

Comparação de espectros de raios X gerados por um alvo de W e filtração adicional de Mo e Al para aplicações em metrologia na mamografia

Eduardo de L. Corrêa, Rodrigo F. de Lucena, Maria da Penha A. Potiens e Vitor Vivolo

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil

Resumo. Este trabalho apresenta uma comparação entre espectros de radiação X gerados por um aparelho com alvo de Tungstênio (W) e filtração adicional de Molibdênio (Mo) e Alumínio (Al). O objetivo é encontrar uma maneira de reproduzir o espectro de energia gerado por um mamógrafo, que possui um alvo de Mo, em um sistema de calibração de dosímetros que utiliza um equipamento com alvo de W. Para isso foram coletados espectros de feixes diretos (tensões de 25kV, 28kV, 30kV e 35kV), feixes nas qualidades RQR-M já implantadas no equipamento, com filtração adicional de Al e Mo, separadamente. Para a implantação das qualidades RQR-M foram utilizadas como referência as qualidades implantadas pelo Laboratório de padronização primária alemão Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB).

Palavras-chave: espectros de raios X, mamografia, radiodiagnóstico, calibração de dosímetros.

Comparison between the X ray spectrum generated by a W target and additional filtration of Mo and Al

Abstract. This paper presents a comparison between the X radiation spectra generated by an equipment with a Tungsten (W) target and additional filtration of Molybdenum (Mo) and Aluminum (Al). The objective was find a method to reproduce the energy spectrum generated by a mammography equipment, which has a Mo target, in a dosemeter calibration system that use an equipment with W target. The spectra of direct beams (voltages of 25kV, 28kV, 30kV and 35kV) in the RQR-M qualities already established in the equipment, have been collected with additional filtration of Mo and Al, separately. For the implementation of the RQR-M the qualities established by the German Primary Standard Dosimetry Laboratory Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) have been used as reference.

Keywords: X ray spectrum, mammography, diagnostic radiation, doseimeters calibration.

1. Introdução

A mamografia é, ainda hoje, o melhor exame para se localizar uma patologia na mama logo em seu início. Para isso é necessário que o mamógrafo opere numa faixa de energia na qual seja possível criar uma imagem nítida, mas que não dê uma dose desnecessária ao paciente. Para atingir esse objetivo é necessário não apenas levar em consideração o alvo do tubo de raios X, mas também a filtração adicional utilizada.

A filtração de Mo corta as energias mais altas, que prejudicam a imagem. Por outro lado, a filtração de Al retira as energias mais baixas, que não ajudam em quase nada a imagem e ainda dão dose desnecessária ao paciente.

Nesse trabalho serão comparados os espectros de um tubo de raios X com alvo de W (com as qualidades RQR-M já implantadas) sem nenhuma filtração, e com filtração adicional de Mo e Al, procurando identificar melhor de qual forma cada um desses materiais influencia no espectro de energia que chega ao paciente. Para a implantação das qualidades RQR-M foram utilizadas como referência as qualidades implantadas pelo Laboratório de padronização

primária alemão Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)[1].

2. Material e Métodos

A espectrometria foi realizada em um sistema de raios-X Pantak Seifert (de 25 a 35 kV). O espectrômetro utilizado foi um Ortec NOMAD Plus portátil, de Germânio Hiperpuro (HPGe), para baixas energias. A calibração foi feita na energia do Am-241, e o software utilizado foi o Maestro. Foram utilizados filtros de Mo, com 0,06mm de espessura, e filtros de Al, com diferentes espessuras. Todos os filtros possuem pureza de 99,99%. O sistema foi montado conforme mostrado na figura 1, e um esquema da montagem é mostrado na figura 2. Os filtros foram posicionados entre a saída do tubo e o primeiro colimador (na figura, o colimador mais ao fundo).

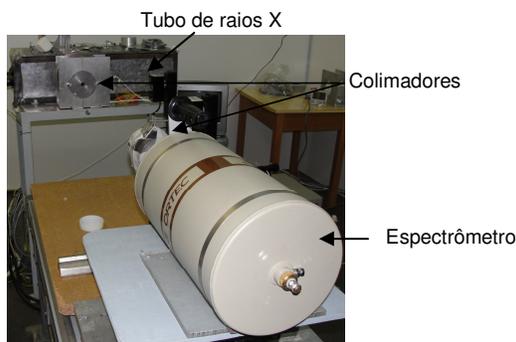


Figura 1. Montagem do sistema.

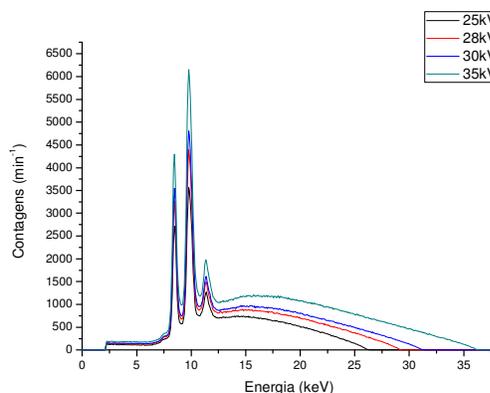


Figura 2. Espectros de feixes diretos.

