

## Avaliação de Incertezas na Calibração de Monitor Individual de Radiação, com Fonte de Césio-137

**Tatiane Mirapalheta<sup>1,2</sup>, Anderson Alexandre<sup>1,2</sup>, Camila Costa<sup>1,2</sup>, Gilmar Batista<sup>1,2</sup>, Thyago Paulino<sup>1,2</sup>, Marcos Albuquerque<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Fundação do Câncer, Rua dos Inválidos 212-9º andar- Lapa

<sup>2</sup>Laboratório de Ciência Radiológicas-Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LCR/UERJ), Rua Francisco Xavier, 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, Térreo, Sala 136-Maracanã

**Resumo:** Esse trabalho mostra todo o processo de calibração de um monitor individual, com foco na radioproteção, na área de saúde, correlacionando a essas medidas as incertezas associadas. Os resultados obtidos mostram uma incerteza expandida de 5,81 % para medidas de taxa de dose e uma incerteza expandida de 5,61 % para medidas de dose integrada, nessas incertezas foram avaliadas as do tipo A e do tipo B com suas componentes.

**Palavras-chave:** Radioproteção; Calibração; Incertezas.

**Abstract:** This work shows the entire calibration process of an individual monitor, focusing on radiation protection, in health, correlating these measures associated uncertainties. The results show an expanded uncertainty of 5.81% for dose rate measurements and an expanded uncertainty of 5.61% for integrated dose measurements, these uncertainties have been evaluated the type A and type B with its components.

**Keywords:** Radioprotection; Calibration; Uncertainties.

### 1. INTRODUÇÃO

As radiações ionizantes não podem ser medidas diretamente, a detecção é através das interações da radiação com um meio sensível (detector).

Dispositivos individuais são usados no corpo para medição da quantidade de radiação recebida em determinado período de tempo e são de grande importância para proteção radiológica de indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE). A grandeza dosimétrica mensurada por essa

monitoração pode ser correlacionada com os efeitos determinísticos ou estocásticos das radiações ionizantes.

Garantir a qualidade dessas medidas é contribuir para a Proteção Radiológica de pessoas diretamente envolvidas em atividades ligadas a radiação ionizante. O principal objetivo de um monitor individual é a estimativa de dose efetiva ou de dose equivalente (pele, extremidades, cristalino) recebida por cada indivíduo durante um período específico, permitindo assim a

avaliação das doses absorvidas e a comparação com os limites de dose (padrões) estabelecidos.

Chegar a essa qualidade implica, fundamentalmente, em uma calibração feita por um laboratório participante da cadeia metrológica brasileira, onde se obtém valores e incertezas de medições fornecidas por padrões e suas correspondentes indicações com as incertezas associadas. Em outras palavras: calibrar um equipamento é garantir o alto nível de confiabilidade da medida realizada. Por esse motivo, o equipamento deve ser calibrado periodicamente.

A metrologia é definida como a "ciência da medição e suas aplicações" pelo Vocabulário Internacional Metrologia – VIM (2012), e tem como atribuição assegurar a confiabilidade, a credibilidade, a universalidade e a qualidade das medições. A metrologia engloba todos os aspectos teóricos e práticos da medição, qualquer que seja a incerteza de medição e o campo de aplicação. (VIM, 2012) [1].

Este trabalho foi baseado na prática realizada no Laboratório de Ciências Radiológicas-LCR, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ, no dia vinte e um de julho de dois mil e dezesseis, onde foi calibrado um monitor de radiação, utilizando a fonte de  $^{137}\text{Cs}$  do Laboratório de Metrologia-LBMETRO do LCR.

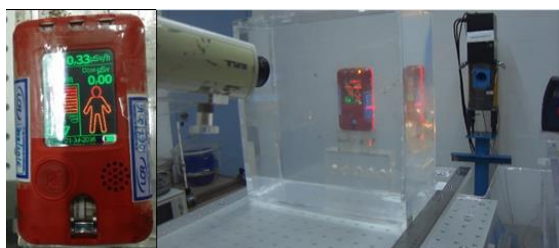
## 2. MATERIAL E MÉTODO

O dispositivo Calibrado na prática foi o monitor individual do fabricante Tracerco.

Modelo: T 404 PED, número de série: 1110284 (figura 1). As grandezas referentes[2] ao monitor são: taxa de equivalente de dose ambiente  $H^*(10)$  em Sv/h e equivalente de dose individual  $H_p(10)$  em Sv.

A calibração do monitor individual foi realizada utilizando a tabela de distância da calibração de monitores em radiação gama, para posicionar o monitor de radiação e realizar a calibração da faixa 0 – 10 mSv/h (5 mSv/h), verificando previamente o posicionamento do tubo Geiger no equipamento. O centro do feixe de radiação foi direcionado para o centro do Geiger. Coletou-se cinco medidas para cada ponto.

