

ESPECTROMETRIA DOS FEIXES DE RADIAÇÃO DE UM SISTEMA DE RADIODIAGNÓSTICO

Maria da Penha A. Potiens e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN/SP
C.P. 11049

05422-970, São Paulo - SP Brasil

RESUMO

Foi realizada a espectrometria do sistema de radiodiagnóstico modelo NEO-DIAGNOMAX, da MEDICOR, pertencente ao Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN. Neste sistema estão implantadas qualidades de radiação para a calibração de instrumentos utilizados tanto em medidas de radioproteção como na dosimetria de feixes em sistemas de raios X nível diagnóstico, com taxas de kerma no ar variando de 0,10 a 6,9 mGy/min, e tensão aplicada ao tubo de 40 a 90 kV. A espectrometria foi realizada no modo radiográfico, variando a tensão aplicada ao tubo de 50 a 125 kV. Para se diminuir o empilhamento de pulsos presente no fim dos espectros, foram adicionados filtros de alumínio na saída do feixe de radiação X.

Palavras Chave : espectrometria, radiação X, radiodiagnóstico, calibração.

I. INTRODUÇÃO

O espectro de um feixe de raios X é essencial para se verificar as principais características da qualidade de radiação estabelecida (tensão aplicada ao tubo, energias média e efetiva, e camada semi-redutora). Além disso, o conhecimento dos espectros de um sistema de raios X é necessário para se entender os vários estágios da produção de uma imagem diagnóstica, com o objetivo de reduzir a dose para o paciente e otimizar a qualidade da imagem. O espectro de raios X é definido como a distribuição de energia da radiação produzida em um feixe de raios X [1]. Portanto, a espectrometria dos sistemas de raios X em todas as qualidades implantadas para a calibração de instrumentos torna muito confiável as características dos feixes de radiação. Têm sido desenvolvidos nos últimos anos técnicas para a determinação precisa e direta de espectros de raios X [1-5].

O objetivo deste trabalho é a realização da espectrometria de um sistema radiodiagnóstico da

Medicor, pertencente ao Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN, onde estão implantadas qualidades de radiação para a calibração de instrumentos utilizados tanto em medidas de radioproteção como na dosimetria de feixes em sistemas de raios X nível diagnóstico.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um sistema gerador de raios X (nível Radiodiagnóstico), marca Medicor Mövek Röntgengyara, modelo Neo-Diagnomax (125 kV). As características deste sistema de radiação são :

Modo Radiográfico

Tensão de Operação : 40 a 125 kV

Tempo de Exposição : 0,04 a 5 segundos

Corrente do tubo : máximo 500 mA para 90 kV e 315 mA para 125 kV

Rendimento : 12 a 500 mAs

Modo Fluoroscópico

Tensão de Operação : 45 a 100 kV

Corrente do tubo : até 5 mA

Neste sistema foram implantadas as qualidades de radiação para a calibração de instrumentos

utilizados tanto em medidas de radioproteção [6] como na dosimetria de feixes [7] em sistemas de raios X nível diagnóstico, como mostram as Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Principais características dos feixes de radiação padrões para a calibração de monitores portáteis utilizados em radiodiagnóstico.

\dot{K}_{ar} = Taxa de kerma no ar

Qualidade da Radiação	Tensão do Tubo (kV)	Filtração Adicional		Camada Semi-Redutora		Energia Efetiva (keV)	\dot{K}_{ar} (mGy/min)
		(mmAl)	(mmCu)	(mmAl)	(mmCu)		
A 40	43	4	0,20	--	0,088	33	0,402
A 60	63	4	0,60	--	0,24	48	0,295
A 80	70	4	2,0	--	0,57	65	0,106
C 40	43	1,0	--	0,83	--	20	3,47
C 60	63	3,9	--	2,34	--	30	3,01
C 70	70	5,4	0,15	3,7	--	35	2,96
C 80	80	7,2	0,50	5,2	--	40	3,29

Tabela 2. Principais características dos feixes de radiação padrões para a calibração de instrumentos utilizados em dosimetria de feixes.

