



DIVERGÊNCIA DA FLUÊNCIA DE FONTES DE Cs-137 USADAS EM BRAQUITERAPIA

E. A. Vianello *;
de Almeida C. E.

*Laboratório de Ciências Radiológicas
- LCR - DBB (UERJ)
R. São Francisco Xavier, 524 - Pav.
HLC, sala 136 térreo - CEP 20.550 - 013
Rio de Janeiro (RJ) - Brasil
E-mail: vianello@lcr.uerj.br*

Resumo

Neste trabalho é feita a determinação experimental do fator de correção para divergência da fluência (K_{in}) de fontes lineares de Cs-137 CDCS J4, com uma câmara de ionização Farmer modelo 2571 em um plano central e perpendicular ao eixo da fonte, a distâncias entre 1 e 7 cm. Os resultados experimentais foram comparados aos calculados pelas teorias isotrópica de Kondo e Randolph (1960) e anisotrópica de Bielajew (1990a). Para as fontes lineares estudadas a distâncias maiores que 5 cm do centro da câmara a fluência dos fótons que atravessam a parede da mesma já exibe um comportamento uniforme, não necessitando correção para as variações do kerma.

Introdução

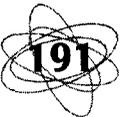
Para fazer uma avaliação cuidadosa dos resultados clínicos da terapia com fontes seladas, é necessário uniformizar os cálculos da dose absorvida. Recentemente os computadores tornaram possível a obtenção de distribuições de dose mais realísticas em torno de fontes intracavitárias e intersticiais, e a determinação da dose absorvida é feita por meio de cálculos baseados na especificação da fonte, na correção para a absorção e espalhamento no meio e na conversão de taxa de kerma no ar de referência para dose absorvida na água, de modo a obter

distribuições de dose apropriadas no volume de tratamento. Entretanto, a taxa de dose absorvida deve ser verificada através de medidas experimentais.

Tolli e Johansson (1993), Bridier e Vernhes (1995), de Almeida *et al.* (1996) sugeriram que, na rotina de braquiterapia, a determinação experimental da dose absorvida no meio seja feita com uma câmara de ionização de pequeno volume usando o protocolo TRS #277 da AIEA (1987). Faz-se necessário introduzir a correção para a divergência da fluência no volume ocupado pela cavidade de ar da câmara, quando está é colocada a pequenas distâncias das fontes.

A divergência da fluência depende principalmente da geometria da fonte e da câmara, e do meio onde se realizam as medidas. Várias teorias foram propostas para quantificar esse fator que corrige a divergência da fluência de fontes pontuais (Mayneord e Roberts, 1937; Spiers, 1941; Kondo e Randolph, 1960; Bielajew, 1990a), seguidos de Tolli *et al.* (1993) e Despande *et al.* (1996) que determinaram experimentalmente fatores de correção para fontes pontuais de Ir-192 e Cs-137.

O objetivo deste trabalho é realizar a determinação experimental do fator de correção para divergência da fluência (K_{in}) de fontes lineares de Cs-137 usadas em baixa taxa de dose, contribuindo fundamentalmente para a dosimetria em braquiterapia.



Materiais e métodos

Uma fonte linear de Cs-137 CDCS J4 (comprimento ativo: 13,5 mm; comprimento total: 20mm; diâmetro externo: 2,65 mm) com uma taxa de kerma no ar de referência de $99,69 \text{ mGyh}^{-1}$ foi utilizada neste trabalho. Uma câmara de ionização cilíndrica, Farmer 0,6 cc, modelo 2571, e um eletrômetro Keithley - 35040 Therapy Dosimeter foram os instrumentos de medida. A estabilidade e a reprodutibilidade do arranjo experimental na determinação das distâncias e do posicionamento entre a fonte e a câmara é fundamental e para isso, utilizou-se um fantoma Med-Tec-150-M, Inc., dimensões de 38,0 cm x 38,0 cm x 38,0 cm, dotado de um mecanismo que permite o deslocamento vertical do detector, através de um sistema elétrico remotamente controlado, de modo a assegurar as condições adequadas de proteção radiológica durante os experimentos. A linearidade e a precisão do referido mecanismo foi verificada com um paquímetro digital. No interior do fantoma foi introduzido um dispositivo adicional de PMMA, projetado para abrigar a fonte linear de Cs-137.

