

# FATORES DE TRANSMISSÃO PARA RADIAÇÃO BETA E X DE BAIXAS ENERGIAS

Simone K. Dias e Linda V.E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
Caixa Postal 11049, CEP 05422-970, São Paulo, SP, Brasil

## ABSTRACT

Transmission factors for beta and low energy X radiation were obtained using an extrapolation chamber designed and constructed in the Calibration Laboratory of São Paulo. The chamber has a collecting electrode and a guard ring of graphite. The entrance window is made of aluminized Mylar ( $0.84 \text{ mg.cm}^{-2}$  of superficial density).

## INTRODUÇÃO

A dosimetria da radiação beta tem sido objeto de pesquisa de grande interesse clínico. Há muitos anos, as fontes seladas têm sido amplamente utilizadas em tratamento de lesões superficiais dermatológicas e oftalmológicas [1,2]. As medidas de taxa de dose absorvida devidas à radiação beta e à radiação X de baixas energias são dificultadas pela acentuada variação da taxa de dose com a distância. Atualmente, apesar do desenvolvimento de diversos tipos de sistemas detectores, a câmara de extrapolação ainda é considerado o instrumento de medida mais preciso para estas medidas.

O estudo da dose absorvida em diferentes profundidades do tecido, de importância relevante para o planejamento de doses de betaterapia, pode ser realizado através da determinação dos fatores de transmissão.

Uma câmara de extrapolação foi projetada e construída no Laboratório de Calibração do IPEN. Esta câmara será utilizada na dosimetria de fontes de radiação beta e para radiação X de baixas energias. Os testes preliminares de caracterização da câmara já foram realizados e os resultados observados são compatíveis com os das câmaras comerciais [3,4].

## MATERIAIS E MÉTODOS

A câmara de extrapolação desenvolvida possui eletrodo coletor (10 mm de diâmetro e 4,0 mm de espessura) e anel de guarda (60 mm de diâmetro) de grafite. A janela de entrada é de

Mylar aluminizado com densidade superficial de  $0,84 \text{ mg.cm}^{-2}$ . Um eletrômetro Keithley modelo 617 foi utilizado em todas as medidas realizadas.

Os fatores de transmissão foram inicialmente determinados para a radiação beta. Uma fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  de 1850 MBq, pertencente ao sistema padrão secundário, com certificado de calibração do PTB, Alemanha, foi utilizada para essas medidas.

O sistema de raios-X consiste de um tubo Philips, modelo PW 2184100, com um gerador Rigaku Denki, modelo Geigerflex, Japão. As características deste sistema de raios-X encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Características do Sistema de Raios-X de Baixas Energias  
Filtração Inerente : 1,0 mmBe

CSR (mmAl)	Tensão (kV)	Corrente (mA)	Filtração Adicional (mmAl)
0,26	25	30	0,445
0,37	30	30	0,545
0,56	40	30	0,682
0,65	45	25	0,733
0,91	50	25	1,021

## RESULTADOS

Para a determinação dos fatores de transmissão foram mantidas fixas a profundidade (1,0 mm) e o campo elétrico (100 V/mm) na câmara de extrapolação. Utilizando-se uma moldura de Lucite, foi possível posicionar sucessivamente, tão próximas quanto possível da janela de entrada da câmara, as folhas finas de diversas espessuras. No caso da radiação beta, o estudo foi realizado para as distâncias fonte-detector iguais a 1,0 e 11 cm. Para a radiação X a distância foi mantida em 50 cm.

A espessura do absorvedor de radiação, colocado à frente da câmara, foi variada entre 2,5 e 300  $\mu\text{m}$  (folhas de plástico Hostaphan, Melinex) e 1,00 mm (placa de Lucite).

Foram realizadas 12 leituras de carga para cada polaridade de tensão aplicada. Dividindo-se esses valores pelo tempo e tomando-se a média tem-se os valores de  $I_+$  e  $I_-$ . O valor médio das correntes foi adotado como o valor da corrente de ionização.

Os valores da corrente de ionização foram então representados em função da densidade superficial da camada absorvedora equivalente a tecido das folhas adicionais. A espessura da janela de entrada da própria câmara foi considerada para se ter a espessura total do absorvedor. Extrapolando-se a curva para a densidade superficial nula, obtém-se o valor  $I(0)$ . Os valores de transmissão  $T^*$  no tecido são obtidos pela relação:

$$T^* = I(a_1)/I(0) \quad (1)$$

onde  $a_1$  : espessura do absorvedor.

Devido à presença dos absorvedores adicionais, é necessário aplicar-se aos valores dos fatores de transmissão um fator de correção  $K_a$ , dado pela expressão:

$$K_a = (a-a_1)^2/a^2 \quad (2)$$

onde  $a$  : distância fonte-detector.

