

## ESTABELECIMENTO DE CONDIÇÕES ALTERNATIVAS PARA CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS COM RADIAÇÃO BETA

F.D.G. Rocha e L.V.E. Caldas

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

### RESUMO

Utilizando-se uma câmara de extrapolação e o sistema padrão secundário beta do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN, constituído por fontes de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 MBq) e  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq), foi verificada a influência do filtro homogeneizante na determinação dos fatores de calibração da câmara, bem como na determinação dos fatores de transmissão da radiação beta no ar, para que fossem obtidas diferentes condições alternativas para a calibração de monitores portáteis beta-gama. Variou-se ainda a distância entre cada fonte e a câmara de extrapolação, com e sem a presença do referido filtro, verificando-se assim a validade da lei do inverso do quadrado da distância no intervalo de 20 a 100 cm para ambas as fontes.

### INTRODUÇÃO

O Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN vem executando serviços de calibração de monitores portáteis com radiação gama, beta e alfa. São calibrados cerca de 1000 aparelhos por ano. Para a calibração de instrumentos com radiação beta, o Laboratório conta com um sistema padrão secundário do qual fazem parte quatro fontes intercambiáveis de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e  $^{147}\text{Pm}$ . São utilizados filtros homogeneizantes constituídos de folhas finas de plásticos, que são montadas perpendicularmente no eixo do campo de radiação a uma certa distância da fonte, sendo a sua função garantir que a taxa de dose absorvida no ar seja uniforme numa área de 10 cm de diâmetro, à distância de calibração para as fontes de  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  e uma das de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 MBq).

As câmaras de extrapolação, que são câmaras de ionização de volume variável, de placas paralelas, constituem os detectores de referência para a radiação beta, em laboratório [4,5]. Elas são utilizadas em laboratórios de padronização secundária.

As câmaras de extrapolação são também utilizadas para a determinação das taxas de dose produzidas em um simulador por partículas beta e raios-X de baixa

energia [1]. As características de desempenho da câmara de extrapolação utilizada neste trabalho foram estudadas por Caldas [3].

A calibração de instrumentos com radiação beta apresenta vários problemas devido à dificuldade de obtenção de campos uniformes de radiação, e muitas vezes devido à forma e às dimensões dos equipamentos a serem calibrados, torna-se difícil a utilização das condições impostas nos certificados das fontes.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência dos filtros homogeneizantes na determinação dos fatores de calibração bem como na determinação dos fatores de transmissão da radiação beta no ar, utilizando-se para isto duas fontes de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  com atividades diferentes. Variou-se também a distância entre cada fonte e a câmara de extrapolação, com e sem a presença do filtro homogeneizante, para que fossem obtidas diferentes condições alternativas para a calibração de monitores portáteis beta-gama.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se para as medidas da corrente de ionização uma câmara de extrapolação PTW, modelo 23391A, Alemanha, acoplada a um eletrômetro digital Keithley Instr. Inc., modelo 616, EUA. A câmara de extrapolação é composta por dois eletrodos principais, planos e paralelos, dos quais um é móvel e ajustável por um parafuso micrométrico externo. A profundidade da câmara pode ser variada de 0,5 a 25,0 mm, sendo o diâmetro da janela de entrada da câmara de 60 mm. A tensão elétrica entre os eletrodos da câmara foi aplicada com o uso de uma fonte de tensão Tectrol, modelo TC 300-002, e para o controle desta tensão utilizou-se um multímetro digital TRIEL, modelo MTR 4410, EUA. O campo elétrico entre os eletrodos da câmara foi mantido constante em 10 V/mm, durante todas as medidas. Neste estudo foram utilizadas as fontes de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 e 1850 MBq) cujas especificações são apresentadas na Tabela I. Variando-se a distância entre os eletrodos da câmara de extrapolação (profundidade) entre 0,70 e 2,50 mm, foram obti

das as curvas de extrapolação com e sem a presença do filtro homogeneizante.

TABELA I  
CARACTERÍSTICAS DAS FONTES UTILIZADAS

Radionuclídeos	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$
Atividade Nominal (MBq)	74	1850
Meia-Vida (anos)	$28,5 \pm 0,8$	$28,5 \pm 0,8$
Energia Média da Radiação (MeV)	0,80	0,80
Taxa de dose absorvida no ar ( $\mu\text{Gy/s}$ )	1,707	70,6
Taxa de dose absorvida no tecido ( $\mu\text{Gy/s}$ )	1,896	78,4
Filtro homogeneizante	Sim	Não
Distância de calibração (cm)	30	30
Data de referência	12.01.81	04.02.81

A partir das curvas de extrapolação foram obtidos os coeficientes angulares B, relacionados com os fatores de calibração  $f_c$ , através da seguinte expressão:  $f_c = \dot{D}_c \cdot B^{-1}$ , onde  $\dot{D}_c$  é a taxa de dose absorvida no ar em  $\mu\text{Gy/s}$  e B é o coeficiente angular da reta em A/mm.