A etapa experimental foi desenvolvida no Laboratório de Braquiterapia no Laboratório de Ciências Radiológicas, sendo o fantoma disposto sobre uma bancada de alumínio situada no centro da sala de calibração, a 1 metro das paredes adjacentes e a 0,65 metro do solo, para minimizar o espalhamento da radiação. Próximo ao fantoma foi instalada uma câmera para a visualização dos movimentos do sistema de varredura, através de um monitor de vídeo situado na sala de comando. Numa das paredes do fantoma foi acoplado um sensor de temperatura e as informações lidas ao término de cada leitura direto da sala de comando, e o tempo de estabilização utilizado dos equipamentos foi de 24 h. A câmara de ionização foi posicionada em um plano central e perpendicular ao eixo da fonte, com a cavidade de ar equidistante desta, a uma distância mínima ajustável de $1,0105 (\pm 0,006 \text{ mm})$. As medi-

das foram feitas no ar em 10 ocasiões diferentes com a câmara de ionização envolta na capa de equilíbrio eletrônico feita em Delrin com uma espessura medida de $3,87 \text{ mm}$ (551 mg cm^{-2}) fornecida pelo fabricante. Em todas as ocasiões, o alinhamento entre os centros da fonte e da câmara nos sentidos transversal e longitudinal foi verificado com um fio de prumo. As leituras foram efetuadas para distâncias fonte-câmara entre 1,0105 cm e 7cm, com tempos de integração em torno de 2 e 26 minutos. A distância de 7 cm foi escolhida para referência, pois as variações do kerma são desprezíveis. Para cada distância, as medidas foram repetidas 10 vezes, e os valores medidos foram corrigidos para fuga, temperatura e pressão, com o coeficiente de variação calculado em cada caso.

A figura 2 mostra o arranjo experimental.

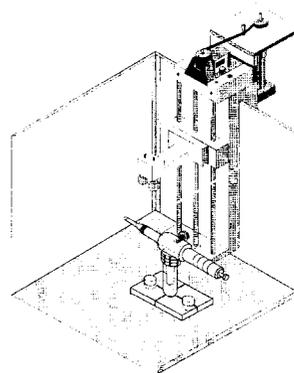


Figura 2. Fantoma Med-Tec, Inc com o dispositivo para armazenagem da fonte de Cs-137.

Os valores absolutos dos fatores foram obtidos através da seguinte equação (Tolli and Johansson 1993 a; Tolli and Johansson 1993b):

$$K_{\text{In}}(x_1) = \frac{x_2 \text{Mu}(x_2) G_{\text{F}}(x_1) \tan^{-1} \left[\frac{L}{2x_1} \right]}{x_1 \text{Mu}(x_1) G_{\text{F}}(x_2) \tan^{-1} \left[\frac{L}{2x_2} \right]}$$

onde, $\mu(x)$ é a leitura média na distância x , L é o comprimento ativo da fonte, G_F é o fator filtração e a razão entre \tan^{-1} considera o tamanho finito da fonte. O índice \ln presente na equação acima foi usado para indicar a determinação do fator na presença de uma fonte linear.

Os valores obtidos foram comparados aos valores calculados pelas teorias isotrópica de Kondo e Randolph (1960) e anisotrópica de Bielajew (1990a).

As correções para o efeito da filtração dos fótons no interior da fonte e a atenuação e o espalhamento na parede e na capa de equilíbrio eletrônico da câmara ainda não foram incluídas neste trabalho, pois na presente etapa estão sendo investigadas experimentalmente, e serão consideradas futuramente.

