

Aparato experimental para determinar os coeficientes de atenuação no chumbo para fótons de 0,511 MeV

Experimental apparatus to determine lead attenuation coefficients for photons of 0.511 MeV

Vargas, Luis C. B.¹, Cardoso, Domingos O.¹, Gavazza, Sérgio¹, Morales, Rudnei K.¹, Oliveira, Luciano S. R.²

¹Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro, Brasil.

²Instituto de Defesa Química Biológica Radiológica Nuclear (IDQBRN), Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: claudiovargasbrito@gmail.com

Resumo: As fontes radioativas emissoras gama com energias superiores a 1,022 MeV, podem interagir com a matéria pelo processo de produção de pares, produzindo no aniquilamento do pósitron dois fótons de 0,511 MeV, que podem contribuir para o aumento das doses em IOE's ou em indivíduos do público. Os órgãos reguladores nacionais no processo de licenciamento, requerem um plano de proteção radiológica e um projeto de blindagem considerando a influência destes fótons. O trabalho apresentará todas as fases de desenvolvimento do aparato experimental para a determinação dos coeficientes de atenuação para fótons com energia de 0,511 MeV no chumbo.

Palavras-chave: Blindagem; Proteção radiológica; Aparato experimental.

Abstract: Radioactive gamma-emitting sources with higher energies than 1.022 MeV, may interact with matter by pair production process, generating two photons of 0.511 MeV in the positron annihilation, that may contribute to increase doses in both IOE's or public. National regulatory agencies require a radiation protection plan and a shielding project to consider the influence of these photons in the licensing procedure. This work will present all steps for the development of the experimental apparatus for determination of the attenuation coefficients for photons with energy of 0.511 MeV in lead.

Keywords: Shielding; Radiological protection; Experimental apparatus.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se da importância que os fatores de proteção radiológica (tempo, blindagem e distância) possuem tanto para a redução da exposição, quanto para a otimização das doses [1].

Nos cálculos de atenuação ou redução de doses em blindagens, o procedimento teórico empregado, baseia-se no coeficiente de atenuação linear total (μ) para a energia gama incidente no material.

Na bibliografia proposta para o estudo de blindagem, os valores correspondentes aos coeficientes de atenuação (μ) da radiação gama para fótons de 0,511 MeV, não estão disponibilizados [2 e 3]. Para otimização de um projeto de blindagem, propõe-se neste trabalho o desenvolvimento de um aparato experimental que possibilite a determinação dos coeficientes de atenuação no chumbo para fótons de energia de 0,511 MeV e quantificação de dose efetiva.

Quando da obtenção dos resultados das medições experimentais utilizando o detector HPGe, os mesmos serão comparados com os dados obtidos na simulação utilizando o programa Monte Carlo N-ParticleTransportCode (MCNPx) e valores apresentados na literatura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Colimadores de chumbo

Verificou-se a otimização da medição, adicionando-se os colimadores de chumbo ao aparato experimental, garantindo assim, uma maior probabilidade da incidência perpendicular dos fótons, centralização entre o centro da fonte e o centro do volume sensível e, simultaneamente uma maior homogeneidade na quantidade de energia depositada no detector por interação no volume sensível.

Determinou-se o menor diâmetro possível para os colimadores, com base na infraestrutura disponível para a preparação dos mesmos e das

condições geométricas da fonte. Idealizaram-se outros blocos “tabela 1” com diferentes diâmetros, atingindo a largura máxima de até 8 vezes o diâmetro da fonte, com a finalidade de analisar o diâmetro no qual as condições de boa geometria são perdidas.

Tabela 1. Diâmetro dos colimadores de chumbo.

Bloco	Diâmetro dos colimadores (mm)
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10
6	12
7	14
8	16
9	18
10	20

A preparação dos colimadores de chumbo segue em andamento no Instituto de Defesa Química Biológica Radiológica Nuclear (IDQBRN) no Centro de Tecnologia do Exército (CTEx). Adquiriram-se no IME e IDQBRN blocos de chumbo de alta pureza e homogêneos com dimensões 20 cm de comprimento x 10 cm de largura x 5 cm de altura, sendo moldados para as dimensões de 5 cm x 5 cm x 5 cm “figura 1”. Essa configuração permite a realização das medições sem causar danos ao detector, devido ao peso do bloco em seu volume sensível, se forem diretamente colocados sobre o detector.



Figura 1. Blocos de chumbo adquiridos para o trabalho (esquerda) e bloco confeccionado no CTEEx (direita).

2.2. Dificuldades

As maiores dificuldades encontradas no andamento do trabalho são:

- Encontrar mão-de-obra qualificada e maquinário disponível para realização dos cortes e furações nos blocos de chumbo;
- Definir um arranjo experimental adequado para as medições, preservando o detector;
- Infraestrutura disponível, tendo em vista as dificuldades econômicas em que se encontram os institutos de pesquisa.

2.3. Escolha do local para as medições

A medição experimental será realizada no CTEEx, localizado em Guaratiba – Rio de Janeiro. Na escolha do local, foram consideradas as seguintes características: o baixo “background”; a disponibilidade do equipamento para o início das medições; o CTEEx sendo uma unidade do Exército Brasileiro, disponibilizou o uso de sua infraestrutura para a realização desse trabalho.

