

# Princípios básicos da espectrometria de raios X aplicados à mamografia

**Rafaella Mendes de Carvalho, José Guilherme Pereira Peixoto**

IRD – Instituto de Radioproteção e Dosimetria; LNMRI – Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes

E-mail: fafamc@hotmail.com

**Resumo:** Para a aplicação dos raios X em diversas áreas, é necessário que seja feito um estudo para determinar a caracterização da qualidade do seu espectro. Esses estudos são realizados através da espectrometria, na qual, todas as energias contidas no espectro, são medidas em uma dada faixa. Há alguns fatores que influenciam o espectro de raios X, como a tensão aplicada no tubo, a filtração adicional utilizada, e o material de que é composto o alvo. Na mamografia usam-se tubos especiais, no qual são gerados feixes de baixas energias em comparação com os demais tubos diagnósticos.

**Palavras-chave:** espectrometria, raios X, mamografia

**Abstract:** For the application of X-rays in several areas, it is necessary that a study be done to determine the characterization of the quality of its spectrum. These studies are carried out by spectrometer in which all the energy contained in the spectrum are measured in a given range. There are some factors that affect the X-ray spectrum as the voltage applied to the tube, the filter further used, and the material it is made the target. In mammography uses special tubes in which the beams are generated at low power compared with other diagnostic tubes.

**Keywords:** spectrometry, x rays, mammography

## 1. INTRODUÇÃO

O IRD é o Instituto brasileiro de referência, com a tarefa de promover a regulamentação técnica e avaliação de conformidade na área de radiações ionizantes.

O INMETRO designou, desde 1989, o IRD como Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes. A Agência Internacional de Energia Atômica – IAEA e a Organização

Mundial de Saúde – OMS designou, desde 1976, o IRD como Laboratório de Dosimetria Padrão Secundário – SSDL. Desde então, o IRD vem assegurando a rastreabilidade das medições de grandezas relativas às radiações ionizantes do sistema internacional de unidades à rede nacional e internacional de metrologia, assegurando a qualidade dos serviços de calibração e ensaio em Radiações Ionizantes, com a utilização de

instrumentos modernos de gestão (ABNT/NBR/ISO/IEC 17025).

Com objetivo de melhorar a qualidade dos serviços prestados, o LNMRI busca constantemente o aprimoramento de seus serviços prestados a sociedade.

Em vista do crescente aumento da utilização das radiações ionizantes, faz-se necessário um conhecimento mais profundo e detalhado sobre as qualidades de radiação. A radiação X, foi descoberta em 1895, pelo físico Wilhelm C. Röntgen. Há dois tipos de raios X: O característico e o de frenamento, também conhecido como Bremsstrahlung.

Para aplicar o uso dos raios X em diversas áreas, é preciso estudar a qualidade do seu feixe, que é dada pela caracterização do seu espectro. Tal estudo é realizado através da espectrometria, que mede em uma dada faixa do espectro, todas as energias contidas nele.

Alguns fatores como a tensão aplicada ao tubo, filtração adicional e o material do alvo podem influenciar o espectro.

## 2. PRODUÇÃO DE RAIOS X

A transformação de energia cinética de elétrons em energia eletromagnética é o principal fator para o funcionamento de um tubo de raios X. Através de uma corrente elétrica que passa pelo catodo, os elétrons produzidos termoionicamente (efeito Joule), são atraídos pelo anodo, devido à diferença de potencial aplicada entre o catodo (filamento negativo) e o

anodo (alvo positivo). O tubo de raios X é composto de um invólucro de vidro (ampola) sendo preenchido à vácuo, evitando assim, a oxidação do anodo e do catodo, devido ao fato de não entrarem em contato com o ar. O invólucro do tubo pode ser resfriado com ar, água ou óleo, dependendo do projeto (PEIXOTO, 2002).

O ânodo pode ser fixo ou giratório. 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 (PEIXOTO, 2002).

A interação dos elétrons com o anodo, durante o processo de desaceleração, faz com que se perca cerca de 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 (SCAFF, 1979).

### 2.1. Raios X característicos

Os raios X característicos são produzidos quando elétrons projetados ionizam um átomo do alvo, removendo assim um elétron da camada K, devido à essa ionização uma vacância temporária é gerada nessa camada.

O átomo do alvo fica em um estado altamente instável nessa situação e ele é corrigido quando o elétron de uma camada mais externa preenche essa vacância da camada K.

Essa transição de um elétron de uma camada externa para uma camada interna produz a emissão de um fóton de raios X (BUSHONG, 2012).