K_Q = Fator de correção para energia, normalizado para 70 kV

\dot{K}_{ar} = Taxa de kerma no ar

Qualidade da Radiação	Tensão do Tubo (kV)	Filtração Total (mmAl)	Camada Semi-Redutora (mmAl)	Energia Efetiva (keV)	K_Q	\dot{K}_{ar} (mGy/min)
RQR 3	52	2,5	1,82	32,0	1,02	5,06
RQR 5	70	2,5	2,45	39,2	1,00	6,59
RQR 7	90	2,5	3,1	46,0	0,99	6,92
RQA 3	52	12,5	4,0	38,8	1,05	0,363
RQA 4	63	18,5	5,7	45,6	1,03	0,309
RQA 5	70	23,5	7,1	51,8	1,00	0,256
RQA 6	80	29,5	8,4	57,9	0,99	0,200
RQA 7	90	32,5	9,1	62,9	0,98	0,481

A espectrometria foi realizada com um sistema espectrométrico NOMAD PLUS da EG&G ORTEC, acoplado a um detector de Germânio Hiper Puro (HPGe), modelo GL1015R da CANBERRA. A calibração do detector foi realizada previamente com uma fonte de ^{241}Am (0,29 MBq), com picos de emissão em 59,54 keV (raios gama) e 17,61 keV (raios X). Esta espectrometria foi realizada variando-se a tensão aplicada ao tubo de 50 a 125 kV. Todas as medidas foram realizadas a 200 cm de distância foco-

detector. Para se diminuir o empilhamento de pulso presente no fim dos espectros, foram adicionados filtros de alumínio na saída do feixe de radiação X, como mostra a Fig. 1. O detector foi protegido da radiação espalhada por uma blindagem de chumbo com 1 cm de espessura que recobriu todo o detector, deixando apenas uma abertura de 1 cm para colocação de um colimador, também de chumbo, que permitiu que apenas um feixe com 1 mm de diâmetro atingisse o detector.

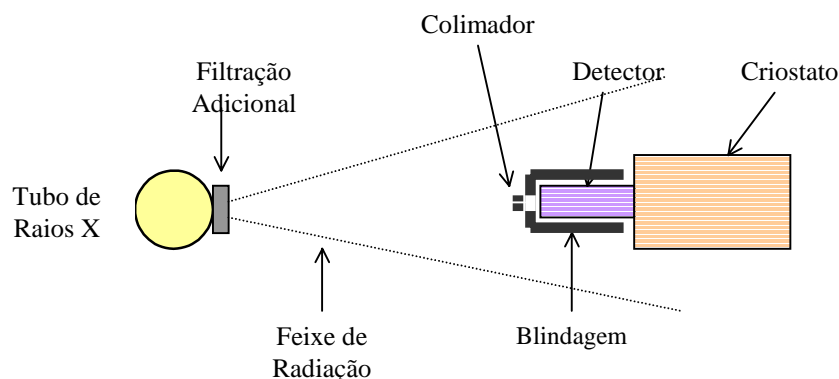


Figura 1. Arranjo experimental para a espectrometria dos feixes de radiação do sistema de radiação X utilizado em radiodiagnóstico.

As condições de irradiação do detector para cada feixe de radiação utilizado estão relacionadas na Tabela 3. Foram realizadas medidas com o menor (12 mAs) e o maior (125 mAs) valor de produto corrente-tempo possível.

Tabela 3. Condições de irradiação do detector para a determinação da tensão de pico do sistema de radiodiagnóstico (modo radioscópico).

Tensão do Tubo (kV)	Filtração Adicional (mmAl)
50	6
60	10
67	16
71	16
80	21
90	26
100	30
118	34
125	34

III. RESULTADOS

Os espectros obtidos para verificação da tensão de pico aplicada ao tubo em todo o intervalo de tensão disponível no painel da máquina estão apresentados nas Fig. 2 e 3. Observa-se que, em

todos os casos, para o menor valor do produto corrente-tempo (12 mAs), a tensão aplicada ao tubo registrada no painel da máquina está no mínimo 12% maior do que o valor real, medido com o espectrômetro, como pode ser visto na Fig. 3 para 90 e 118 kV, chegando a 20% para 67 kV (Fig. 2). Para os espectros obtidos com o maior valor do produto corrente-tempo aplicado (125 mAs), esta variação é menos significativa, em torno de 3% nos piores casos, de 50 a 71 kV, sendo que para os valores maiores de tensão, 118 e 125 kV, não existe diferença. Na Tabela 4 estão relacionados os valores de tensão de pico aplicada ao tubo, obtidos por meio da espectrometria, para o maior e o menor produto corrente-tempo e a variação percentual obtida em cada caso. Verifica-se que o sistema apresenta uma maior estabilidade quando se utiliza o produto corrente-tempo maior (125 mAs), com uma variação percentual de 0 a 3%, enquanto que para 12 mAs esta variação foi de 12 a 20%.

