



Estudo da dependência energética de uma câmara de extrapolação em feixes de raios-x de baixa energia

F. M. Bastos^a; T. A. da Silva^b

¹ *Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais*

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CDTN/CNEN

CEP 31270-90, Belo Horizonte-MG, Brasil

fernanda_mbastos@yahoo.com.br

² *Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, CDTN/CNEN*

CEP 31270-901, Belo Horizonte-MG, Brasil

silvata@cdtn.br

ABSTRACT

Este trabalho teve com principal objetivo estudar a dependência energética uma câmara de extrapolação em raios-X de baixa energia, a fim de determinar o valor da incerteza associada à variação da energia da radiação incidente nas medidas em que ela é utilizada. Para o estudo de dependência energética, foram realizadas medidas de corrente de ionização comparativas entre a câmara de extrapolação e duas câmaras de ionização: uma câmara de mamografia, modelo RC6M, da Radcal, com dependência energética menor que 5% e uma câmara de radioproteção modelo 2575 da NE Technology; ambas as câmaras possuem janelas muito finas, o que permite sua aplicação em feixes de baixas energias. As medidas foram feitas em quatro profundidades diferentes da câmara de extrapolação de 1,0 a 4,0 mm, em intervalo de 1,0 mm, para cada radiação de referência. O estudo evidenciou que há uma dependência energética variável com o volume da câmara de extrapolação. Em outra análise, concluiu-se que a dependência energética da câmara de extrapolação torna-se menor quando se utiliza o coeficiente angular da reta de corrente de ionização versus profundidade, para as diferentes radiações de referência; isto demonstra que a técnica de extrapolação, utilizada para o cálculo de dose absorvida, diminui a incerteza associada à influência da variação da resposta com a energia da radiação.

Keywords:

Câmara de extrapolação, raios-X de baixa energia, dependência energética

1. INTRODUÇÃO

Na área de dosimetria das radiações ionizantes, emprega-se o termo “radiações de referência” para designar características e métodos de produção de feixes de raios X e gama para calibração de dosímetros.

A International Standardization Organization (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 dos parâmetros: camada semirredutora, energia média, resolução espectral, tensão do tubo e filtrações [1].

Câmaras de extrapolação são câmaras de ionização que possuem uma característica que as torna única para realização de 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 [2]. Tanto câmaras de extrapolação projetadas e construídas [3] quanto as disponíveis comercialmente [4] precisam ter suas características metrológicas determinadas antes da sua utilização. Este trabalho objetivou estudar a variação da resposta da câmara de extrapolação PTW modelo 23392 para raios-X de referência inferiores a 30 keV. A dependência energética da câmara foi analisada tanto para volumes fixos quanto utilizando a técnica de extrapolação para volume nulo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

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 ± 1 μm , caracterizando um volume variável de 0,353 a 7,422 cm^3 .

As radiações de referência das séries L, H e N, com energias médias inferiores a 30 keV, foram reproduzidas na máquina de raios-X industrial Pantak-Seifert, modelo ISOVOLT HS320 de potencial constante, cujo tubo possui uma janela de 7 mm de berílio. As características dos feixes implantados no LCD/CDTN ^[5] são apresentadas na Tabela 1.

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

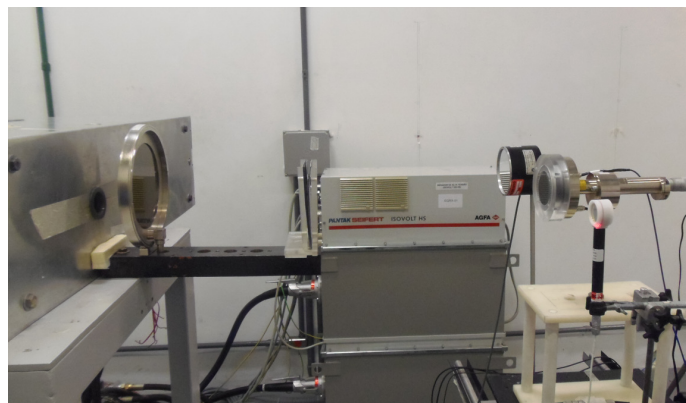
Qualidade	Tensão (kV)	Energia média (keV)	Filtração Adicional			1ª CSR (mm Al)	2ª CSR (mm Al)
			mm Al	mm Cu	mm de ar		
L10	10,2	8,5	0,04	-	1000	0,059	-
L20	20,2	17,3	2,00	-	1000	0,416	-
L30	30,0	26,4	3,60	0,178	1000	1,450	-
N10	10	8,2	0,04	-	1000	0,049	0,051
N15	15	12,0	0,52	-	1000	0,145	0,162
N20	20	15,8	0,85	-	1000	0,320	0,360
N25	25	19,9	2,00	-	1000	0,650	0,750
N30	30	23,9	4,00	-	1000	1,150	1,300

