

## **Avaliação da incerteza na função homogeneidade do campo de radiação.**

### **Uncertainty evaluation of homogeneity function in the radiation field.**

**Leonardo Pacífico<sup>1</sup>, José Guilherme P. Peixoto<sup>1,2</sup>, Luis A. G. Magalhães<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro; <sup>2</sup> Instituto de Radioproteção e Dosimetria.

E-mail: leonardopacifico@gmail.com

**Resumo:** Avaliou-se o método da incerteza associada à homogeneidade do campo de radiação, através da proposta da derivada de primeira ordem da função formada pela intensidade de campo através da utilização de uma mesma cavidade não pontual.

**Palavras-chave:** mamografia, incerteza, homogeneidade de campo, efeito anódico

**Abstract:** The uncertainty method associated with the homogeneity of the radiation field was evaluated by proposing the first-order derivative of the function formed by the field strength using the same non-point cavity.

**Keywords:** mammography, uncertainty, field homogeneity, heel effect

#### **1. INTRODUÇÃO**

É importante o conhecimento da grandeza de entrada homogeneidade do campo de radiação, de forma que a contribuição de sua incerteza padrão seja minimizada.

O efeito anódico do tubo de raios x pode contribuir de forma significativa na incerteza associada à grandeza de entrada homogeneidade do campo de radiação.

Com o propósito de se determinar tal incerteza, sugerimos um método de avaliação gráfica, utilizando-se da derivada da função que representa o comportamento da variação do campo de radiação, ao longo do volume sensível da câmara de ionização.

A contribuição do efeito anódico na homogeneidade do campo de radiação também é analisada.

#### **2. MATERIAIS**

Foi utilizada a câmara de ionização padrão fabricada pela Radcal Co. com 6 cm<sup>3</sup> de volume, modelo 10X5-56M-3, número de série 8590 e certificado de calibração LNMRD 003/2017 dedicada a feixes utilizados em mamografia. Para a geração dos feixes de raios x, o tubo industrial Comet MXR-160/22, tensão de pico máxima de 160 kVp, alvo de tungstênio com angulação de 20° foi utilizado.

##### **2.1 Condição de irradiação**

O quadro 1 apresenta a condição de irradiação para mamografia utilizada na obtenção da homogeneidade do campo de radiação. A espessura de 0,060 mm de Mo é utilizada para se obter um espectro equivalente ao gerado por um tubo de raios x com alvo de Mo e filtração Mo[1].

**Quadro 1- Condição de irradiação utilizada.**

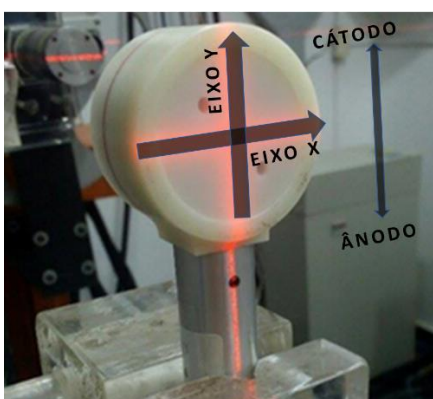
kV	28
Alvo	W
Distância Foco-Detector	1000 mm
Filtração Adicional (Moo)	0,060 mm
Angulação do ânodo	20°

### 3. METODOLOGIA

O Tubo de raio X está posicionado de tal forma que o eixo cátodo-ânodo é paralelo ao eixo y. A câmara de ionização foi posicionada conforme a figura 1, sendo que à posição central, ou seja, correspondente a seu centro geométrico, foi atribuído o valor 0 cm.

Foram obtidas 29 medições para cada eixo, totalizando 58 medições. O tempo de integração foi de 1 minuto.

Iniciou-se a coleta das medidas pelo eixo x, deslocando-se a câmara de ionização em intervalos de -0,5 cm à esquerda, realizando três medições para cada ponto. Foram 15 pontos, totalizando 45 medições. Posteriormente, fez-se o mesmo para a direita a partir da posição 0,5 cm, em 14 pontos, totalizando 42 medições. Para cada ponto, a média foi computada.



