

DETERMINAÇÃO DA FILTRAÇÃO NECESSÁRIA PARA SIMULAÇÃO DE CAMPOS PADRÕES DE RAIOS X, NÍVEL MAMOGRAFIA

Aline B. Guerra e Linda V. E. Caldas
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
C. P. 11049 CEP 05422-970 - São Paulo/SP.
abguerra@net.ipen.br; lcaldas@net.ipen.br

RESUMO

A calibração de câmaras de ionização para mamografia em campos padrões convencionais de radiodiagnóstico não é recomendada, podendo acarretar incertezas significativas das medidas devido às diferenças de espectro dos feixes de radiação. O Laboratório de Calibração do IPEN possui apenas equipamentos de raios X com alvos de tungstênio. Neste trabalho foi determinada a filtração de molibdênio necessária para se simular feixes de mamografia utilizando este tipo de equipamento de raios X, com base nos procedimentos estabelecidos na norma ISO 4037-1. Segundo a literatura, uma filtração de 0,06 mmMo já é suficiente para a simulação de campos de radiação para mamografia. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que para este equipamento recomenda-se uma filtração de 0,10 mmMo para estar em conformidade com as recomendações da norma IEC 601-1-3 e possibilitar o uso do equipamento com campos de radiação similares aos dos hospitais e clínicas do País.

I. INTRODUÇÃO

A mamografia é a técnica mais utilizada e mais eficaz para detecção do câncer de mama em estágios iniciais. Trata-se de um diagnóstico baseado na utilização de raios X, com espectro de energias baixas [1-6], destacando-se na radiologia diagnóstica por apresentar peculiaridades distintas do radiodiagnóstico convencional quanto aos feixes de raios X, ao próprio equipamento de raios X, à faixa de energia, à tensão e às correntes operacionais, e aos tipos de filtros utilizados [3, 7, 8].

Deste modo, a dosimetria e o diagnóstico em mamografia exigem a utilização de câmaras de ionização específicas, que possuem dependência energética restrita à faixa de tensão operacional deste tipo de diagnóstico e, portanto, devem ser calibradas em feixes de raios X padronizados contendo as características específicas para a faixa mamográfica [7, 8]. Se a calibração for inapropriada por causa de diferenças no espectro, as incertezas resultantes das medidas em mamografia, como por exemplo no caso de medidas de dose glandular média, irão se propagar para as doses dos pacientes [9].

O uso de filtros de molibdênio na saída de um feixe de raios X produzidos em um alvo de tungstênio permite uma simulação dos feixes utilizados em sistemas de raios X com alvo de molibdênio, ou seja, são simulados feixes específicos para mamografia [3, 7]. O Laboratório de Calibração do IPEN possui equipamentos de raios X com alvos de tungstênio onde

podem ser acoplados filtros de molibdênio para simular feixes de mamografia. Entretanto, como cada equipamento de raios X tem suas próprias características, é imprescindível a verificação destas características em relação às normas vigentes. Neste trabalho determinou-se a filtração de molibdênio ideal para utilização dos feixes de raios X de um sistema específico, em conformidade com as normas [10, 11].

II. MATERIAIS

O sistema de medidas utilizado é constituído por uma câmara de ionização tipo superficial: marca *Nuclear Enterprises (NE)*, modelo 2536/3B, volume de 0,3 cm³, acoplada a um eletrômetro *NE*, modelo 2560. Esta câmara e o eletrômetro constituem o sistema padrão secundário do IPEN com rastreabilidade ao *National Physical Laboratory*, Inglaterra.

O sistema de raios X (60 kV) do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN é composto por um Gerador *Rigaku Denki Co. Ltda*, tipo *Geigerflex* (potencial constante), acoplado a um tubo *Philips*, modelo PW2184/00, com janela de 1 mm de berílio e alvo de tungstênio. A variação da corrente é de 2 mA a 80 mA (com incremento de 5 mA, exceto no primeiro incremento, que é de 3 mA) e a variação da tensão é de 20 kV a 60 kV (com incremento de 2,5 kV). O obturador dos feixes de radiação, marca *Physikalisch-Technische Werkstätten (PTW)*, modelo 6801, apresenta transmissão menor que 0,1 %.

