

CAMADAS SEMIRREDUTORAS DE RAIOS-X DE BAIXA ENERGIA: MEDIDAS COM CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO

Bastos, F. M.¹; Figueiredo, M. T. T.¹; Da Silva, T. A.^{1,2}

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais,
CDTN/CNEN, Belo Horizonte, MG, Brasil

² Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CDTN/CNEN, Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO

Radiações X de referência estabelecidas pela Organização Internacional de Padronização (ISO) devem ser implantadas em Laboratórios de Metrologia das Radiações Ionizantes, para fins de calibração e determinação da dependência energética de dosímetros. A caracterização de feixes de raios-X de com energia média inferior a 30 keV é um desafio, pelas perturbações causadas pelo detector nas medidas das camadas semirredutoras (CSR). Este trabalho visou investigar a viabilidade de uso de uma câmara de extrapolação para determinar a CSR de feixes de raios-X de baixa energia no Laboratório de Calibração de Dosímetros do CDTN/CNEN, Brasil. Feixes similares às radiações ISO N15, N20 e N25 foram gerados na máquina ISOVOLT HS320 Pantak-Seifert. As medidas foram realizadas com uma câmara de extrapolação PTW modelo 23392, de volume variável, e foram comparadas com as obtidas por uma câmara de ionização Radcal, modelo RC-6M. Os resultados mostraram que a câmara de extrapolação é um instrumento viável para determinação da CSR, com diferença máxima de até 5% para radiação com energia máxima de 15 keV, tendendo a diminuir até próximo a 1% para energias maiores.

1. INTRODUÇÃO

A dosimetria é a base para a calibração de instrumentos utilizados na área de proteção radiológica e determinação da resposta destes como função da energia da radiação de interesse [1]. Na área de dosimetria das radiações ionizantes, emprega-se o termo "radiações de referência" para designar características e métodos de produção de raios-X e gama para calibração de dosímetros que permitem estabelecer padrões mundiais em relação aos equipamentos que produzem o campo de radiação.

A International Organization of Standardization (ISO) é uma organização internacional que estabelece quatro séries de radiações de referência para calibração e teste de desempenho de dosímetros: as séries L (Low) e H (High) respectivamente em baixa e alta taxa de Kerma no ar, as séries N (Narrow) de espectro estreito e a série W (Wide) de espectro largo. A caracterização dos feixes de raios-X de referência é feita pela determinação de vários parâmetros, sendo um deles a camada semirredutora [1].

A primeira camada semirredutora, 1ªCSR, é definida como a espessura de um determinado material que atenua o feixe de radiação de tal maneira que a taxa de Kerma no ar seja reduzida à metade do seu valor inicial. Por sua vez, a segunda camada semirredutora, 2ªCSR, é a espessura de material que adicionado à primeira camada semirredutora, atenua o feixe de forma que a taxa de Kerma no ar reduza a um quarto do valor inicial. Considere-se nessas

¹ E-mail do autor: fernanda_mbastos@yahoo.com.br

definições que qualquer radiação espalhada que possa estar presente inicialmente no feixe possui influência desprezável [1].

Câmaras de extrapolação, que são câmaras de ionização de placas paralelas, foram projetadas principalmente para medidas de dose absorvida para raios-X gerados por potenciais maiores que 7,5 kV e elétrons com energia média maior que 5 keV [3]. Esses detectores possuem uma característica que os torna único para as medidas de dose absorvida: um dos eletrodos paralelos pode ser movimentado, permitindo que a massa do volume sensível no interior do detector seja variável e com isso extrapolar o valor da corrente de ionização para um volume infinitamente pequeno e estimar o valor da dose absorvida em tecido de espessura fina como, por exemplo, a pele [4].