IV. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que este sistema de radiodiagnóstico possui um comportamento adequado para ser utilizado na calibração de instrumentos, desde que todas as suas características sejam bem determinadas. A espectrometria assegura uma maior confiabilidade na sua utilização. Estas medidas fazem parte da caracterização do sistema para sua utilização na calibração devendo ainda ser realizada a sua espectrometria para todas as qualidades já implantadas.

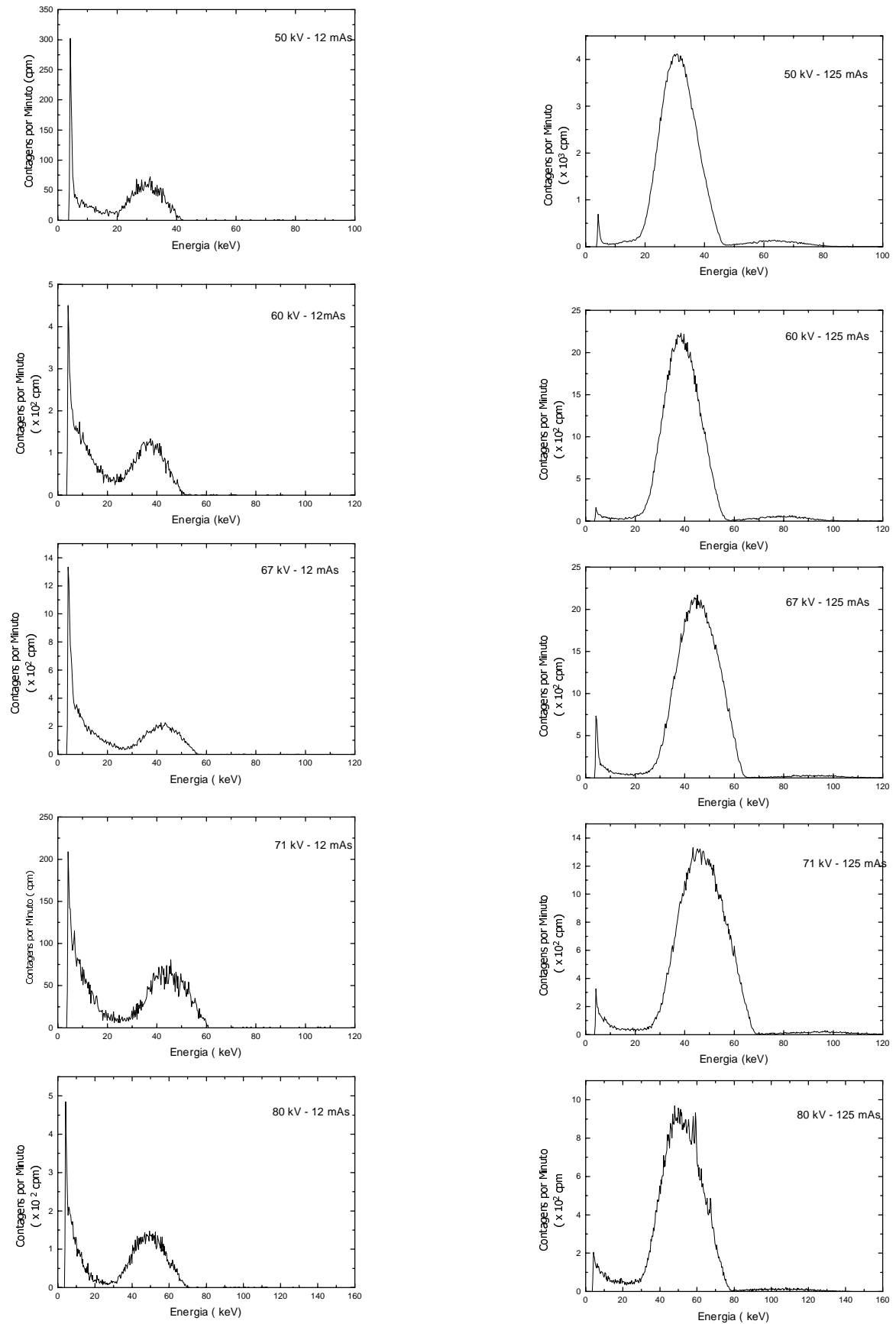