H10	10	8,8	-	-	500	0,039	-
H20	20	14,4	0,06	-	1000	1,140	-
H30	30	20,3	0,42	-	1000	0,357	-

O estudo da dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392 foi feito de forma comparativa com uma câmara Radcal, modelo RC-6M, de 6 cm³ e uma câmara NE Technology, modelo 2575, de 600 cm³, ambas com janelas de entrada muito finas, o que permite sua aplicação em feixes de baixas energias.. O campo elétrico aplicado entre os eletrodos da câmara de extrapolação PTW 23392 foi mantido constante em 70 V/mm por meio de um eletrômetro da Keithley; as tensões aplicadas na Radcal RC-6M e na NE 2575 foram 300 V e -250 V, respectivamente, produzidas pelo eletrômetro PTW-Unidos.

Os três detectores foram posicionados de forma que, pelo método de substituição, cada janela estivesse a 100 cm do tubo de raios-X (a 50 cm para a qualidade H10), no centro do mesmo campo de radiação. O arranjo experimental para medidas comparativas entre as câmaras é mostrado na Figura 1.

Figura 1. Arranjo experimental para comparação da dependência energética em feixes de raios-X de baixa energia da câmara de extrapolação PTW 23392 (centro) com as câmaras Radcal RC-6M (direita) e NE 2575 (esquerda).



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As três câmaras de ionização foram comparadas em todas as qualidades de feixe da Tabela 1, mantendo-se a taxa de Kerma no ar constante. Para cada condição, foram realizadas cinco leituras da corrente de ionização e os valores corrigidos para condições ambientais de referência de 20 °C e 101,325 kPa.

A dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392 foi analisada de forma relativa, a partir da razão entre a corrente de ionização desta com a da câmara Radcal RC-6M e com a da câmara NE 2575. Além disso, para o estudo de dependência energética de uma câmara de ionização, é necessário normalizar as razões de correntes de ionização. Para isso, dividem-se as razões de correntes de todas as radiações de uma qualidade pelo valor de razão de correntes de uma radiação de referência determinada. As qualidades N foram normalizadas para a radiação de referência N25, as qualidades L para L20 e as qualidades H para H30.

3.1. Dependência energética da câmara PTW 23392 com volumes fixos

A Figura 2 apresenta os resultados normalizados comparativos da câmara PTW 23392, com distâncias entre os eletrodos de 1,0 a 4,0 mm, com a câmara Radcal RC-6M, nas qualidades N, L e H. É possível observar que, para todas as qualidades, a dependência energética da câmara PTW 23392, quando comparada a da câmara Radcal RC-6M, tende a diminuir com o aumento da distância entre os eletrodos de 1,0 para 4,0 mm. Na qualidade N, a redução foi de 15% para 8% relativa à radiação N25 (energia de 19,9 keV); na qualidade L, a redução foi de 16% para 8%, relativa à radiação L20 (energia de 17,3 keV) e na qualidade H, de 13% para menos de 2%, relativa à radiação H30 (energia de 20,3 keV).