Realizar um estudo pioneiro no LCD/CDTN utilizando uma câmara de extrapolação para caracterização de feixes de raios-X de baixa energia foi a principal motivação deste trabalho. O principal objetivo foi investigar a viabilidade do uso de uma câmara de extrapolação da PTW, modelo 23392, para a determinação das camadas semirredutoras das radiações de referência de baixa energia da série N da norma ISO-4037.

2. DETERMINAÇÃO DAS 1ªCSR'S DAS RADIAÇÕES ISO DE BAIXA ENERGIA COM A CÂMARA DA EXTRAPOLAÇÃO PTW23392

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Calibração de Dosímetros (LCD), localizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte. O estudo foi feito na câmara de extrapolação PTW-Freiburg, modelo 23392, que possui janela de entrada em filme de poliéster Mylar®, revestida de grafite com diâmetro de 60,5 mm; eletrodo coletor de PMMA com superfície revestida por grafite com diâmetro de 30 mm e distância entre os eletrodos variável de 0,5 a 10,5 mm, medida a partir de um micrômetro com precisão de $\pm 1 \mu\text{m}$, caracterizando um volume variável de 0,353 a 7,422 cm^3 .

A implantação das séries da ISO de baixas energias (radiações com tensão do tubo de até 30 kV) definidas na norma ISO-4037 foi realizada no Laboratório de Calibração de Dosímetros do CDTN/CNEN, em Belo Horizonte (MG), em um equipamento de raios-X industrial da marca Pantak Seifer, modelo ISOVOLT HS320, que possui uma janela de berílio de 7 mm [2]; nessa implantação se utilizou uma câmara de mamografia da Radcal, modelo RC-6M. As características dos feixes implantados no LCD/CDTN [2] são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das radiações X de referência de baixa energia da norma ISO-4037 implantadas no LCD/CDTN.

Qualidade	Potencial no tubo (kV)	Energia média (keV)	Filtração adicional (mm Al)	1ª CSR (mm Al)	2ª CSR (mm Al)
N10	10	8,2	0,04	0,049	0,051
N15	15	12,0	0,52	0,145	0,162
N20	20	15,8	0,85	0,320	0,360
N25	25	19,9	2,00	0,650	0,750
N30	30	23,9	4,00	1,150	1,300

Para determinação da primeira camada semirredutora, 1ªCSR, das radiações ISO de baixa energia da série N com a câmara de extrapolação PTW 23392 em diferentes distâncias dos eletrodos, a câmara foi posicionada a 1,0 m do foco do equipamento ISOVOLT HS320, em montagem mostrada na Figura 1. O campo elétrico aplicado entre os eletrodos da câmara de extrapolação PTW 23392 foi mantido constante em 30 V/mm por meio de um eletrômetro da Keithley, modelo 6517B. Mediu-se a carga acumulada em 60 s e a corrente de ionização foi calculada e corrigida para as condições ambientais.



Figura 1. Arranjo experimental para a determinação das primeiras camadas semirredutoras das radiações ISO de baixa energia da série N com a câmara de extrapolação PTW23392.

As 1ªCSR foram determinadas para as radiações N15, N20 e N25, a partir da metodologia estabelecida no LCD [2] em que foi feita a variação de filtros atenuadores de Al de alta pureza somente para espessuras próximas ao valor esperado para a 1ªCSR. A 1ªCSR foi determinada por interpolação desses valores para uma intensidade relativa de 50% da corrente de ionização medida sem filtro atenuador. Essa metodologia foi repetida para as distâncias entre os eletrodos de 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 mm.

Além disso, a contribuição da radiação espalhada foi investigada com medidas para um campo de radiação não colimado e outro colimado para o diâmetro da janela de entrada da câmara. Os valores obtidos são mostrados nas Tabelas 2 e 3, para o feixe de raios-X não colimado e colimado, respectivamente.

Tabela 2. Primeiras camadas semirredutoras das radiações ISO de baixa energia da série N determinadas com a câmara de extrapolação PTW23392 para o feixe de raios-X não colimado.