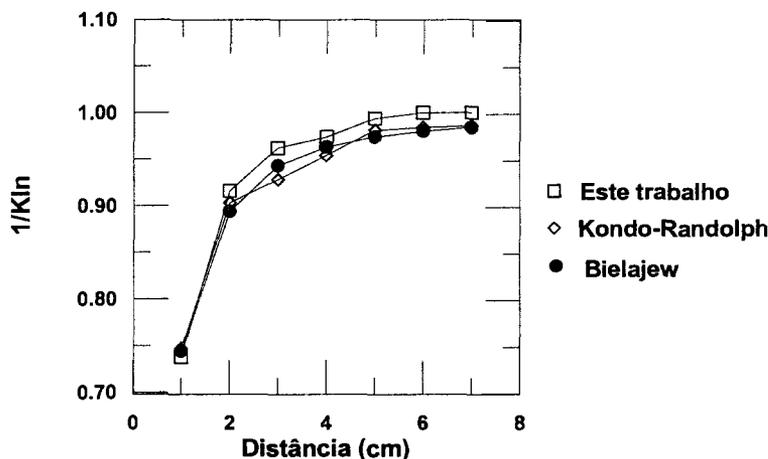
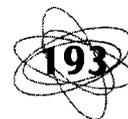
Resultados

O gráfico abaixo, apresenta os valores do inverso do fator de correção para divergência da fluência, $1/K_{in}$ obtidos experimentalmente neste trabalho com a câmara de ionização NE2571 para fontes lineares de Cs-137 e calculados pela teoria de Kondo-Randolph e Bielajew, para fontes pontuais de Ir-192 e Co-60.

A influência da energia dos fótons emitidos da fonte sobre o K_{in} é pequena, e as diferenças observadas entre os valores teóricos e experimentais podem ser atribuídas principalmente a geometria das fontes. Próximo a fonte esta diferença é menor que 1 % e cresce em aproximadamente 2 % a partir da distância fonte-câmara de 2 cm, contudo, estes valores poderão ser alterados após corrigir a filtração da fonte e o espalhamento e absorção na parede e na capa de build-up da câmara.

Em ambas as situações, o fator K_{in} tende assintoticamente para unidade a medida que a distância aumenta, porém para a fonte investigada, a variação da fluência sobre o volume de ar da câmara diminui de maneira mais rápida comparada com uma fonte puntual, e já a 5 cm de distância do centro geométrico da câmara, o K_{in} exibe um comportamento uniforme não havendo necessidade de correção sobre a variação do kerma no ar.

Embora o fator K_{in} seja resultante de medidas no ar, o mesmo pode ser utilizado nas medições da dose absorvida na água, pois neste caso a contribuição da radiação espalhada nas distâncias de interesse clínico é praticamente desprezível, e a medida que esta aumenta, o K_{in} perde seu significado.



Bibliografía

1. Bielajew A. F. 1990a "An analytic theory of the point-source non-uniformity correction factor for thick-walled ionisation chambers in photon beams". in *Phys. Med. Biol.* 35, 517 - 538.
2. Bridier A. Verhnhes J. C. 1995. Détermination Experimentale De La Dose absorbée A L'aide D'une Chambre D' Ionization Au Voisinage Des Sources Utilisées En Curiethérapie: Principe Et Problèmes Rencontrés En Pratique Rapport du Groupe de Travail SFPH de la Commission Curiethérapie, Créteil.
3. De ALMEIDA C.E. "Fantoma Antropomórfico de Pelvis", *Publicação interna -LCR-UERJ-Rio de Janeiro- Brasil*, 1996.
4. Despanche N. A. and Wilkinson J. M. 1994. "Calibration of low activity caesium tubes and needles traceable to therapy level standard". *British Journal of Radiology* 67, 194 - 199.
5. International Atomic Energy Agency (IAEA) 1987 Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: Na: Inaternational Code of Practice, Technical Report Series no. 277, IAEA, Viena.
6. Kondo S. and Randolph M. L. 1960. Effect of finit zise of ionization chambers on measurements of small photon sources, *Radiat. Res.* 13, 37 - 60.
7. Mayneord W. V. and Roberts J. E. 1937 "na attempt at precision measurements of gamma rays". *The Bristish Journal of Radiology* 10 (113).
8. Spiers F. W. 1941. Inverse square law erros in gamma-ray dose measurements. *The Bristish Journal of Radiology* 14, 147 - 156.
9. Töllli and Johansson K. A. 1993a. "Quality assurance in brachytherapy: principles for ionization chamber measurement of absorbed dose close to brachytherapy sources". *Phys. Med. Biol.* 38, 1475 - 1483.
10. Töllli and Johansson K. A. 1993b "Quality assurance in brachytherapy: the displacement effect in the cicinity of ^{60}Co and ^{192}Ir brachytherapy sources". in *Phys. Med. Biol.* 38, 1485 - 1493.