

Avaliação da incerteza de calibração de monitores de radiação gama com uma fonte de ^{137}Cs

Elisabeth Fernandes¹, Sandro Passos Leite¹, Mariano Gazineu David¹, Carlos Frederico Alves Estrada¹, Carlos Eduardo de Almeida¹

¹ Laboratório de Ciência Radiológicas/UERJ

E-mail: beth.fernandes56@gmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta a estimativa de incerteza na dosimetria da fonte de ^{137}Cs e na calibração de monitores de área com radiação gama realizados pelo Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ. São relacionadas as componentes de incerteza consideradas relevantes com os respectivos valores estimados, sendo detalhado o cálculo das componentes de incerteza relativas ao posicionamento e à homogeneidade de campo. Foram obtidos os valores de 3,8 % e 5,8 % para as incertezas expandidas ($k=2$) da dosimetria e da calibração de monitores de área, respectivamente.

Palavras-chave: Incerteza, calibração, radiação.

Abstract: This study shows all the relevant components to the calculation of the calibration uncertainty of gamma radiation area monitors performed by the Laboratório de Ciências Radiológicas of UERJ. The uncertainty components will be related with their respective estimated values, details about the uncertainty components calculations of positioning and field homogeneity will be shown. There were obtained the values of 3,8 % and 5,8 % to the expanded uncertainty ($k=2$) for the dosimetry and for the area monitors calibration, respectively.

Keywords: Uncertainty, calibration, radiation.

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Ciências Radiológicas (LCR) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) através do seu Laboratório de Metrologia (Labmetro) está capacitado para realizar calibrações de monitores de radioproteção em radiação gama (^{137}Cs). No primeiro semestre de 2014, a bancada de posicionamento e a câmara de ionização padrão do Labmetro foram substituídos, sendo então realizada uma revisão na avaliação

da incerteza de calibração que é apresentada neste trabalho.

A calibração de monitores de radiação para radioproteção na grandeza taxa de equivalente de dose ambiental segue as recomendações da norma internacional (ISO, 1996) para a área. O resultado de medição na calibração de monitores é expresso por um único valor medido e uma incerteza de medição. Os fatores que contribuem para a incerteza de medição foram identificados e os cálculos para a estimativa de incerteza final (expandida) foram baseados no *Guia para a*

expressão de incerteza de medição (GUM) (ABNT, INMETRO, 2003). Os procedimentos para cálculos de incerteza também observaram as metodologias descritas em documentos do Sistema da Qualidade implantado no Labmetro.

A determinação das características do novo arranjo de calibração de monitores do Labmetro foi realizado de acordo com as metodologias empregadas para a caracterização do arranjo anteriormente existente (Fernandes, 2004).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bancada de posicionamento para calibração de monitores de área em radiação gama do Labmetro foi substituída por uma bancada da PTW modelo Calibration Bench T 90003, mesmo fabricante da nova câmara de ionização esférica adquirida (modelo TN32002, volume 11) utilizada como padrão de referência. A bancada possui um relógio comparador para indicar a distância do centro da fonte de ^{137}Cs até a face do posicionador móvel (carrinho). O relógio comparador foi calibrado e sua incerteza incorporada no cálculo das incertezas de medição.



Figura 1. Novo arranjo experimental de calibração.

Para determinar os valores de taxa de kerma no ar ao longo do arranjo experimental, o Labmetro realiza a dosimetria da fonte de Cs-137 empregando a sua câmara padrão que foi calibrada no Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) juntamente com o eletrômetro (PTW, modelo Unidos E). Na dosimetria, a câmara é posicionada a cada 50 cm

de distância para o centro da fonte e a taxa de kerma no ar é obtida pela equação (1):

$$\dot{K}_{air} = \frac{M}{t} \cdot \left(\frac{101,3}{p} \right) \cdot \left(\frac{T + 273,15}{293,15} \right) \cdot N_k \cdot k \quad (1);$$

onde M é a medida da carga coletada pela câmara padrão, t o tempo empregado na coleta de carga, p é a pressão em kPa, T a temperatura em $^{\circ}\text{C}$, N_k é o coeficiente de calibração do sistema composto pela câmara mais o eletrômetro e k é o fator de divergência da fluência (Vianello, 2000). Este conjunto de dados tem que ser levantado para cada condição de atenuação do feixe de radiação. São construídos, então, gráficos que relacionam \dot{K}_{air} com a distância e as melhores curvas alométricas que passam pelos pontos são traçadas. Baseado na equação de cada curva é possível estabelecer os valores de \dot{K}_{air} para qualquer distância e condição de atenuação.