O estudo da variação da distância entre cada fonte e a câmara de extrapolação foi feito mantendo-se o volume da câmara e o campo elétrico constantes, com e sem a presença do filtro homogeneizante. A profundidade da câmara e a tensão aplicada foram mantidas fixas em 2,50 mm e 25,0 V, respectivamente, e a distância entre cada fonte e a câmara foi variada entre 11 e 100 cm.

As experiências para a determinação dos fatores de transmissão foram realizadas mantendo-se fixas a profundidade (2,50 mm) e a tensão (25,0 V) da câmara de extrapolação, além da distância entre fonte e detector (30 cm).

A câmara foi recoberta sucessivamente por absorvedores constituídos por folhas finas de diversas espessuras bem controladas, colocadas tão próximas quanto possível da janela de entrada da câmara. Foram utilizados absorvedores de plástico Hostaphan, com

espessuras entre 2,5 e 300  $\mu\text{m}$ , e placas de Lucite, com espessuras de 1,00 e 1,15 mm.

## RESULTADOS

Na Fig. 1 estão representadas as curvas de extrapolação para a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq), obtidas para a distância de calibração de 30 cm, com e sem a presença do filtro homogeneizante, a fim de verificar a sua influência. Através das curvas de extrapolação foram obtidos os coeficientes angulares B, relacionados com os fatores de calibração da câmara, que são mostrados na Tabela II, para as fontes com atividades de 74 e 1850 MBq, nas condições do certificado de calibração PTB, Alemanha, que acompanha o sistema padrão secundário.

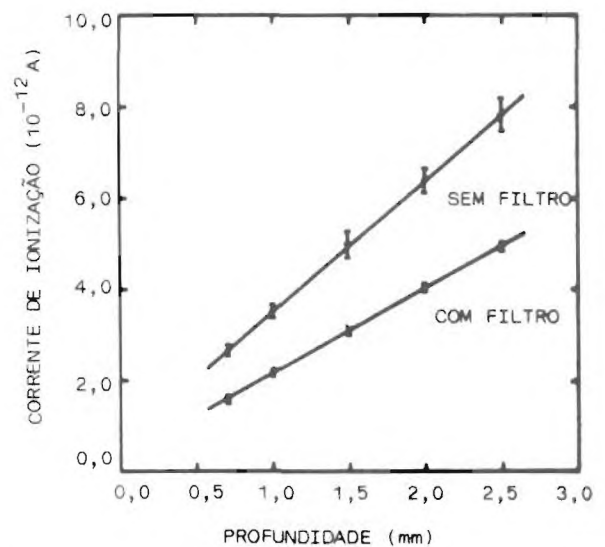


Fig.1: Curva de Extrapolação com Fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq) com e sem a Presença do Filtro Homogeneizante.

TABELA II  
FATORES DE CALIBRAÇÃO PARA A  
CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO PTW

Fonte	Distância de Calibração (cm)	Coefficiente Angular B (A/mm)	Fator de Calibração $10^{10} \text{Gy} \cdot \text{mm} / \text{h} \cdot \text{A}$
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (74 MBq) com filtro homogeneizante	30	$6,327 \times 10^{-14}$	7,363
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (1850 MBq) sem filtro homogeneizante	30	$2,879 \times 10^{-12}$	6,727

Como neste certificado de calibração das fontes não há dados de taxa de dose da fonte  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq) com filtro e da fonte  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 MBq) sem filtro, só foi possível, quanto à verificação da influência do filtro homogeneizante, a comparação dos coeficientes angulares B, obtidos das curvas de extrapolação. A Tabela III apresenta os resultados para os coeficientes angulares B.

TABELA III  
EFEITO DO FILTRO HOMOGENEIZANTE

Fonte	Coeficiente Angular B (A/mm)		$\frac{B_1 - B_2}{B_2} \cdot 100\%$
	Fonte c/ filtro $B_2$	Fonte s/filtro $B_1$	
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (1850 MBq)	$1,865 \times 10^{-12}$	$2,879 \times 10^{-12}$	54,4
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (74 MBq)	$6,326 \times 10^{-14}$	$10,346 \times 10^{-14}$	63,5

A Fig.2 representa o estudo da variação da resposta da câmara de extrapolação com a distância entre a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq) e o detector, com e sem a presença do filtro homogeneizante.

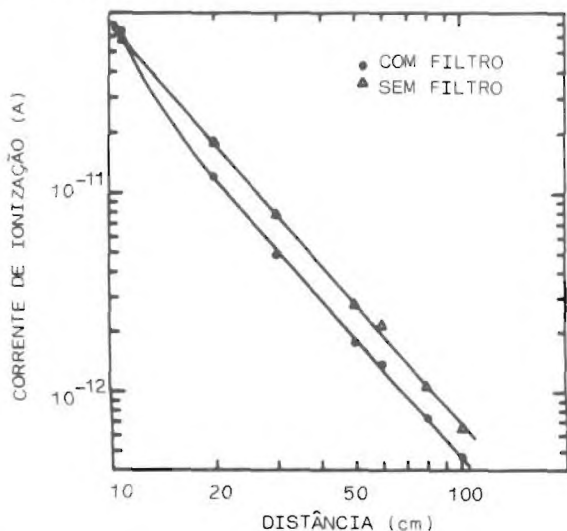


Fig.2: Variação da Distância entre Fonte e Câmara; Fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq).