Figura 2. Espectros medidos para a tensões de 50 a 80 kVp aplicadas ao sistema de radiação X diagnóstico Neo-Diagnomax, para produtos corrente-tempo de 12 e 125 mAs.

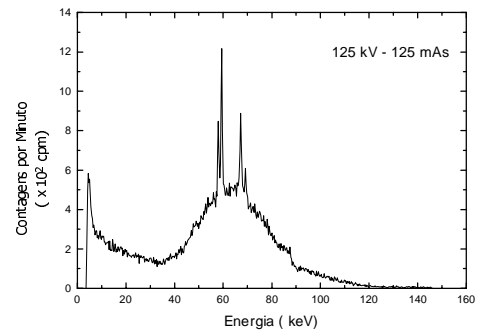
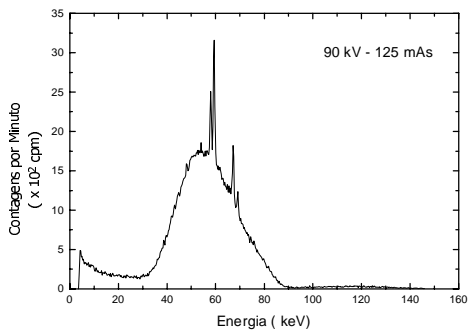
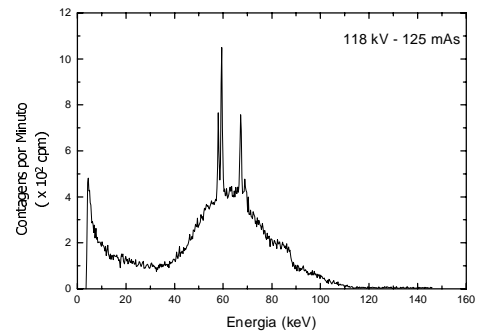
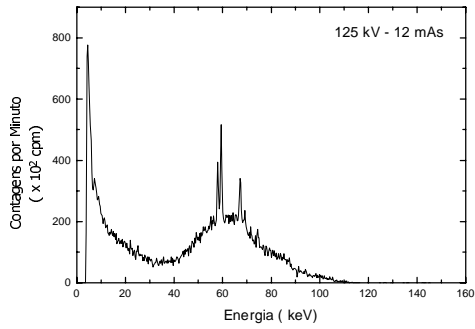
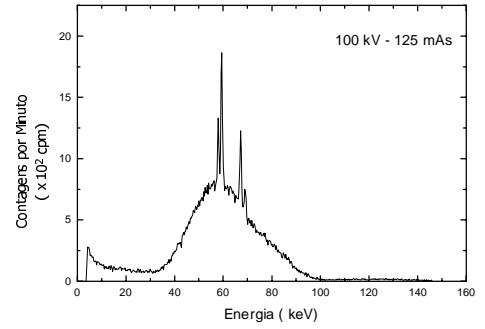
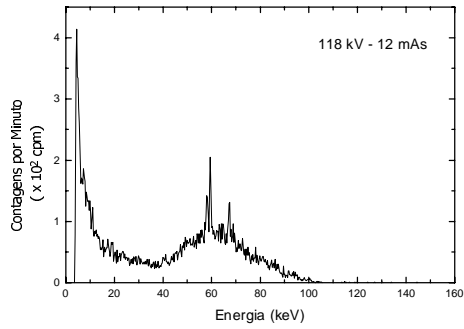
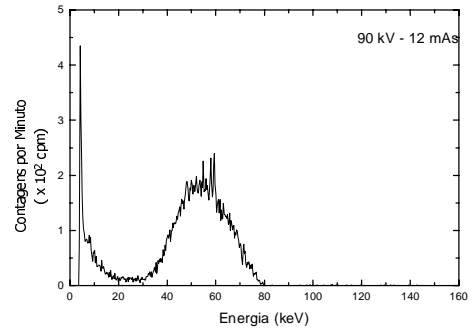
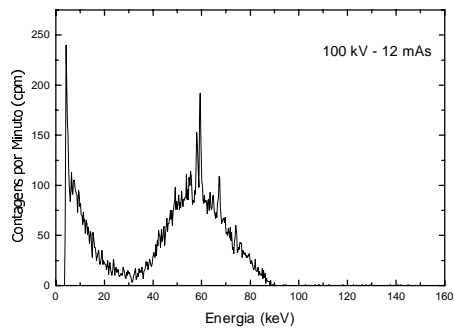