*Figura 1- Geometria de aquisição dos dados*

Procedimento idêntico ocorreu no eixo y. As funções das homogeneidades de campo horizontal e vertical, bem como as funções das derivadas de primeira ordem são apresentadas na figura 2, obtidas com auxílio do software Origina 8, considerando o módulo da função das derivadas, por se tratarem dos coeficientes de sensibilidade.

Vale lembrar que o eixo y é afetado pelo efeito anódico do tubo, uma vez que é paralelo à linha imaginária que une o cátodo e o ânodo, como ilustrado nas figuras 2 e 4.

Em seguida, o comportamento da curva da derivada em cada eixo foi analisado no intervalo -0,2 cm a 0,2 cm, por se tratar do intervalo referente a grandeza de influência posicionamento da câmara de ionização. Estimou-se, então, à incerteza padrão tipo B relativa da grandeza de influência homogeneidade do campo de radiação.

### 4. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA DERIVADA

A interpretação geométrica da derivada corresponde à inclinação da reta tangente ao longo da curva de uma função [2]. Em nosso contexto, a função é aquela que gera os padrões de homogeneidade do campo de radiação.

Uma inclinação nula corresponde ao valor da reta tangente também nulo, o que implica em uma função constante, traduzindo-se em uniformidade do campo.

Sendo assim, através do gráfico da derivada da função homogeneidade do campo de radiação em cada eixo, observou-se a região sobre a qual o comportamento da mesma tende a zero, ou apresenta a menor variação ao longo do volume sensível da câmara de ionização em torno do eixo 0,0000 nC.

## 5. RESULTADOS

A figura 2 compara o comportamento da função homogeneidade do campo de radiação nos dois eixos, podendo ser observado o efeito anódico do tubo.

As figuras 3 e 4 apresentam as derivadas das funções representativas da homogeneidade do campo de radiação. Observe que no eixo y, figura 4, há um deslocamento da derivada para esquerda, consequência do efeito anódico, e que a menor variação da mesma ocorre ao longo do eixo 0,0000 nC

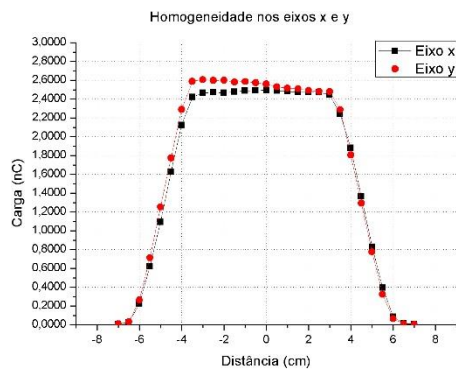


Figura 2- Comparativos da homogeneidade dos campos de radiação nos eixos x e y. Observe o efeito anódico no eixo y.

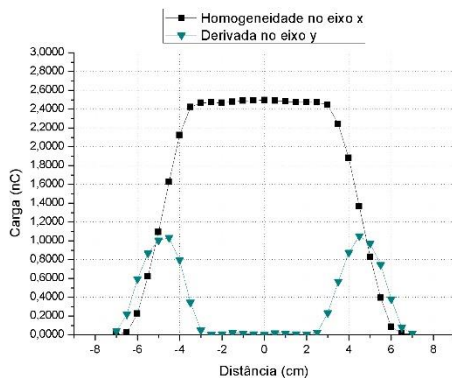


Figura 3 - Derivada referente à curva de homogeneidade no eixo x.

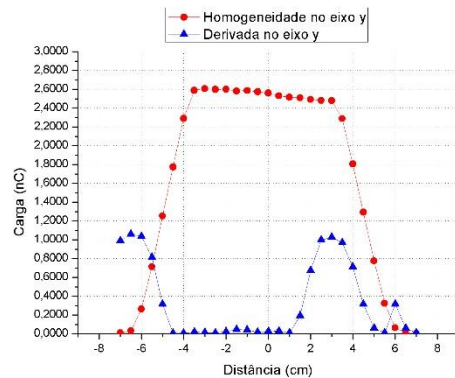


Figura 4 - Derivada referente à curva de homogeneidade no eixo y.