Pode-se observar que para a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq), a lei do inverso do quadrado da distância é válida somente de 11 a 100 cm sem a presença do filtro e de 20 a 100 cm com a presença do filtro homogeneizante.

Apesar de não serem mostrados os resultados obtidos para a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 MBq) são semelhantes aos obtidos com a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq).

O desvio padrão foi inferior a 6,2% no caso das me-

didadas com a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq) e a 7,9% com a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 MBq).

Nas Tabelas IV e V são apresentados os fatores de transmissão em função da espessura de material absorvedor equivalente ao tecido para as fontes de 74 e 1850 MBq respectivamente, com e sem a presença do filtro e para a distância fonte-detector de 30 cm. Pode-se observar (Tabelas IV e V) que os fatores de transmissão no início são crescentes, em função da espessura do absorvedor, atingem um máximo para 50 mg/cm<sup>2</sup>, para ambas as fontes, apresentando-se a seguir decrescentes. A diferença encontrada entre os fatores determinados no presente trabalho e os do certificado de calibração, deve-se às diferentes condições existentes entre laboratórios primários e secundários. Aproximadamente a mesma variação foi vista por Caldas [2] em outro laboratório.

TABELA IV  
FATORES DE TRANSMISSÃO NO TECIDO PARA  
A FONTE  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 MBq)

Espessura de Tecido (mg/cm <sup>2</sup> )	T com filtro	T sem filtro	T certificado com filtro
0	1,000	1,000	1,000
2	1,015	1,010	1,017
4	1,031	1,024	1,027
5	1,037	1,028	1,032
7	1,042	1,037	1,041
10	1,057	1,048	1,054
20	1,077	1,070	1,085
50	1,067	1,078	1,118
100	0,98	0,990	1,056

TABELA V  
FATORES DE TRANSMISSÃO NO TECIDO PARA  
A FONTE  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq)

Espessura de Tecido (mg/cm <sup>2</sup> )	T com filtro	T sem filtro	T certificado sem filtro
0	1,000	1,000	1,000
2	1,009	1,026	1,029
4	1,018	1,044	1,046
5	1,022	1,051	1,053
7	1,028	1,060	1,068
10	1,034	1,072	1,084
20	1,051	1,098	1,122
50	1,053	1,106	1,175
100	0,965	1,024	1,121

## CONCLUSÃO

Através deste estudo foi possível verificar o intervalo de validade da lei do inverso do quadrado da distância da resposta da câmara de extrapolação PTW para a radiação beta de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (74 e 1850 MBq) entre 20 e 100 cm com a presença do filtro, entre 11 e 100 cm sem a presença do filtro, para ambas as fontes.

A influência do filtro homogeneizante pode ser verificada pelos valores dos coeficientes angulares utilizados para a determinação dos fatores de calibração da câmara e também pelos fatores de transmissão determinados para a distância de calibração de 30 cm.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Sr. Marcos Xavier, pelo apoio técnico fornecido durante a elaboração deste trabalho e à CAPES pelo apoio financeiro em forma de bolsa de Pós-Graduação à Felícia D.G. Rocha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Böhm, J.; Schneider, U.; "Review of Extrapolation Chamber Measurements of Beta Rays and Low Energy X Rays", Radiat. Prot. Dosim., Inglaterra, 14 (2): 193-98, 1986.
2. Caldas, L.V.E.; "Alguns Métodos de Calibração e de Dosimetria da Radiação Beta", Tese de Doutorado, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 1980.
3. Caldas, L.V.E.; "Performance Characteristics of an Extrapolation Chamber for Beta Radiation Detection", Appl. Radiat. Isot., Inglaterra, 37(9): 988-990, 1986.
4. Eckerl, H.; Nahrstedt, V.; "The GSF Secondary Standard Dosimetry Laboratory for Photon and Beta Radiation", GSF-Report S-785, Alemanha, 1981.
5. Pruitt, J.S.; Soares, C.G.; Ehrlich, M.; "NBS Measurement Services: Calibration of Beta Particle Radiation Instrumentation and Sources", Natl. Bur. Stand., EUA, Spec. Publ. 250-21:1-67, 1988.

## ENDEREÇO PARA CONTACTO

Felícia Del Gallo Rocha  
IPEN-CNEN/SP  
Travessa R, 400 - Cidade Universitária  
Caixa Postal 11049  
CEP 05422-970 São Paulo - SP  
Fone: (011) 211-6011 (ramal 1550)  
Fax : (011) 212-3546