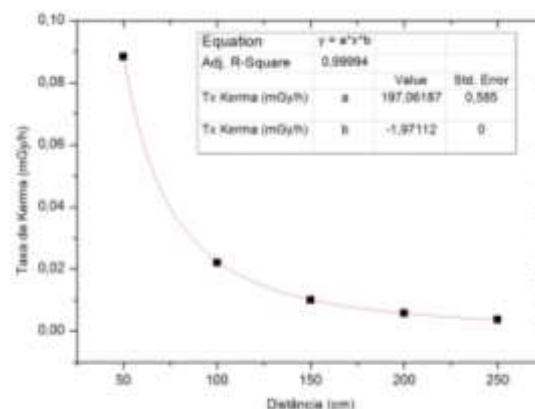


Figura 2. Curva alométrica da dosimetria da fonte de ^{137}Cs com atenuação do feixe de 100 vezes.

Foram consideradas como componentes de incerteza na dosimetria: a incerteza declarada no certificado de calibração do sistema câmara + eletrômetro, a estabilidade deste sistema, a repetibilidade das medidas, a resolução do eletrômetro, a homogeneidade do campo, o possível erro no posicionamento, as incertezas no termômetro e no barômetro empregados (em relação à calibração, estabilidade e resolução para

os dois instrumentos) e o fator de divergência da fluência. Cada contribuição de incerteza foi tratada com a distribuição de probabilidade apropriada, seguindo as recomendações do GUM (ABNT, INMETRO, 2003).

Para o posicionamento foi considerado um erro máximo de $\pm 0,2$ cm e na homogeneidade de campo foi considerado a maior diferença encontrada entre as taxas de kerma no ar no centro do detector e a $\pm 0,5$ cm nos eixos X e Y pertencentes ao plano perpendicular ao feixe de radiação. Para ambas componentes foi considerado uma distribuição de probabilidade retangular.

Para chegar aos valores das componentes de incerteza na unidade da grandeza de saída, \dot{K}_{air} , os coeficientes de sensibilidade para cada uma das componentes foram calculados mantendo-se as unidades das grandezas de entrada da equação (1).

Aplicando-se o coeficiente de conversão é possível transformar os valores de \dot{K}_{air} em valores de taxa de equivalente de dose ($\dot{H}^*(10)$) de referência. Os monitores de radiação são calibrados relacionando-se os valores medidos de $\dot{H}^*(10)$ pelo equipamento (nas distâncias e condições de atenuação próprias) com os valores de referência. As componentes de incerteza que influenciam na etapa da calibração dos monitores são identificadas e estimadas para calcular a incerteza expandida que é expressa no certificados de calibração juntamente com o resultado da calibração.

O valor da maior incerteza estimada para a dosimetria somado quadraticamente com a incerteza obtida no ajuste da curva alométrica foi aplicado na determinação da incerteza da calibração de monitores de radiação. Além deste fator, foram consideradas como componentes que contribuem para a incerteza na calibração de monitores a repetibilidade das medidas, o

