

Espectrometria de raios X: princípios básicos

X-ray Spectrometry: basic principles

R. M. Carvalho^{1,2}, G. J. Teixeira^{1,2,4}, R. S. Cardoso¹ e J. G. P. Peixoto^{1,3}

¹ Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Av. Salvador Allende, Jacarepaguá, Rio de Janeiro. ² Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Universidade Estácio de Sá, Rua André Rocha, 838, Taquara, Rio de Janeiro. ³ Laboratório de Ciências Radiológicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro. ⁴ Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Boulevard 28 de setembro, Vila Isabel, Rio de Janeiro.

E-mail: rmcvalho91@gmail.com

Resumo: A aplicação dos raios X requer o estudo de seu espectro. Dificuldades intrínsecas do próprio método e de toda a instrumentação necessária para a realização desta prática são relatados. O objetivo foi demonstrar a utilização de um espectrômetro comercial com utilização na temperatura ambiente. Como resultado inicial, foi concluído que tanto a instrumentação é compatível para ser utilizada em um feixe de raios X, com e sem material espalhador em comparação com dados teóricos obtidos.

Palavras-chave: Raios X, Espectrometria, Simulação.

Abstract: The application of X rays requires a study of its spectrum. Intrinsic difficulties of the own method and of all the instrumentation necessary for the accomplishment of this practice were related. The objective was to demonstrate the use of a commercial spectrometer using at room temperature and compare it with spectra theoretically obtained by simulation. As an initial result was that both instrumentation is compatible to be used in an X-ray beam, with and without scattering material and its theoretical data were obtained.

Keywords: X-rays, Spectrometry, Simulation

1. INTRODUÇÃO

A aplicação dos feixes de raios X em diversas áreas requer estudar a caracterização do espectro proveniente deste através da radiação utilizada.

Tal estudo é através da espectrometria, que realiza a medição da interação destes diferentes raios X em uma dada faixa de energia, integrando todas as energias.

Com o objetivo de caracterizar o espectro de raios X, em função do material utilizado na confecção do alvo, foi realizada uma comparação em relação à posição dos picos do espectro, dos efeitos fotoelétricos, bremsstrahlung, Compton entre outros provenientes desta interação no anodo e seu material.

A realização de ensaios não destrutivos de forma a obter estes espectros, experimentalmente, com o intuito de assegurar níveis de dose radiação dentro dos limites exigidos pelas normas, para a realização de um determinado exame radiológico é de grande importância para que as boas práticas laboratoriais e clínicas sejam atendidas e respeitadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A produção de raios X depende de alguns fatores essenciais que estão associados à sua emissão. O deslocamento de um corpo é obtido ao realizar o trabalho com velocidade constante, de um ponto para o outro num campo de forças conservativo, que seja igual à variação de energia potencial do corpo. Para que haja o deslocamento da carga, deve-se exercer uma força sobre ela. Se for atribuída à carga um pequeno deslocamento, o trabalho que foi efetuado é igual ao aumento da energia potencial da carga [1-4].

A corrente elétrica é uma grandeza física associada ao fluxo de elétrons em um determinado material condutor. A diferença de potencial que age no interior do gerador impulsiona os elétrons do polo negativo, em direção ao polo positivo [5].

Quanto mais corrente no tubo, maior será a quantidade de elétrons produzidos no feixe e, portanto, maior quantidade de fótons de raios X será emitida.

Ao interagir com a matéria, a radiação pode sofrer 5 diferentes tipos de interação: Efeito Compton, Produção de Pares, Efeito Fotoelétrico,

Espalhamento Coerente e Fotodesintegração. Entretanto, há três tipos mais frequentes. Observe abaixo:

O **Efeito Compton** ocorre quando elétrons de camadas mais externas interagem, não só espalhando os raios X, como também reduzindo a sua energia e ionizando os átomos. A radiação X incidente interage com um elétron de uma camada mais externa, ionizando o átomo. O elétron é ejetado (elétron Compton ou secundário) e a radiação X segue em uma direção diferente e com menos energia. Durante essa interação, a maior parte da energia divide-se entre radiação X espalhada e o elétron Compton. Geralmente, a radiação espalhada retém a maior parte da energia [1,2].

Na **produção de pares**, uma radiação X incidente pode ter energia suficiente para escapar da interação com elétrons e chegar próximo ao núcleo do átomo de forma que seja influenciada pela força do campo nuclear. A interação entre a radiação X e o campo nuclear faz com que o fóton desapareça, surgindo dois íons: um positivamente carregado (pósitron) e outro negativamente carregado [1,2].

O **Efeito Fotoelétrico** ocorre quando a radiação não é espalhada, mas sim totalmente absorvida devido à interação de raios X com elétrons de camadas mais internas. O elétron removido do átomo é chamado de fotoelétron. O fóton incidente desaparece e o elétron do orbital K, agora chamado de fotoelétron, é ejetado do átomo [1,2].

A produção de raios X ocorre na transformação de energia cinética de elétrons em energia eletromagnética, sendo o que ocasiona o funcionamento de um tubo de raios X. Através de uma corrente elétrica que passa pelo catodo, os elétrons produzidos termionicamente são atraídos pelo anodo, devido à diferença de potencial aplicada entre o catodo e o anodo. O tubo de raios

X é composto de um invólucro de vidro (ampola) sendo preenchido a vácuo, evitando a oxidação dos eletrodos.

O ânodo é composto de material com alto ponto de fusão e condutividade térmica (tungstênio, molibdênio ou ródio), de forma a absorver as grandes quantidades de calor produzidas pela interação dos elétrons [6,7].