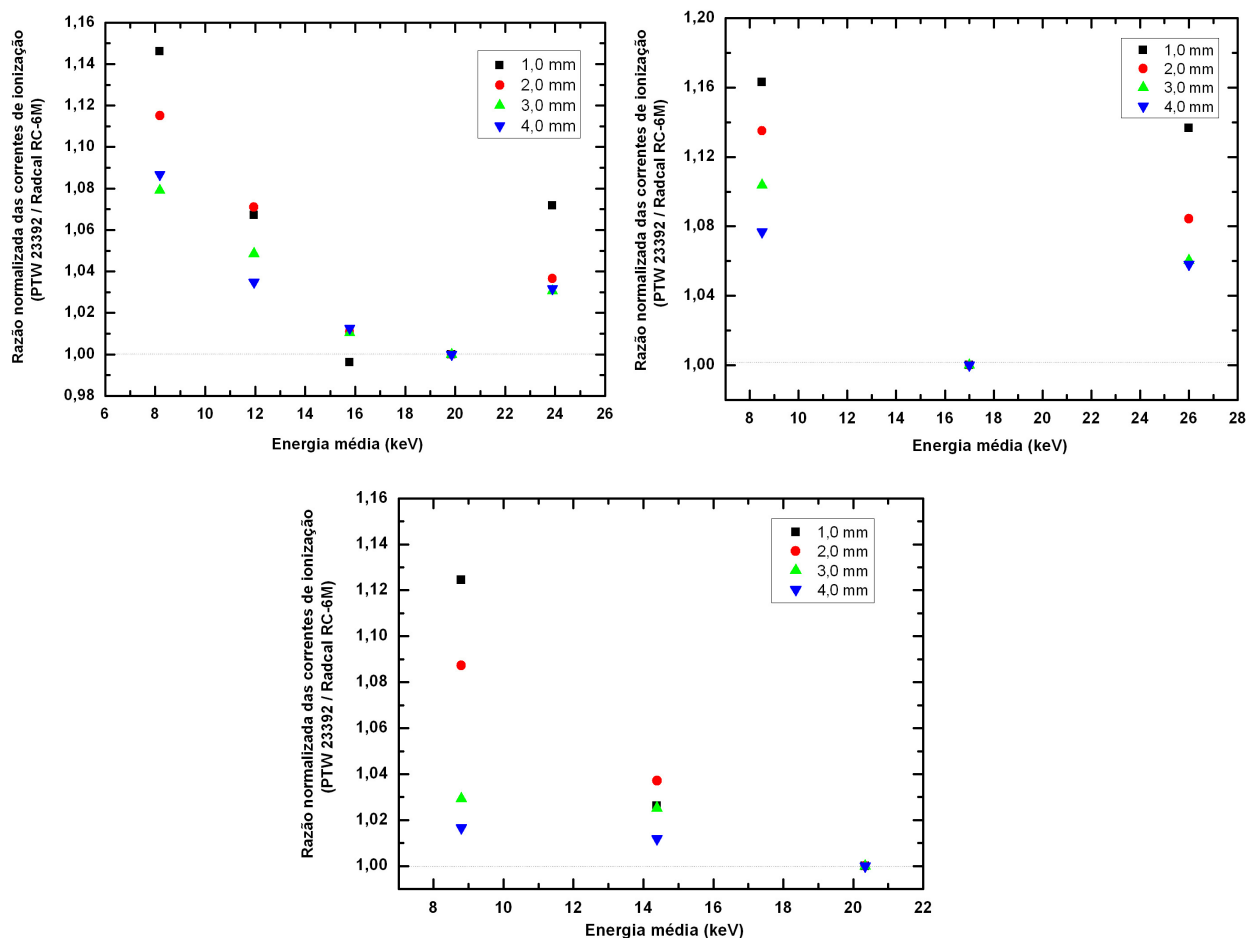


Figura 2. Dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392, com diferentes distâncias entre os eletrodos, comparada à câmara Radcal RC-6M, para as radiações de referência N (acima à esquerda, normalizada para N25), L (acima à direita, normalizada para L20) e H (abaixo, normalizada para H30).