Foram utilizados neste trabalho filtros de molibdênio e alumínio com espessura de 0,01 mm e pureza de 99,99%.

III. METODOLOGIA

Os filtros de molibdênio foram posicionados na saída do tubo de raios X e os absorvedores de alumínio à meia distância entre o foco e o detector de radiação. A partir deste arranjo, determinou-se a camada semi-redutora para um feixe de 60 kV com uso da câmara de ionização NE. A filtração inerente foi determinada conforme a norma ISO 4037-1[11]. O mesmo procedimento foi realizado adicionando-se outros filtros de molibdênio até se obter a filtração mínima exigida pela norma internacional IEC 601-1-3 [10], que é equivalente a 0,5 mmAl.

Para a determinação da filtração total é suficiente conhecer-se o valor da primeira camada semi-redutora, uma vez que se avalia a filtração do sistema e não a homogeneidade do feixe de radiação.

IV. RESULTADOS

As Figuras 1 a 4 apresentam as curvas obtidas para a determinação das camadas semi-redutoras de um feixe de 60 kV, utilizando-se os filtros de molibdênio no feixe de radiação. Cada ponto experimental representa a média de 5 medidas. O desvio padrão percentual máximo foi de 0,41 %.

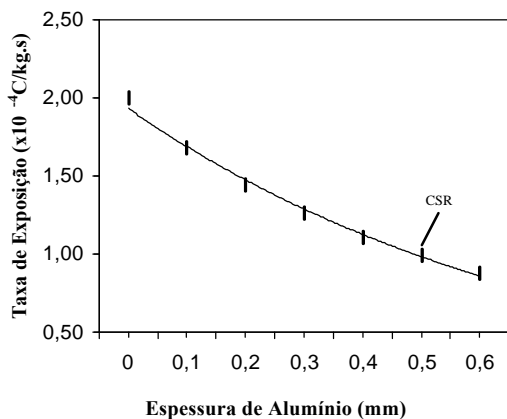


Figura 1: Determinação da primeira camada semi-redutora para uma filtração adicional de 0,06 mmMo na saída do feixe de radiação.

Conforme mostra a Figura 1, a camada semi-redutora obtida para um feixe de 60 kV com filtração de 0,06 mmMo na saída deste feixe foi de 0,49 mmAl. Segundo a norma ISO [11], para camadas semi-

reductoras entre 0,38 e 0,54 mmAl, a filtração do sistema é equivalente ao intervalo entre 0,3 e 0,4 mmAl e, portanto, inferior aos 0,50 mmAl recomendados na norma IEC [10] para sistemas de mamografia.

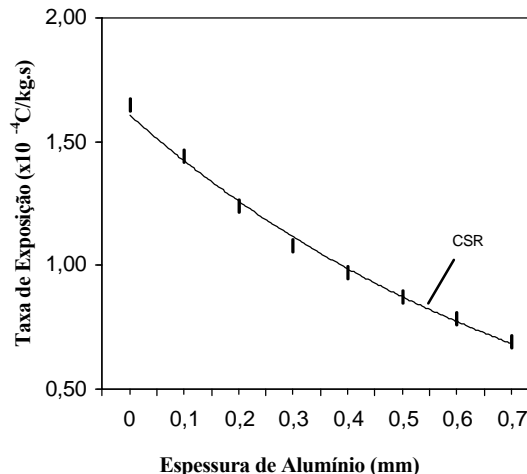


Figura 2: Determinação da primeira camada semi-redutora para uma filtração adicional de 0,07 mmMo na saída do feixe de radiação.