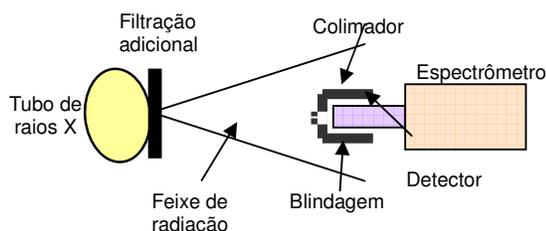


Figura 2. Esquema superior da montagem do arranjo[1].

Foi necessário realizar o resfriamento do detector com Nitrogênio líquido. Depois que este foi colocado dentro do espectrômetro, o sistema ficou em repouso por 24 horas. Foi necessário repor o Nitrogênio diariamente.

Com o objetivo de reduzir o tempo morto do detector, o mesmo foi colocado a uma distância de aproximadamente 2,4 metros do tubo de raios-X, e a corrente utilizada foi de 0,1mA. Em todas as medidas o espectrômetro ficou exposto por aproximadamente 12 minutos.

Após a coleta, os dados foram colocados no Excel, para serem organizados, e os valores finais colocados no Origin, para plotar os gráficos dos espectros, que serão apresentados em “resultados”.

3. Resultados

A figura 2 apresenta os espectros dos feixes diretos de radiação X, quando são aplicadas tensões de 25, 28, 30 e 35kV. Os picos presentes nesse espectro são devido à filtração inerente de 0,8mm de Berílio, presente na janela do tubo.

Na figura 3 são apresentados os espectros da qualidade RQR-M 1 (tensão de 25kV). A curva preta representa o espectro de raios X utilizando uma filtração adicional de (0,472 + 0,005)mmAl. A curva vermelha é o espectro gerado pela filtração de Mo, com espessura (0,060 ± 0,005)mm.

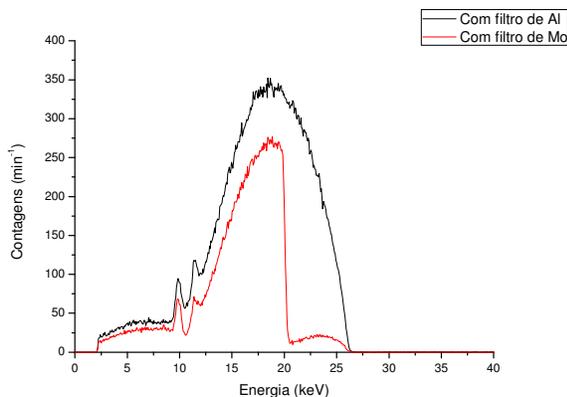


Figura 3. Espectros em RQR-M1.

Na figura 4 são apresentados os espectros da qualidade RQR-M2 (tensão de 28kV). Aqui as filtrações utilizadas foram de (0,460 ± 0,005)mmAl e (0,006 ± 0,005)mmMo.

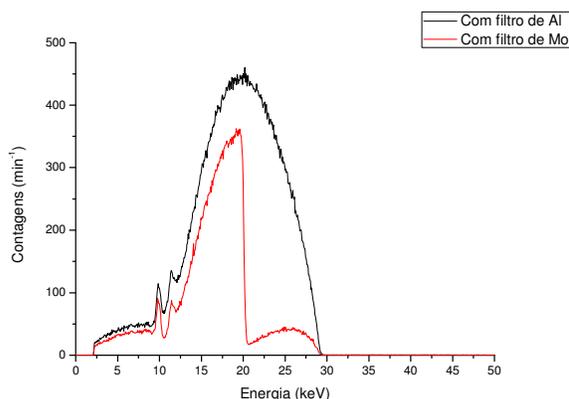


Figura 4. Espectros em RQR-M2.

Na figura 5 são apresentados os espectros da qualidade RQR-M3 (tensão de 30kV). Aqui as filtrações utilizadas foram de $(0,450 \pm 0,005)$ mmAl e $(0,006 \pm 0,005)$ mmMo.

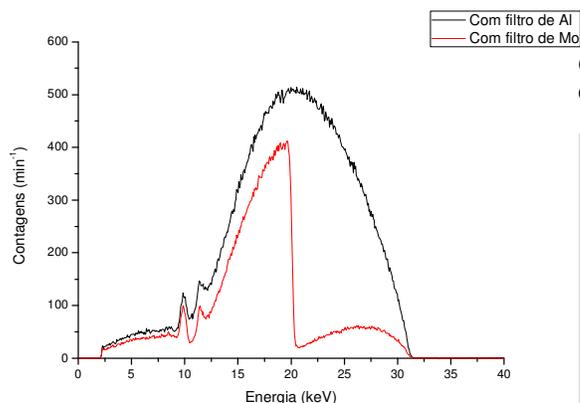


Figura 5. Espectros em RQR-M3.