Qualidade	Energia média (keV)	1ªCSR (mm de Al)			
		1,0 mm	2,0 mm	3,0 mm	4,0 mm
N15	12,0	0,1415	0,1463	0,1413	0,1427
N20	15,8	0,3165	0,3162	0,3154	0,3164
N25	19,9	0,6453	0,644	0,6451	0,6384

Tabela 3. Primeiras camadas semirredutoras das radiações ISO de baixa energia da série N determinadas com a câmara de extrapolação PTW23392 para o feixe de raios-X colimado.

Qualidade	Energia média (keV)	1ªCSR (mm de Al)			
		1,0 mm	2,0 mm	3,0 mm	4,0 mm
N15	12,0	0,1468	0,1432	0,1478	0,1443
N20	15,8	0,3103	0,3142	0,3139	0,3177
N25	19,9	0,649	0,6478	0,6408	0,6441

Observou-se que na condição de feixe colimado, os resultados não indicaram nenhuma tendência nos valores das 1ªCSR em função da distância entre os eletrodos, porém, apresentaram diferenças máximas de 3,2%, 2,4% e 1,3% em função das radiações N15, N20 e N25, respectivamente. Se comparados aos resultados obtidos no feixe não colimado, as

diferenças máximas foram 4,6%, -2,0% e 0,9%, para as mesmas radiações citadas anteriormente.

Na comparação com os valores de referência, obtidos na implantação das radiações ISO de baixa energia mostrados na Tabela 1, as diferenças máximas das 1ªCSR foram 4,5%, -3,0% e -1,4%, respectivamente para as radiações N15, N20 e N25.

Os resultados mostraram que a câmara de extrapolação PTW23392 é um instrumento viável para determinação da CSR, com diferença máxima de até 5% para radiação com energia máxima de 15 keV, tendendo a diminuir até próximo a 1%, à medida que a energia aumenta.

3. CONCLUSÕES

As camadas semirredutoras das radiações ISO N15, N20 e N25 foram determinadas com a câmara de extrapolação para o feixe de raios-X colimado e não colimado, em quatro distâncias entre os eletrodos. Observou-se que na condição de feixe colimado, os resultados não indicaram nenhuma tendência nos valores das 1ªCSR em função da distância entre os eletrodos, porém, apresentaram diferenças que diminuíram com a energia média do feixe, cujo valor máximo foi de 3,2%, para a radiação N15.

Foi observado um mesmo comportamento para o feixe não colimado, cuja diferença máxima foi 4,6% para N15. Na comparação com os valores de referência da implantação das radiações ISO de baixa energia, a diferença máxima das 1ªCSR, observada novamente na radiação N15 foi 4,5%. Observou-se uma diferença máxima no valor da 1ªCSR de até 5% para radiação com energia máxima de 15 keV, tendendo a diminuir até próximo a 1%, à medida que a energia aumenta. Portanto, a câmara de extrapolação PTW23392 é um instrumento viável para determinação da 1ªCSR das radiações ISO de baixa energia.

4. AGRADECIMENTOS

Fernanda Bastos agradece à CNEN pela bolsa de mestrado. Este trabalho foi apoiado pela FAPEMIG (PPM) e faz parte do INCT Metrologia das Radiações em Medicina.

5. REFERÊNCIAS

1. ISO, International Standardization Organization. “ISO 4037. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy.” Geneva, Italy (1996).
2. Figueiredo, M. T. M. “Análise dos Procedimentos e Critérios de Implatação de Feixes de Raios-X de Referência ISO 4037 em baixas energias.” Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/CNEN (2012).

3. PTW-FREIBURG. "Instruction Manual Extrapolation Chamber according to Böhm Type 23392." Freiburg, Germany (2002).
4. Bohm, J.; Schneider, U. "Review of extrapolation chamber measurements of beta rays and low energy rays." *Radiation Protection Dosimetry*, **14 (2)**, pp. 193-198 (1986).