No caso da Figura 2, colocando-se 0,07 mmMo na saída do feixe, a camada semi-redutora, para o feixe de 60 kV foi de 0,55 mmAl. Este valor está muito próximo ao valor de 0,54 mmAl fornecido na norma ISO [11] e que ainda não corresponde à filtração mínima recomendada na norma IEC [10], conforme já citado; assim, concluiu-se que a filtração do sistema ainda se apresentava inferior ao valor estabelecido na legislação em questão.

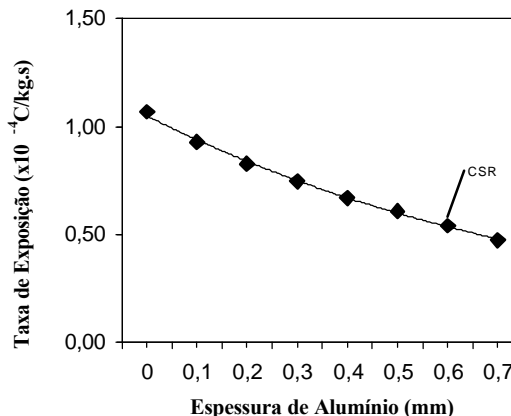


Figura 3: Determinação da primeira camada semi-redutora para uma filtração adicional de 0,09 mmMo na saída do feixe de radiação.

Para 0,09 mmMo de filtração na saída do feixe de 60 kV, o valor da camada semi-redutora obtida foi de

0,60 mmAl. Este valor corresponde ao intervalo entre 0,54 e 0,67 mmAl para primeira camada semi-redutora, o que equivale ao intervalo entre 0,4 e 0,5 mmAl para filtração deste sistema de raios X. Como este valor ainda estava inferior ao estabelecido na norma IEC [10], colocou-se em seguida uma filtração de 0,10 mmMo no feixe de saída, obtendo-se os dados da Figura 4.

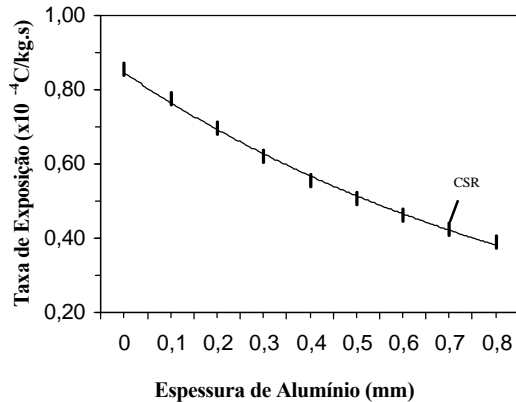


Figura 4: Determinação da primeira camada semi-redutora para uma filtração adicional de 0,10 mmMo na saída do feixe de radiação.

Com referência à norma ISO [11], como 0,67 mmAl equivalem à filtração exigida na norma IEC [10], a camada semi-redutora de 0,69 mmAl obtida para 0,10 mmMo na saída do feixe de 60 kV está em conformidade com a legislação. Sendo assim, recomenda-se o uso desta filtração de molibdênio para a simulação dos feixes de radiação, nível mamografia, neste equipamento de raios X.

Os valores obtidos para a camada semi-redutora foram comparados com os dados da norma ISO [11], conforme citado anteriormente. A partir desta comparação, foi realizada a interpolação numérica, cujos valores são apresentados na Tabela 1, para definir a filtração total do sistema de raios X e deste modo estabelecer a filtração de molibdênio a ser utilizada para este equipamento específico.

TABELA 1: Determinação da filtração equivalente em alumínio com base no valor da camada semi-redutora.

Filtração adicional (mmMo)	CSR (mmAl)	Filtração equivalente (mmAl)
0,06	0,49	0,37
0,07	0,55	0,41
0,09	0,60	0,45
0,10	0,69	0,52

Portanto, utilizando-se uma filtração de 0,10 mmMo na saída do feixe de radiação neste sistema de raios X, a camada semi-redutora é equivalente a 0,69 mmAl, o que corresponde a uma filtração do sistema de raios X equivalente a 0,52 mmAl. Deste modo, além de se reproduzir o espectro mamográfico sugerido na literatura [3, 7] o sistema de raios X está em conformidade com a norma IEC [10].

