-se sistemas Tandem de câmaras de ionização de placas paralelas para confirmação dos valores de camadas semi-redutoras e de energias efetivas em feixes de radiação X de energias intermediárias, embora estas câmaras não sejam recomendadas para determinação de dose absorvida nesta faixa de energia.

Palavras chave câmara de ionização, radiação X, sistema Tandem, controle de qualidade.

1 Introdução

Foram formados e testados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil, sistemas Tandem compostos por tipos diferentes de câmaras de ionização.¹⁻³ Consistem de duas câmaras individuais com dependências energéticas diferentes e permitem a confirmação dos valores de camadas semi-redutoras e de energia efetiva em feixes de radiação X, previamente determinados pelo sistema convencional.

Os sistemas Tandem de câmaras de ionização têm apresentado desempenho adequado nos programas de controle de qualidade para os testes rotineiros de confirmação dos valores de camadas semi-redutoras e de energia efetiva em feixes de radiação X, dispensando a utilização de absorvedores ou de qualquer outro tipo de arranjo especial, como no caso da técnica convencional.

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento de câmaras de ionização de placas paralelas em feixes padrões de radiação X de energias intermediárias para verificar a possibilidade de sistemas Tandem destas câmaras para esta faixa de energia.

2 Materiais e Métodos

Foram utilizadas duas câmaras de ionização de placas paralelas desenvolvidas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil, por Albuquerque e Caldas.¹ As duas câmaras

são de Lucite, tendo como material isolante Teflon e como janelas de entrada Mylar aluminizado com $0,84 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ de densidade superficial, e com um volumes sensíveis de $0,6 \text{ cm}^3$. A diferença entre as duas câmaras é o material do eletrodo coletor e do anel de guarda, sendo que em uma delas é alumínio (câmara A) e na outra é grafite (câmara C). Estas duas câmaras foram numa segunda etapa deste trabalho coladas uma à outra, simulando uma câmara especial, de dupla face, para constituir uma única câmara Tandem.

As câmaras foram acopladas ao eletrômetro Physikalisch-Technische Werkstätten, Alemanha, modelo UNIDOS.

As irradiações foram realizadas com o equipamento de raios X Pantak, EUA, modelo HF320, cujo tubo tem uma janela com 3 mm de berílio, alvo de tungstênio, e opera até 320 kV. Neste trabalho a tensão no tubo foi variada de 100 a 250 kV. As características deste sistema são apresentados na Tabela 1.

O sistema padrão de trabalho com o qual as câmaras foram calibradas é composto de uma câmara de ionização cilíndrica modelo 2505/3 (volume sensível de $0,6 \text{ cm}^3$), da Nuclear Enterprises Ltd., Inglaterra, acoplada ao eletrômetro Physikalisch-Technische Werkstätten, modelo UNIDOS, Alemanha, e com certificado de calibração do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, Brasil.

Também foi utilizada uma fonte de controle de ^{90}Sr do Physikalisch-Technische Werkstätten, Alemanha, com atividade nominal de $33,3 \text{ MBq}$, 1988, type 8921, juntamente com um suporte especialmente desenvolvido e fabricado no IPEN com a finalidade de assegurar uma geometria fixa no posicionamento da fonte em relação à câmara para realização dos testes de estabilidade a curto e a longo prazos.

Como as câmaras utilizadas não são seladas, todas as medições foram corrigidas levando-se em conta as condições normais de temperatura e pressão.