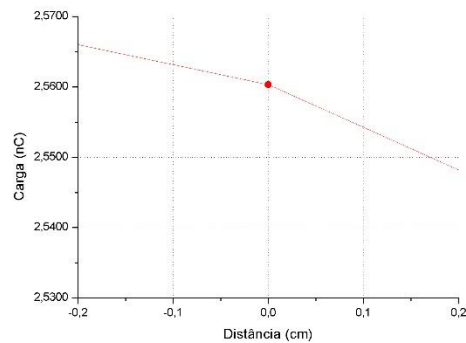


Figura 5 - Ampliação da curva de homogeneidade do campo de radiação no eixo y, referente à pontos entre -2,0 mm e 2,0 mm.

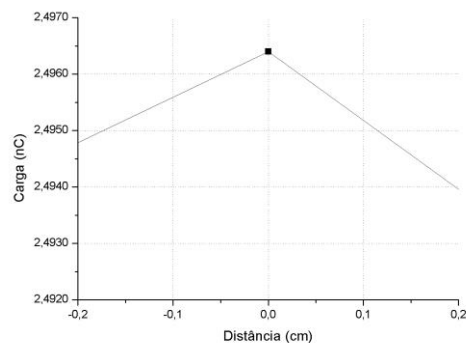


Figura 6- Ampliação da curva de homogeneidade do campo de radiação no eixo x, referente à pontos entre -2,0 mm e 2,0 mm.

Nos eixos x e y, após uma ampliação na região compreendida entre -0,2 cm a 0,2 cm, conforme figuras 5 e 6, e analisando a gráfico da função homogeneidade do campo de

radiação, temos, considerando uma incerteza padrão tipo B retangular relativa:

$$(1) u(y) = \frac{0,5 \times (2,5660 \text{ nC} - 2,5470 \text{ nC}) / \sqrt{3}}{2,5565 \text{ nC}} = 0,21 \%$$

No eixo x, temos:

$$(2) u(x) = \frac{0,5 \times (2,4964 \text{ nC} - 2,4940 \text{ nC}) / \sqrt{3}}{2,4952 \text{ nC}} = 0,03 \%$$

Observamos que a contribuição na incerteza no eixo x pode ser desprezada, uma vez que é menor do que 0,1 % [3].

## 6. DISCUSSÃO

Fica evidente, por esse método, a influência do efeito anódico na uniformidade do campo de radiação ao longo do eixo y, aquele que contém o catodo e o ânodo.

É importante ressaltar que o intervalo escolhido -0,2 cm a 0,2 cm corresponde a duas vezes a espessura do laser de posicionamento, considerado o intervalo no qual o posicionamento da câmara de ionização pode sofrer variações.

Pode-se, posteriormente, tentar eliminar a contribuição do efeito anódico na incerteza da homogeneidade do campo de radiação no eixo y, alterando a angulação do tubo ou inclinando a câmara de ionização, uma vez que há um impacto na Capacidade de Melhor Medição (CMC) do laboratório, gerando um aumento de 1,27 % para 1,31%.

## 7. CONCLUSÃO

Concluimos que a angulação do ânodo de um tubo metrológico deve ser analisada, a fim de reduzir a incerteza associada à homogeneidade do campo de radiação em um laboratório de calibração.

O uso da derivada primeira permiti-nos uma visualização do efeito anódico em ambos os eixos.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Eduardo de L. Corrêa et al. 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. XV congresso brasileiro de física médica. São Paulo 2009. IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil.
- [2] Leithold, Louis. O Cálculo Com Geometria Analítica. 3ª Edição. São Paulo: Harbra Ltda, 1994.
- [3] Technical Reports Series No. 457: Dosimetry In Diagnostic Radiology: An International Code Of Practice. International Atomic Energy Agency Vienna, 2007.