A interação dos elétrons com o anodo, durante o processo de desaceleração, faz com que se perca aproximadamente 99% de energia cinética, devido à produção de calor. A energia restante (cerca de 1%) é transformada em fótons e liberada na forma de raios X, devido a dois processos fundamentais: radiação e ionização [1,6].

Os raios X característicos são produzidos quando elétrons projetados ionizam um átomo do alvo, removendo um elétron do orbital K ou L; devido à ionização, uma vacância é gerada nesse orbital.

O átomo do alvo fica em um estado instável nessa situação, sendo corrigido quando o elétron de um orbital mais externo preenche a vacância. Essa transição eletrônica produz a emissão de um fóton de raios X [1,2,6].

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 materiais

1 cabo conector BNC; 2 cabos conectores BNC LEMO; 1 cabo AC POWER; 1 cabo SERIAL PORT; suporte para alinhar a fonte de Co-57; fonte de Cobalto 57; amplificador PX2CR POWER SUPPLY E AMPLIFIER; detector semiconductor de raios X, modelo AMP-TEK XR100-CR; fonte AMP-TEK MCA8000A; Software *Spectrum Processor*; sistema operacional; computador pessoal; suporte para o posicionamento da fonte;

3.2 Espectrometria

O espectrômetro é um equipamento utilizado para medir o espectro em um dado intervalo de energia. Todos os intervalos completos, que as possíveis frequências eletromagnéticas possam ter, são caracterizados com espectros de raios X.

A energia máxima dos fótons produzidos numa ampola de raios X é igual à energia máxima dos elétrons que atingem ao alvo, que por sua vez, depende da tensão de pico aplicada à ampola. Portanto, variações na tensão aplicada, irão variar a energia máxima dos fótons.

Pode-se notar o pico da intensidade movendo-se com o aumento da energia. Logo, a variação na tensão aplicada irá alterar a energia máxima dos fótons e conseqüentemente, seu poder de penetração. Assim, a qualidade dos espectros de raios X é proporcional à tensão aplicada à ampola [1].

A remoção de fótons energias mais baixas é dada pela inserção transversal de camadas de material atenuador, gerando uma filtração adicional [8].

O material atenuador ocasiona a redução no número de fótons de baixa energia, obtendo-se aumento na energia média [9], evitando que fótons de baixa energia se acumulem na pele do paciente.

Em função da tensão e da corrente aplicada ao tubo de raios X, a quantidade de raios X produzidos será proporcional ao número atômico do material do alvo, entretanto o pico de intensidade do espectro corresponderá sempre à mesma energia, determinado pela tensão escolhida. A posição dos picos identifica de que material é feito o anodo. Se for mantido o mesmo potencial acelerador, independente do material, a frequência máxima continuará a mesma. A figura 1 mostra o alvo de tungstênio.



Figura 1: Alvo de Tungstênio

4. RESULTADOS

Após a calibração do espectrômetro, obteve-se a representação gráfica demonstrada na figura 2, que contém o número de contagens (lado esquerdo da tela no sentido longitudinal), pelo número de canais que esse elemento possui (sentido horizontal da tela). Cada canal representa uma faixa de energia do ^{57}Co .

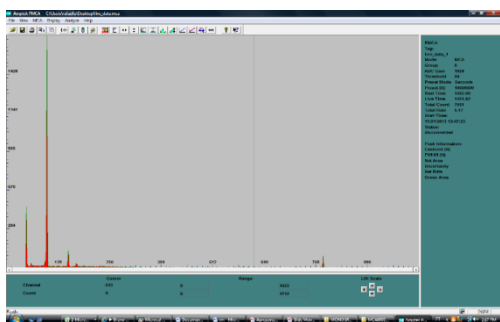


Figura 2: Simulação do número de contagens nos canais, que estão contidas as energias do $\text{Co}57$.

5. CONCLUSÃO

Através pesquisa desenvolvida pelo projeto de iniciação científica pode-se concluir que é importante que se obtenha um estudo minucioso do espectro a ser utilizado, através da espectrometria, com a ajuda do espectrômetro. Obteve-se a viabilidade do estudo das energias do ^{57}Co em seus devidos canais para a determinação

do espectro de raios X que serão usados na área de radiologia convencional, uma vez que, as faixas de energias enfatizadas nesse estudo são baixas e médias, aplicadas nessa área.

REFERÊNCIAS

- [1] Scaff L A M 1979 Bases físicas da radiologia – diagnóstico e terapia. São Paulo. Sarvier.
- [2] Bushong S C 2010 Ciência Radiológica para Tecnólogos. São Paulo.
- [3] Attix F H 1986 Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley & Sons. New York. Wiley-Interscience. p 607.
- [4] Knoll GF. Radiation Detection and Measurement. 1999.
- [5] Teixeira G J 2013 Coeficientes de Transferência de Energia em Massa para Raios X Diagnóstico: Determinação e Análise. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro. p 79.
- [6] PEIXOTO J G P 2002 Rastreabilidade e controle de qualidade em mamografia; Medidas e modelos. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- [7] Peixoto JGP. Rastreabilidade e Controle de Qualidade em Mamografia 2002.
- [8] Cardoso RS. Teste de desempenho para implantação de um padrão primário de feixes de raios X de baixa energia. Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD, 2005.
- [9] Oliveira LSR. Avaliação da resposta de detetores cintiladores de NaI(Tl) em medição de kerma no ar em feixes de raios x diagnóstico. 2011.