3 Resultados e Discussões

Para o teste de estabilidade a curto prazo, ou teste de repetitividade, dez medições sucessivas foram feitas várias vezes para as câmaras A e C separadamente e coladas uma à outra. Os resultados obtidos simulando uma única câmara especial foram os mesmos obtidos num sistema de duas câmaras, ou seja, para todos os casos o desvio padrão porcentual mostrou-se inferior a 0,5%. No caso do teste de estabilidade a longo prazo, ou teste de reprodutibilidade, as medições foram realizadas diariamente por um período de aproximadamente um mês, sob as mesmas condições geométricas. Comparando-se os resultados com um valor de referência, os desvios estão todos dentro de $\pm 1\%$, que é o valor estabelecido por norma para instrumentos de campo.⁴

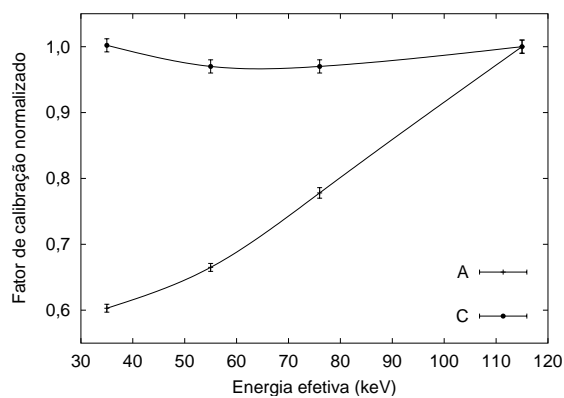
A fim de se estudar a dependência energética de cada câmara para raios X de energias intermediárias, foram realizadas medições utilizando-se as condições experimentais da Tabela 1, embora as câmaras recomendadas para detecção de raios X nesta faixa de energia sejam as do tipo dedal.⁵ Os fatores de calibração foram obtidos em relação ao sistema padrão de trabalho. A diferença entre os fatores de calibração das câmaras A e C medidas separadamente e coladas uma à outra mostrou-se significativa apenas no caso da câmara A, sendo inferior a 10%.

As Figuras 1(a) e 1(b) mostram os fatores de calibração normalizados para 115 keV em função da energia efetiva do feixe incidente. As câmaras A e C têm dependência energética diferente devido ao fato de possuírem eletrodos coletores de materiais diferentes. Isto constitui a principal vantagem na formação de um sistema Tandem.

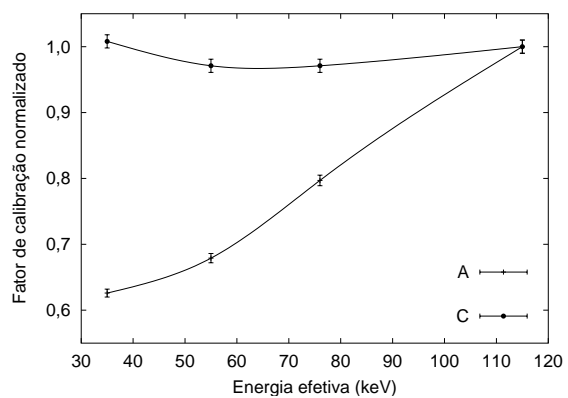
A Figura 2 apresenta a curva Tandem para o sistema de duas câmaras medidas separadamente e para o sistema de duas câmaras coladas. As curvas foram obtidas da razão entre os fatores de calibração da câmara C e da câmara A.

Tabela 1: Características do sistema de raios X e fatores de calibração das câmaras A, C e Tandem (medida do lado de cada câmara A e C), comparadas com o sistema padrão de trabalho (câmara P). Distância foco-câmara: 100 cm. Diâmetro do campo: 10 cm.

Tensão no tubo (kV)	Camada semi-redutora (mm)	Energia efetiva (keV)	Fator de calibração ($\text{mGy} \cdot \text{nC}^{-1}$)				
			Câmara P	Câmara A	Câmara C	Câmara Tandem A	Câmara Tandem C
100	3,759 Al	35	39,64(28)	17,27(12)	40,32(28)	16,22(11)	40,50(29)
135	0,466 Cu	55	39,91(28)	19,04(13)	39,01(27)	17,60(12)	38,98(27)
180	0,950 Cu	76	40,39(28)	22,29(15)	39,02(27)	20,66(14)	38,98(27)
250	2,388 Cu	115	40,63(28)	28,65(20)	40,23(28)	25,93(18)	40,16(28)



(a) Câmaras A e C separadas



(b) Câmaras A e C coladas uma à outra

Figura 1: Dependência energética das câmaras A, C e Tandem, para radiação X. Os fatores de calibração foram normalizados para a energia efetiva de 115 keV.