Da mesma forma, utilizou-se o a mesma tabela, para posicionar o monitor de radiação no centro do simulador de tronco ISO[2][3] (figura 1), para realizar a calibração da dose integrada, verificando previamente o posicionamento do tubo Geiger no equipamento. O centro do feixe de radiação deve ser direcionado para o centro do Geiger. Coletou-se duas medidas; a média das leituras e a incerteza expandida (tabela 1). O tempo de integração de dose para essas medidas foi de 30 minutos e a distância da posição, de acordo com a tabela do LABMETRO, foi de 165 cm, para a faixa do monitor de radiação.



**Figura 1.** Monitor individual/arranjo experimental

Para essa calibração foram utilizados os dados da tabela de dosimetria anual da fonte de césio do LABMETRO, onde estão dados referentes a distância de posicionamento e faixa de energia para cada grandeza desejada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A calibração do monitor individual é realizada, de acordo com as características de cada monitor e avaliação das distâncias calculadas pela dosimetria da fonte, para que esse, seja colocado no centro do feixe da fonte de césio, para que tenha a medida esperada conforme as características.

Este equipamento, caso esteja fora dos parâmetros de incertezas, recebe a recomendação para verificação técnica dos parâmetros, após o conserto, nova calibração é realizada e assim liberado para atividade fim.

Nesta calibração, os resultados obtidos foram analisados e avaliados, verificando a margem de incertezas associada, uma vez que o limite é de 10% estabelecido em norma da CNEN [5], estando este monitor dentro dos limites estabelecidos.

Tabela 1: Medidas da calibração do medidor individual de radiação em taxa de dose

Ponto	L1	L2	L3	L4	L5	média	U%
5 mSv/h	4,46	4,46	4,42	4,43	4,42	4,44	5,81

Tabela 2: Medidas de dose integrada no monitor individual de radiação

Ponto	L1	L2	Média	U%
500 $\mu$ SV	522	522	522	5,61

Toda medição tem um grau de incerteza associada a ela, que podem aparecer dos mais diversos fatores, como calibração, resolução, entre outros. E para cada um dos componentes da incerteza existe uma distribuição de probabilidade relacionada. O valor da incerteza expandida final é composta por duas componentes[6], do tipo A, da série estatística de medidas, e do tipo B que está relacionada com padrões de medição e o material utilizado.

Depois de realizar as medidas e calcular as incertezas de acordo com a equação 1, obtivemos valores de incerteza expandida de 5,81 % para medidas de taxa de dose e de 5,61% para medidas de dose integrada. Foram avaliadas incertezas do tipo B, como resolução dos

instrumentos e incertezas adquiridas dos certificados de calibração de cada instrumento.

$$U = k U_c(y) \quad (1)$$

#### 4. CONCLUSÃO

Toda calibração deve ser realizada por laboratórios acreditados e que participe da rede metrológica brasileira, liderada pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações ionizantes (LMNRI). A calibração realizada no LCR está dentro dos limites aceitados de incerteza pela norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) define como limite 10% de incerteza em calibração em radioproteção, tanto para medidas de taxa de dose quanto para dose integrada, em monitores individuais de radiação.

Nesse processo foi verificado que a maior contribuição de incerteza está associada a incertezas do tipo B, aquelas ligadas às calibrações e resoluções dos instrumentos. Podemos concluir que todo processo de calibração realizado está em conformidade com normas, certificando a qualidade do laboratório em prestar serviços ao público geral.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Guia para Expressão da Incerteza de Medição, 3ª edição brasileira do “Guidetothe Expression os Uncertainty in Measurement”, Edição revisada em agosto de 2003.
- [2] Posição Regulatória 3.01/002:2011 – Fatores de Ponderação para as Grandezas de Proteção Radiológica;

- [3] X andGammaReferenceRadiation for Calibrating Dosemeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy -- Part 1: Radiation Characteristics and Production methods, ISO 4037-1:2015;

- [4] X andGammaReferenceRadiation for Calibrating Dosemeters and DoserateMetersand for Determiningtheir Response as a Functionof Photon Energy -- Part 3: Calibration of Area and Personal Dosemeters and the Measurement of thei Response as a Function of Energy and Angle of Incidence, ISO 4037-3:1999;

- [5] Requisitos Técnicos para Certificação de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição para Radiação Usados em Radioproteção, RT-LCI/2011, CASEC/IRD/CNEN;

- [6] Vocabulário Internacional de Metrologia, Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados, VIM, portaria n. 232