A Figura 3 apresenta, de forma similar, os resultados comparativos entre a câmara PTW 23392 e a NE2575. Como esperado, os resultados apresentaram o mesmo comportamento, evidenciando a redução da dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392 à medida que a distância entre os eletrodos aumentou de 1,0 para 4,0 mm. Na qualidade N a redução foi de 22% para 14% relativa à radiação N25 (energia de 19,9 keV); na qualidade L, a redução foi de 21%

para 12%, relativa à radiação L 20 (energia de 17,3 keV) e na qualidade H, de 32% para 18%, relativa à radiação H30 (energia de 20,3 keV).

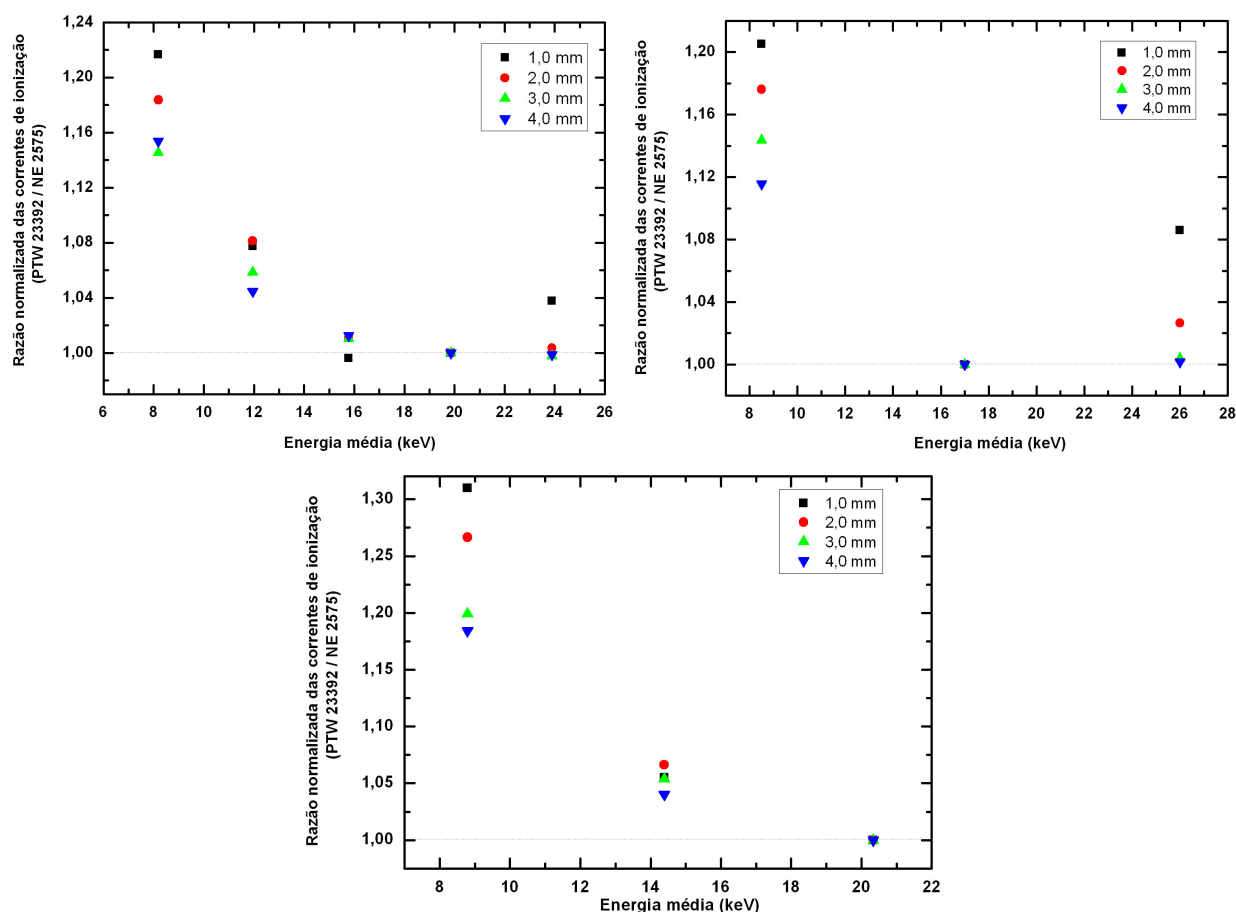


Figura 3. Dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392, com diferentes distâncias entre os eletrodos, comparada à câmara NE 2575, para as radiações de referência N (acima à esquerda, normalizada para N25), L (acima à direita, normalizada para L20) e H (abaixo, normalizada para H30).