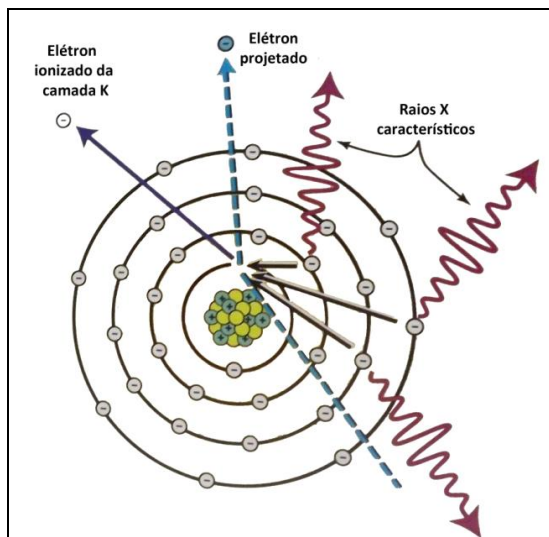


Figura 1: Formação dos raios X característicos.

## 2.2 Raios X de Frenamento

Quando um elétron se choca com o alvo, é desacelerado pelo campo elétrico de um núcleo do átomo alvo, são produzidos raios X de frenamento. Também conhecidos como *Bremsstrahlung* (BUSHONG, 2012).

Quanto mais próximo ao núcleo o elétron passar, maior será a deflexão que sua trajetória irá sofrer. Tendo sua energia cinética transformada (até 100%) em um fóton de raios X.

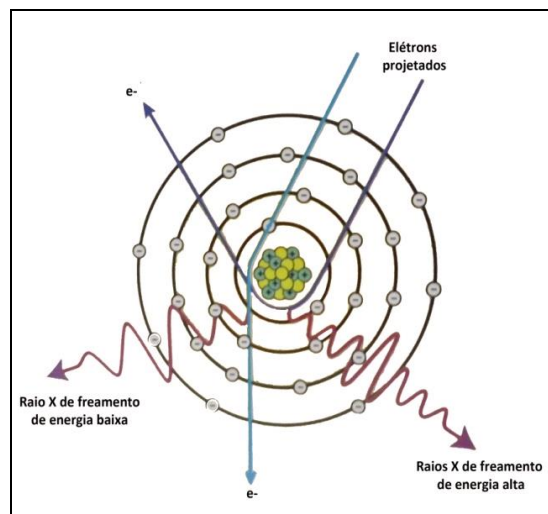


Figura 2: Formação dos raios X de frenamento.

## 3. FATORES QUE INFLUENCIAM O ESCPECTRO DE RAIOS X

### 3.1 Tensão aplicada ao tubo

A máxima energia dos fótons que são emitidos de uma ampola de raios X é igual à máxima energia dos elétrons que atingem ao alvo da ampola, que por sua vez, depende da tensão 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, variação na tensão aplicada irá alterar a energia máxima dos fótons X e em consequência, o seu poder de penetração ou “qualidade”. Sendo assim, a qualidade dos espectros de raios X produzidos é proporcional ao kV aplicado à ampola (Scaff, 1979).

### 3.2 Filtração adicional

Ocasionalmente a redução no número de fótons de baixa energia no feixe, obtendo-se assim, aumento na energia média no feixe de raios X. (SANTA RITA, 2011)

A remoção de fótons de energias mais baixas é dada pela inserção transversal de camadas de material atenuador, gerando uma filtração adicional. (CARDOSO, 2005).

### 4. Material do alvo

Para uma determinada tensão e uma determinada 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 (ASSENCI, 2000).

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.

#### 4.1 A importância da filtração adicional em exames mamográficos

Combinações entre o alvo e o filtro são feitas com o objetivo de diminuir doses de baixa energia absorvidas pelo paciente e melhorar o contraste radiográfico.

A utilização de filtros de molibdênio (Mo) em mamas menos densas, possibilita a redução de fótons de baixa energia. Ocorrendo assim, uma

imagem com alto contraste, possibilitando a melhor visualização do exame e uma menor dose absorvida pelo paciente.

Em mamas mais densas, o contraste obtido usando o filtro anterior torna-se reduzido. O alvo de molibdênio (Mo) com o filtro de ródio (Rh), fornece um espectro mais penetrante, melhorando a qualidade da imagem, obedecendo assim o princípio de otimização de dose (ALARA.).

### Agradecimentos

Ao Dr. José Guilherme P. Peixoto (IRD), por acreditar em mim. Pelos ensinamentos, pela humildade em transferir seus conhecimentos, contribuindo para meu amadurecimento profissional e pela confiança depositada;

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PEIXOTO, Guilherme, Rastreabilidade e Controle de Qualidade em Mamografia: Medidas e Modelos, 2002.
- [2] SCAFF, Luiz Alberto Malagui, 1947, *Bases Físicas da Radiologia* – São Paulo – SARVIER, 1979.
- [3] CARDOSO, Ricardo, Teste de Desempenho para Implementação de um Padrão Primário de Feixes de Raios X de Baixa Energia, 2005.
- [4] PEIXOTO, Guilherme, Pesquisas ajudam a avaliar dose correta de radiação em exames de mamografia com aparelhos de raios X. Disponível em: <http://www.canaldaciencia.ibict.br/pesquisa0099-dose-radiação-exames-de-mamografia,>> Acesso em: 12 de outubro de 2014.