2.4. Blindagem do detector

A blindagem do detector é composta de chumbo, estanho e cobre, com dimensões aproximadas de 100 mm, 1 mm e 1,6 mm “figura 2”, respectivamente. Acoplando-se o detector na parte inferior da blindagem, minimizam-se

simultaneamente o “background” e o tempo morto do aparato experimental.

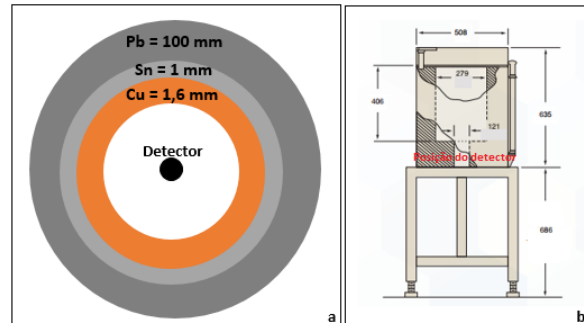


Figura 2. a) Composição da blindagem com as respectivas dimensões (vista superior). b) Dimensão (em milímetros) do posicionamento do detector (vista frontal). [4]

2.5. Calibração do detector

Iniciou-se a calibração do sistema pelo ajuste do sistema de medição de forma a obter uma melhor conformação da gaussiana do sinal a ser analisado. Para a realização dessa etapa utilizou-se uma fonte de Eu-152 para a calibração do sistema, em seguida para a validação da mesma, usou-se as energias gama das fontes de Co-60 e Cs-137 para avaliação da reta de calibração obtida.

2.6. Folhas de atenuação

As folhas de atenuação são compostas de alumínio com espessura variável (0 a 1602,2 mg/cm²) “figura 3”, otimizando o tempo morto do sistema de medição, com a absorção dos fótons de energias inferiores a 200 keV.

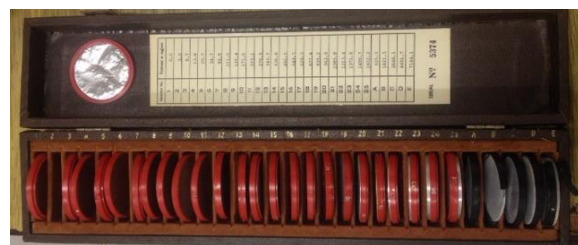


Figura 3. Atenuadores de alumínio com diferentes espessuras.

3. RESULTADOS PREMILINARES

A preparação dos colimadores encontra-se em fase de conclusão, sendo até o dado momento, confeccionados os blocos de 1 até 5 “figura 4”. Alcançou-se um resultado satisfatório na centralização dos colimadores, minimizando os desvios referentes ao maquinário, fragilidade das brocas utilizadas para a perfuração e erros de paralaxe.



Figura 4. Colimadores preparados no CTEEx.

Realizou-se a calibração do sistema com a fonte de Eu-152. A partir das energias teóricas e dos canais observados, plotou-se a reta de calibração do sistema “Figura 5”, sendo ajustada de acordo com um comportamento linear, obtendo-se perfeita conformidade com a curva experimental ($R^2=1$). Com a reta de calibração, obtém-se a energia de 0,511 MeV (objetivo do estudo).

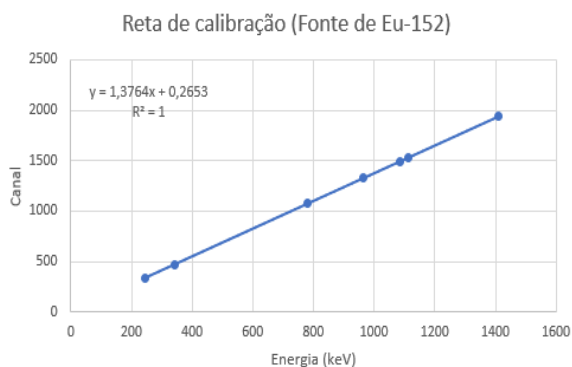


Figura 5: Reta de calibração obtida com Eu-152.

4. CONCLUSÕES

A preparação de aparato experimental para realização de medições, precede de inúmeros cuidados visando a minimização das incertezas experimentais. Algumas etapas dessa preparação são extremamente importantes, tais como, escolha de um local com baixo “background”, materiais auxiliares que atendam a necessidade do trabalho proposto, mão-de-obra especializada para confecção dos colimadores de chumbo (dificuldade encontrada no trabalho) e calibração do sistema de medições. No presente trabalho, a reta de calibração obtida está em conformidade com os dados obtidos com as fontes de Co-60 e Cs-137, validando assim a calibração do sistema de medições. Pela reta de calibração será possível identificar os fótons de 0,511 MeV.

5. AGRADECIMENTOS

À IDQBRN, principalmente para TC Avelino, ST Jéferson e os demais servidores civis que fornecem o apoio necessário para a execução do trabalho. Ao CTEEx, em especial ao ST Ferreira pela confecção dos colimadores de chumbo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ATTIX, Frank H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry, John Wiley & Sons, 1986. ISBN 0-471-01146-0.
- [2] CHILTON, Arthur B. et al. Principles of radiation shielding – Editora: Prentice-Hall, EUA, 1984. ISBN 013709907X
- [3] FODERARO, A. The photon shielding manual - 2^a edition. University Park, April 1978.
- [4] Manual Canberra Model 747 and 747E. Disponível em:
<http://www.canberra.com/products/detectors/detector-shields.asp>