Na figura 6 são apresentados os espectros da qualidade RQR-M4 (tensão de 35kV). Aqui as filtrações utilizadas foram de $(0,400 \pm 0,005)$ mmAl e $(0,006 \pm 0,005)$ mmMo

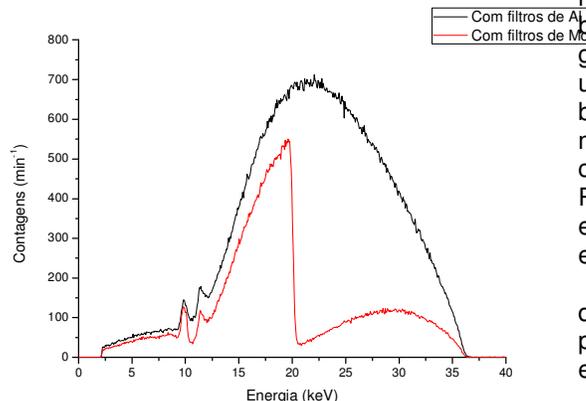


Figura 6. Espectros em RQR-M4.

4. Discussão e Conclusões

Os resultados apresentam, basicamente, duas coisas importantes. Primeiramente ocorreu uma redução grande no número de contagens (aproximadamente 10 vezes) após a colocação dos filtros no feixe de radiação. Com isso foi possível, tanto no caso do Al, quanto no caso do Mo, reduzir a quase zero os picos referentes à filtração inerente de Be. O espectro ficou bem mais limpo. No caso de um exame de mamografia haveria uma redução significativa na dose dada ao paciente.

Segundo, num espectro contínuo, como é o caso do W, em energias baixas, o Mo serve para barrar as energias mais altas, devido ao efeito da borda K (*K-edge*), no qual os elétrons da camada K do átomo de Mo absorvem a energia dos raios X incidentes. Esses fótons de energias altas acabam prejudicando a imagem, e acabam dando mais dose ao paciente. Um filtro de Mo colocado num

feixe de radiação X gerado por um tubo com alvo de W não apenas reduz a quase zero os picos do Be, como também reduzem as energias acima de 20keV, ajudando a melhorar a imagem e diminuindo a dose recebida pelo paciente. A figura 7, retirada da tese de doutorado de Roseli Künzel[2], apresenta uma comparação entre os espectros gerados por um tubo de W (linha contínua) e um tubo de Mo (linha tracejada).

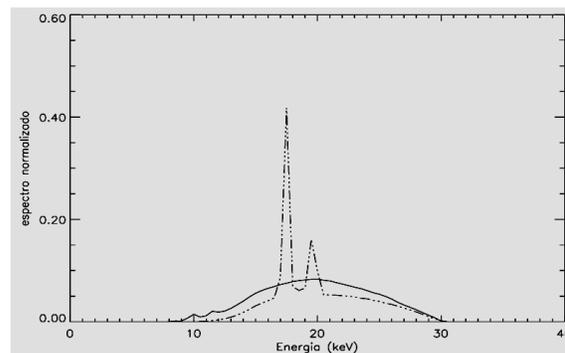


Figura 7. Comparação dos espectros de W e Mo[2].

A partir da figura acima é possível entender o motivo da utilização de alvos de Mo em exames de mamografia. Como a mama é constituída basicamente de tecido glandular, tecido fibroso e gordura, a energia necessária para se conseguir uma imagem de alta resolução, alto contraste e baixo ruído é baixa[3]. Por isso é utilizado, na mamografia, um alvo de Mo, que poder ser combinado com uma filtração adicional de Mo ou Ródio (Rh). Com isso está garantida uma grande emissão de radiação característica de baixa energia (17.4 a 19.8 keV)[3].

Dessa maneira temos uma grande quantidade de fótons nessa faixa de energia, tornando possível assim uma imagem nítida, e com pouca exposição do paciente à radiação.

Pode-se concluir então que, no caso da mamografia, o melhor filtro a ser utilizado é o de Mo, principalmente se o tubo utilizado possuir um alvo de W, visto que o Al, embora reduza os picos do Be, ele não absorve os fótons de energias mais altas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, Projeto: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

Referências

1. Potiens, M.P.A. Metodologia dosimétrica e sistema de referência para radiação X nível diagnóstico. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 1999.

2. PTB [homepage on the Internet]. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Table of Radiation Qualities [cited 2009 Jun 15] Available from:
<http://www.ptb.de/de/org/6/62/625/pdf/strhlq.pdf>
3. Künzel, R. Espectrometria de raios X em mamografia aplicada à proteção radiológica. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo; 2006.
4. Rodrigues, CIH. Sistemas CAD em Patologia Mamária. [Trabalhos Práticos do Curso de Mestrado em Engenharia Biomédica]. Porto: Universidade do Porto; 2008.