V. CONCLUSÕES

Segundo a literatura, uma filtração de 0,06 mmMo já seria suficiente para a simulação de campos de radiação para mamografia, mas para este equipamento recomenda-se utilizar 0,10 mmMo, para estar em conformidade com a legislação, que recomenda uma filtração equivalente mínima de 0,5 mmAl, para equipamentos de mamografia. Deste modo, é possível o uso deste equipamento de raios X com campos de radiação similares aos dos hospitais e clínicas do País para calibração de instrumentos detectores de radiação utilizados na área de mamografia

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro parcial, e ao Dr. Frank Cerra, do Laboratório de Calibração de Instrumentos do *Food and Drug Administration* (FDA), EUA, pelo incentivo e auxílio técnico.

REFERÊNCIAS

- [1] **Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico**. Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária nº 453 de 1º de junho de 1998. (Publicada no Diário Oficial da União em 02 de junho de 1998).
- [2] **Norma Técnica que dispõe sobre o Uso, Posse e Armazenamento de Fontes de Radiação Ionizante, no Âmbito do Estado de São Paulo**. Resolução SS - 625 de 14 de dezembro de 1994. (Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 15 de dezembro de 1995)
- [3] Bushong, S.C., **Radiologic Science for Technologists - Physics, Biology, and Radiation Protection**, 6th edition, Mosby Company, Missouri, 1997.
- [4] Pernicka, F.; Andreo, P.; Meghizifene, A.; Czap, L.; Girzikowsky, R. **Standards for Radiation Protection**

and Diagnostic Radiology at the IAEA Dosimetry Laboratory, SSDL Newsletter, Vienna, No. 41, p 12-23, 1999.

[5] National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP, **Calibration of Survey Instruments used in Radiation Protection for the Assessment of Ionizing Radiation Fields and Radioactive Surface Contamination**, Report No. 112, chapters 1 and 2, Bethesda, M. D., 1991.

[6] National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP, **Mammography**, Report No. 66, Washington, DC, 1980.

[7] Dowsett, D.J.; Kenny, P. A.; Johnston, R. E., **The Physics of Diagnostic Imaging**, Chapman & Hall Medical, Londres, 1998.

[8] National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP, **Mammography - A User's Guide**, Report No. 85, chapters 3, 4 and 5, Bethesda, M. D., 1986.

[9] DeWerd L. A.; Wagner L. K. **Characteristics of Radiation Detectors for Diagnostic Radiology**, Appl. Radiat. Isot. vol. 50, p. 125-136, 1999.

[10] International Electrotechnical Commission – IEC 601 -1-3. **Medical Electrical Equipment**, 1994.(CEI/IEC 601-1-3: 1994)

[11] International Standard Organization - ISO 4037-1, **X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosemeters and Doseratemeters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy, Part 1: Radiation Characteristics and Production Methods**, Geneve, Switzerland, 1996.

results presented in this work show that for this equipment a filtration of 0,10 mmMo is needed to agree with the recommendation by norm IEC 601-1-3 and to make possible the use of the equipment with similar radiation fields to those of Brazilian hospitals and clinics.

ABSTRACT

The calibration of ionization chambers for mammography in conventional standard fields of diagnostic radiology is not recommended, because it could cause significant uncertainties of the measurements due to the radiation spectra differences. The IPEN Calibration Laboratory has only equipments of X rays with tungsten targets. In this work the necessary molibdenium filtration was determined in order to simulate mammographic fields in these equipments, using the established procedures in the norm ISO 4037-1. According to the literature, a filtration of 0,06 mmMo is already enough for the simulation of radiation fields for mammography. The