possível erro no posicionamento, a homogeneidade do campo de radiação, a resolução do equipamento a ser calibrado, as incertezas do relógio comparador de distância (em relação a calibração, resolução e estabilidade) e o coeficiente de conversão de kerma no ar para equivalente de dose ambiental (ISO, 1996). Como o centro geométrico do detector nem sempre é bem conhecido, para o posicionamento na calibração dos monitores foi considerado um erro máximo de $\pm 0,5$ cm e a incerteza da homogeneidade de campo foi estimada da mesma maneira da dosimetria. Para calibração de monitores de radiação integradores de dose além das componentes consideradas anteriormente foram adicionadas as componentes relacionadas ao cronômetro (em relação à calibração, estabilidade e resolução). Também nesta estimativa, as distribuições de probabilidade apropriadas foram consideradas. Para a determinação da incerteza combinada, foram estimadas as contribuições de incerteza calculado-se em quanto cada componente afeta a grandeza medida ($\dot{H}^*(10)$), sendo por isso todos os coeficientes de sensibilidade iguais a um.

Todos os cálculos foram realizados em planilhas Excel e validados através de cálculos independentes realizados manualmente.

3. RESULTADOS

Na tabela 1, são apresentados os valores já em percentagem das contribuições de incerteza e das incertezas combinada e expandida na dosimetria da fonte de ^{137}Cs .

Na tabela 2, são apresentados os valores já em percentagem das contribuições de incerteza e das incertezas combinada e expandida na calibração de monitores de radiação.

Tabela 1. Componentes consideradas na avaliação de incertezas na dosimetria da fonte com os respectivos valores estimados ($k=1$).

Componentes de incerteza	Incert. (%)
Calibração do sistema padrão	1,50
Estabilidade do sistema padrão	0,70
Resolução do eletrômetro	0,56
Posicionam. (dist. fonte – C.I.)	0,23
Homogeneidade do campo	0,37
Repetibilidade das medidas	0,50
Temperatura (calib. termômetro)	0,03
Temperatura (estab. termôm.)	0,01
Temperatura (resol. termôm.)	0,03
Pressão (calib. barômetro)	0,08
Pressão (estab. barômetro.)	0,00
Pressão (resol. barômetro.)	0,09
Fator de divergência da fluência	0,06
Incerteza combinada, u_c	1,87
Incerteza expandida, U ($k=2$)	3,75

Tabela 2. Componentes consideradas na avaliação de incertezas na calibração de monitores de radiação com os respectivos valores estimados ($k=1$).

Componentes de incerteza	Incert. (%)
Dosimetria da fonte	1,86
Erro posicionam. (dist. fonte – CI)	0,80
Homogeneidade do campo	0,37
Repetibilidade das medidas	0,37
Resolução da indicação do equip.	0,06
Relógio comp.(cal., estab e resol)	0,05
Coeficiente de conversão	2,00
Incerteza combinada, u_c ($k=1$)	2,90
Incerteza expandida, U ($k=2$)	5,80

Na dosimetria, a principal componente de incerteza é a calibração do sistema padrão, contribuindo com cerca de 64 % para a incerteza padrão combinada. As grandezas de influência temperatura e pressão contribuíram com cerca de 7 % para a incerteza padrão combinada

Na calibração dos monitores, as principais componentes de incerteza foram o coeficiente de conversão e a dosimetria da fonte, contribuindo respectivamente com cerca de 48 % e 41 % para a incerteza padrão combinada. As componentes do posicionamento (erro no posicionamento longitudinal, homogeneidade de campo e relógio comparador) contribuíram com cerca de 10 % para a incerteza padrão combinada.

7. REFERÊNCIAS

ABNT, INMETRO. **Guia para a expressão da incerteza de medição**. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003. 120p.

ISO 4037-1. **X and gamma radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods**. Genebra: ISO, 1996. 53p.

Fernandes E.; Freire D.; Freitas A.C.; deAlmeida C.E. The radiation field characteristics of a ^{137}Cs source used for calibration of radiation protection instruments. **Applied Radiation Isotopes**, Filadélfia, v.61, p.1425-1430, Apr. 2004.

Vianello, E.A. **Determinação experimental dos fatores de correção para divergência da fluência na presença de fontes lineares de Césio-137, usadas em braquiterapia ginecológica**. 2000. Dissertação (Mestrado em Biologia) - UERJ, Rio de Janeiro, 2000.