A maior dependência energética da câmara PTW 23393 em relação à NE 2575 (Fig. 3) em comparação à Radcal RC-6M (Fig. 2) evidencia a diferença de dependência energética entre as

duas câmaras usadas para comparação; possivelmente a NE 2575 possui maior dependência energética do que a Radcal RC-6M.

Os resultados (Fig. 2 e 3) sugerem que, para reduzir a influência da dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23393, em medidas de camada semirredutora, por exemplo, deve-se usar a câmara com 4,0 mm de distância entre os eletrodos.

3.2. Dependência energética da câmara PTW 23392, com a técnica de extrapolação

Usando-se a técnica de extrapolação, foi determinado o coeficiente angular da reta de extrapolação para cada energia de feixe de raios-X de referência. A Figura 4 apresenta os resultados comparativos da câmara PTW 23392 com a câmara Radcal RC-6M e com a NE 2575, nas qualidades N (o coeficiente foi dividido pela corrente de ionização de cada câmara de referência). Os resultados mostraram que a dependência energética da câmara PTW 23392 foi de 6,5% e de 13%, relativa à câmara Radcal RC-6M e à NE 2575, respectivamente normalizada para a radiação de referência N25 (energia de 19,9 keV). A dependência energética da câmara PTW 23392, usando a técnica de extrapolação, foi menor que aquela determinada para volumes fixos com distâncias entre os eletrodos de 1,0 a 3,0 mm.

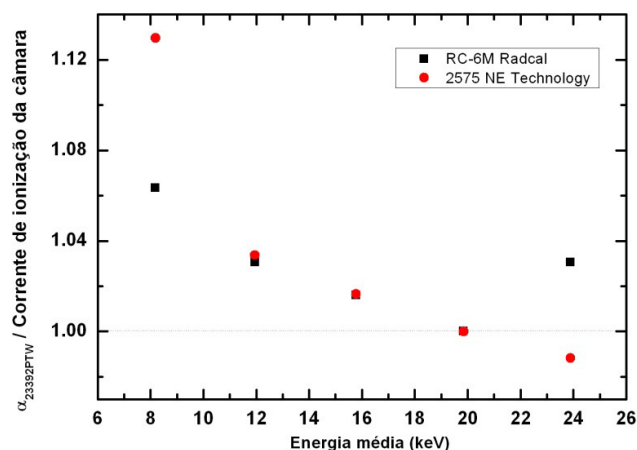


Figura 4. Dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392, com base no coeficiente angular ($\alpha_{PTW23392}$), comparada à câmara Radcal RC-6M e à câmara NE 2575, para as radiações de referência N (normalizada para N25).

4. CONCLUSÕES

A dependência energética da câmara de extrapolação PTW 23392 foi determinada comparativamente as duas câmaras, apresentando valores inferiores a 10%, se adotada a técnica de extrapolação. A adoção da técnica reduzirá, também, outros efeitos indesejáveis como espalhamento da radiação e falta de repetibilidade nas medidas de baixos valores de corrente de ionização.

Esta caracterização da câmara de extrapolação é relevante, para seu uso em medidas da camada semirredutora de feixes de baixa energia.

5. AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

1. ISO - International Standardization Organization. **X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy. ISO 4037.** Geneva, Suíça: ISO, 1996.
2. BOHM, J. e U. SCHNEIDER. Review of extrapolation chamber measurements of beta rays and low energy rays. **Radiation Protection Dosimetry.** v. 14 (2), pp. 193-198, 1986.
3. DA SILVA, E. A. B. e CALDAS, L. V. E. Application of extrapolation chambers in low-energy X-rays as reference systems. *Applied Radiation and Isotopes.* v 70, pp. 1411-1416, 2012.
4. PTW-FREIBURG. 2002. **Instruction Manual Extrapolation Chamber according to Böhm Type 23392.** Freiburg, Germany, 2002.
5. TADEU, 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.