Figura 3. Espectros medidos para a tensões de 90 a 125 kVp aplicadas ao sistema de radiação X diagnóstico Neo-Diagnomax, para produtos corrente-tempo de 12 e 125 mAs.

Tabela 4. Valores de tensão de pico do sistema de radiação X diagnóstico do IPEN, utilizando-se o espectrômetro com detector de HPGe.

Tensão do Tubo (kVp)		Produto Corrente-tempo (mAs)	Variação Percentual (%)
Nominal	Espectr.		
50	42,0	12	19
	48,4	125	3
60	52,0	12	15
	58,3	125	3
67	56,0	12	20
	65,0	125	3
71	60,6	12	17
	69,2	125	3
80	69,8	12	15
	78,9	125	1
90	80,1	12	12
	89,2	125	1
100	88,6	12	13
	98,1	125	2
118	105,6	12	12
	118,0	125	0
125	110,0	12	14
	125,0	125	0

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro parcial.

REFERÊNCIAS

- [1] Nickoloff, E.L. and Berman, H.L. Factors affecting X-ray spectra. *Radiographics*, 13(16): 1337-1348: 1993.
- [2] Marshall, N.W.; Faulkner, K. and Warren, H. Measured scattered X-ray spectra. *Radiographics*, 23(7): 1271-1276: 1996.
- [3] Fehrenbacher, G.; Tesfu, K.; Panzer, W. and Regulla, D. Determination of diagnostic X-rays spectra scattered by a phantom. *Radiat. Prot. Dosim.*, 71(4): 305-308: 1997.
- [4] Potiens, M.P.A.; Rocha, F.D.G. and Caldas, L.V.E. Low energy X-ray system spectrometry.

In: IV ENCONTRO NACIONAL DE APLICAÇÕES NUCLEARES. Proceedings in CD-ROM, Poços de Caldas, MG, Agosto 1997.

- [5] Ankerhold, U.; Behrens, R. and Ambrosi, P. X-ray spectrometry of low energy photons for determining conversion coefficients from air kerma, K_a , to personal dose equivalent, $H_p(10)$, for radiation qualities of the ISO narrow spectrum series. *Radiat. Prot. Dosim.*, 81(4): 247-258: 1999.
- [6] Potiens, M.P.A.; Panzer, W. and Caldas, L.V.E. Dosimetric basis for a calibration protocol of survey meters for diagnostic radiology. In: IV CONGRESO REGIONAL DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y NUCLEAR, Proceedings...Haban, Cuba, October 1998.
- [7] Potiens, M.P.A. e Caldas, L.V.E. Aplicação de metodologia para calibração de instrumentos utilizados em dosimetria de feixes, nível radiodiagnóstico. In: V ENCONTRO NACIONAL DE APLICAÇÕES NUCLEARES. Proceedings in CD-ROM, Rio de Janeiro, RJ, Outubro 2000.

ABSTRACT

The spectrometry of the NEO-DIAGNOMAX diagnostic radiology system of the Calibration Laboratory of IPEN was performed. Radiation qualities to calibrate instruments used in radiation protection and direct beam measurements were established, with air kerma rates from 0.10 to 6.9 mGy/min. The spectrometry was obtained in the radiography mode, taking measurements between 50 to 125 kV. To reduce the pile-up effect, aluminum filters were added.