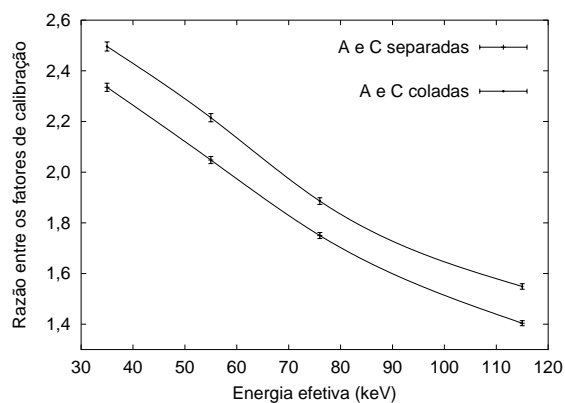


Figura 2: Curvas Tandem das câmaras A e C separadas e coladas, para radiação X

O método é muito simples e permite a determinação da energia efetiva (ou camada semi-redutora da radiação incidente, se os fatores são representados em função desta grandeza) bem como da taxa de kerma no ar, somente pelas medições com as câmaras A e C posicionadas sucessivamente no feixe de radiação X.

4 Conclusões

Os resultados obtidos mostram a possibilidade de utilizar-se sistemas Tandem de câmaras de ionização de placas paralelas para confirmação dos valores de camadas semi-redutoras e de energia efetiva em feixes de radiação X de energias intermediárias, embora estas câmaras não sejam recomendadas para dosimetria nesta faixa de energia. Verificou-se também ao estudar o comportamento das duas câmaras coladas uma à outra, simulando uma câmara especial, de dupla face, que a construção de câmaras de ionização de placas paralelas especiais, com eletrodos coletores de materiais diferentes (para se obter dependências energéticas diferentes), de dupla face, em sistema Tandem, é exequível e muito apropriado, principalmente no que se refere a sua aplicação. A maior vantagem deste tipo de câmara é proporcionar maior rapidez na obtenção dos resultados, possibilitando o aumento da frequência dos testes de controle de qualidade dos feixes. Além disso, este sistema diminui o risco de erro de posicionamento da câmara, bastando girá-la entre uma condição e outra.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq).

Abstract

Two identical parallel-plate ionization chambers with collecting electrodes of different materials, developed at Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brazil, were tested in standard medium-energy X-radiation beams, first separately and after simulating a double-faced special ionization chamber in a Tandem system. The purpose of this work is to verify the possibility of use of a Tandem system of these chambers in this energy range. The results obtained show that it is possible to use a Tandem system of parallel plate ionization chambers for confirmation of half-value layers and effective energies in medium-energy X-radiation beams, although these chambers are not recommended for absorbed dose determination in this energy range.

Keywords ionization chamber, X-radiation, Tandem system, control quality.

Referências

- ¹ M. P. P. Albuquerque and L. V. E. Caldas, "New ionization chambers for beta and X-radiation," Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. **A280**, 310–313 (1989).
- ² L. V. E. Caldas, "A sequential Tandem system of ionisation chambers for effective energy determination of radiation fields," Radiat. Prot. Dosim. **36(1)**, 47–50 (1991).
- ³ E. P. Galhardo e L. V. E. Caldas, "Metodologia para dosimetria em campos de radiação X – nível radioterapia – utilizando sistemas Tandem de câmaras de ionização comerciais," Radiol. Bras. **33**, 237–231 (2000).
- ⁴ IEC, "Medical electrical equipment. Dosimeters with ionization chambers as used in radiotherapy" (IEC 60731) (July 1997).
- ⁵ IAEA, "Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water" (IAEA, Vienna, Technical Report Series No. 398) (2000).