Os fatores de transmissão são portanto dados por:

$$T = T^* \cdot K_a \quad (3)$$

Nas Tabelas 2 e 3 estão representados os fatores de transmissão da radiação beta para as distâncias iguais a 11,0 e 1,0 cm respectivamente. Uma diferença menor que 1,0% foi verificada entre os valores obtidos e os apresentados no certificado de calibração da fonte, para uma distância fonte-detector de 11 cm. Observa-se ainda um aumento dos fatores de transmissão com a densidade superficial do material; o decréscimo ocorre apenas a partir de 100 mg.cm<sup>-2</sup>. Para 7 mg.cm<sup>-2</sup> o acréscimo foi de 8,0 e 0,4% para distâncias fonte-detector iguais a 1,0 e 11 cm respectivamente.

TABELA 2 - Fatores de Transmissão da Radiação Beta (<sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y) para Material Equivalente a Tecido. Distância Fonte-Detector: 11 cm.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial (mg.cm <sup>-2</sup> )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	1,034
0,04	4	1,054
0,05	5	1,062
0,07	7	1,080
0,10	10	1,098
0,20	20	1,148
0,50	50	1,200
1,00	100	1,128

TABELA 3 - Fatores de Transmissão da Radiação Beta ( $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ) para Material Equivalente a Tecido. Distância Fonte-Detector: 1 cm.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	1,003
0,04	4	1,004
0,05	5	1,004
0,07	7	1,004
0,10	10	1,004
0,20	20	0,997
0,50	50	0,910
1,00	100	0,733

No caso da radiação X, os fatores de transmissão foram determinados para diferentes combinações de tensão e corrente. Em todos os casos estudados, verifica-se que os fatores de transmissão apresentam um comportamento decrescente com a densidade superficial do material. Um decréscimo próximo de 1,0% no fator de transmissão para a densidade superficial de  $7 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  é verificado nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, enquanto que no caso dos resultados da Tabela 8 o decréscimo foi de 0,6%.

TABELA 4 - Fatores de Transmissão da Radiação X para Material Equivalente a Tecido. Tensão: 25 kV; Corrente: 30 mA.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	0,996
0,04	4	0,992
0,05	5	0,990
0,07	7	0,988
0,10	10	0,982
0,20	20	0,968
0,50	50	0,922
1,00	100	0,860

TABELA 5 - Fatores de Transmissão da Radiação X para Material Equivalente a Tecido. Tensão: 30 kV; Corrente: 30 mA.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial (mg.cm <sup>-2</sup> )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	0,997
0,04	4	0,995
0,05	5	0,993
0,07	7	0,9910
0,10	10	0,987
0,20	20	0,974
0,50	50	0,940
1,00	100	0,895

TABELA 6 - Fatores de Transmissão da Radiação X para Material Equivalente a Tecido. Tensão: 40 kV; Corrente: 30 mA.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial (mg.cm <sup>-2</sup> )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	0,998
0,04	4	0,996
0,05	5	0,994
0,07	7	0,992
0,10	10	0,988
0,20	20	0,978
0,50	50	0,977
1,00	100	0,925

TABELA 7 - Fatores de Transmissão da Radiação X para Material Equivalente a Tecido. Tensão: 45 kV; Corrente: 25 mA.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial (mg.cm <sup>-2</sup> )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	0,996
0,04	4	0,994
0,05	5	0,992
0,07	7	0,990
0,10	10	0,985
0,20	20	0,971
0,50	50	0,964
1,00	100	0,931

TABELA 8 - Fatores de Transmissão da Radiação X para Material Equivalente a Tecido. Tensão: 50 kV; Corrente: 25 mA.

Profundidade na Pele (mm)	Densidade Superficial (mg.cm <sup>-2</sup> )	Fator de Transmissão T
0	0	1,000
0,02	2	0,998
0,04	4	0,996
0,05	5	0,995
0,07	7	0,994
0,10	10	0,991
0,20	20	0,983
0,50	50	0,966
1,00	100	0,948

## CONCLUSÃO

Os fatores de transmissão foram determinados para a radiação beta e X de baixas energias. Uma comparação feita entre os valores determinados para a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850 MBq) e os valores apresentados no certificado da fonte, para uma distância fonte-detector de 11 cm, indicaram uma diferença menor que 1,0%. A câmara de extrapolação desenvolvida pode ser utilizada para a dosimetria de fontes de radiação beta e em campos de radiação X.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a valiosa assistência técnica do Sr. Marcos Xavier e o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GOETSCH, S.J. AND SUNDERLAND, K.S., "Surface dose rate calibration of  $^{90}\text{Sr}$  plane ophthalmic applicators", Med. Phys., 18 (4) 787-794, 1991.
- [2] SAYEG J.A. AND GREGORY R.C. "A new method for characterizing beta ray ophthalmic applicator source", Med. Phys., 18(3) 453-461, 1991
- [3] DIAS, S.K. AND CALDAS, L.V.E., "Design and construction of an extrapolation chamber for dosimetry of dermatological applicators", Proceed. of the II Congreso Regional de Seguridad Radiologica y Nuclear, p.457-459, Zacatecas, Mexico, 1993.
- [4] DIAS, S.K. AND CALDAS, L.V.E., "Extrapolation chamber response in low energy X radiation standard therapy Beams", Phys. Med. Biol., 39A, 801, 1994.