

Comparação relativa do parâmetro precisão de Dosímetros Individuais Ativos em $H_p(10)$ em campo gama de ^{137}Cs

Adilson da S. Laranjeira¹, Tânia Schirn Cabral¹, Karla C.S. Patrão¹

¹Instituto de Radioproteção e Dosimetria/Comissão Nacional de Energia Nuclear (IRD/CNEN), Av. Salvador Allende s/no, Barra da Tijuca, CEP 22783-127, Rio de Janeiro/Brazil

E-mail: adilson@ird.gov.br

Resumo: Embora os Dosímetros Individuais Ativos não sejam utilizados no Brasil para fins legais, eles quantificam a grandeza equivalente de dose individual $H_p(10)$ e servem de base para ações de proteção radiológica, tanto para os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), quanto para os indivíduos do público em geral. No Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes foi realizada avaliação do desempenho destes dosímetros baseada, nas medições para as calibrações realizadas, entre 2007 e 2017. Para essa avaliação, foi feita uma comparação relativa dos parâmetros incerteza padrão percentual (precisão), das respostas médias encontradas em monitores de três fabricantes com diferentes modelos de dosímetros individuais ativo.

Palavras-chave: Precisão, incerteza padrão, dosímetro pessoal ativo.

Abstract: Although Active Personal Dosimeters are not used in Brazil for legal purposes, they measure quantity personal dose equivalent $H_p(10)$ and serve as basis for radiation protection actions for both, workers exposed and general public. In the National Laboratory of Ionizing Radiation Metrology, a performance evaluation these dosimeters was carried out based on performed calibrations measurements, between 2007 and 2017. For this evaluation, a relative comparison of parameters, percentual uncertainty (precision), of average responses obtained in radiation monitors of three manufacturers with different models, of active personal dosimeters.

Keywords: Precision, standard uncertainty, active personal dosimeter.

1. INTRODUÇÃO

Em proteção radiológica, para a implementação dos princípios fundamentais de limitação e otimização nas doses de trabalhadores e do público em geral são usadas grandezas dosimétricas operacionais que quantificam a exposição dos seres humanos às radiações ionizantes. Os dosímetros individuais ativos são usados para essa quantificação, e devem ser

devidamente calibrados em laboratórios rastreados ao SI, na grandeza dosimétrica operacional equivalente de dose individual $H_p(10)$. (ICRP 116, 2010).

O Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação (LCMR) do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes LNMRI/IRD, executa a calibração de monitores de radiação de área, de contaminação e a

calibração de monitores individuais ativos e passivos.

Utilizando dados de calibrações executadas no LCMR do período de 2007 a 2017, este trabalho comparou o desempenho das respostas médias de 32 dosímetros individual ativo (somando 83 calibrações), de três fabricantes/modelos diferentes a partir do parâmetro, *incerteza padrão percentual* (precisão). Estes dosímetros trabalham na grandeza equivalente de dose individual $H_p(10)$. A sigla **DIA** seguida das letras **A**, **B** e **C** usadas nesse trabalho, significa **Dosímetro Individual Ativo do fabricante A, B ou C**.

2. FUNDAMENTOS

O Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM e o Guia para Expressão de Incerteza de Medição – ISO GUM estabelecem os seguintes conceitos relacionados à precisão:

A precisão de medição é o grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas:

- Expressada numericamente por desvio-padrão, variância ou coeficiente de variação;*
- A precisão de medição é utilizada para definir a repetibilidade de medição, a precisão intermediária de medição e a reprodutibilidade de medição.*

Incerteza (de medição) parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando. (GUM, 2008).

3. METODOLOGIA

Os instrumentos foram calibrados no arranjo de calibração do LCMR, que possui um padrão nacional, baseado em uma câmara de ionização esférica PTW-LS01 de 1000 cm³, rastreado em

kerma no ar ao laboratório primário *Physikalisch-Technische Werkstätten - PTB* da Alemanha. A grandeza equivalente de dose individual $H_p(10)$ foi derivada da grandeza kerma no ar. (NBR ISO 4037, 1997). Foram utilizados um irradiador Buchler OB85, com duas fontes ¹³⁷Cs e ⁶⁰Co certificadas, que a partir de 2016 foi substituído pelo irradiador Shepard 81-14-D, que também possui duas fontes ¹³⁷Cs e ⁶⁰Co certificadas, e um simulador ISO de tronco, com 30 cm x 30 cm x 15 cm, paredes de PMMA, preenchido com água bidestilada.

Os dosímetros DIA-A e B trabalham na unidade sievert e os DIA-C, na antiga unidade rem. Foram feitas inicialmente três irradiações de 1 mSv, seguida de três de 2 mSv. Então, foi calculada a média e a *incerteza padrão percentual* das respostas médias de cada conjunto de dosímetros fabricante/modelo. Foram usadas nos cálculos apenas as respostas médias entre 2009 a 2016, pois, os dosímetros A e B, possuem dados somente neste intervalo.

A citação *com paridade de dados* significa que os cálculos usaram apenas 11 dados de cada conjunto fabricante/modelo de dosímetro, e *sem paridade de dado* que foram usados todos os dados disponíveis, pois os dosímetros A possuem apenas 11 respostas médias, e os B e C, 24 e 25, respectivamente. Para que houvesse condições estatísticas razoavelmente parecidas (paridade de dados) para a comparação, foram usadas somente as respostas médias dos dosímetros B e C coincidentes com o mesmo ano de calibração dos dosímetros A.

A totalidade dos dados 2007 a 2017 foi usada somente para apresentação nos gráficos. Para melhor representação nos gráficos (figuras 1 e 2) as respostas médias dos DIA-C foram divididas por 100.

Os dosímetros DIA-A e DIA-B utilizam detector Geiger Miller, e os DIA-C diodo semicondutor de silício.

4. RESULTADOS

4.1. DIA - Incerteza padrão percentual – dispersão

As figuras 1 e 2 apresentam as *respostas médias* dos dosímetros DIA A, B e C, em 1 mSv - 100 mrem e 2 mSv e 200 mrem. A tabela 1 apresenta a média das *respostas médias e incerteza padrão percentual* (u %) dos dosímetros DIA-A, B e C, com e sem paridade de dados. E também apresenta no quadro colorido o fator de comparação, entre as *incertezas padrão percentual* (u %) para determinar o melhor desempenho em termos de precisão (dispersão), entre os DIA.

O fator de comparação mostra a diferença proporcional entre as incertezas dos dosímetros. Os dosímetros C em 100 mrem e 2 mSv e 200 mrem, com e sem paridade de dados tiveram incertezas menores que, os dosímetros B e A, respectivamente. A precisão obtida nos dosímetros C pode estar diretamente relacionada ao tipo de detector usado, um diodo semiconductor de silício que, tem uma resposta mais estável em relação ao Geiger Miller.

Na tabela 1 comparando os valores de incerteza percentual dos dosímetros B, nas condições com e sem paridade de dados, em 1 mSv - 100 mrem

obteve-se, 4,25% e 4,30% (1% de diferença), e em 2 mSv - 200 mrem, 4,44% e 4,28% (4% de diferença). E os dosímetros C nas condições de com e sem paridade de dados, em 1 mSv - 100 mrem obtiveram 2,86% e 2,65% (8% de diferença), e em 2 mSv - 200 mrem 3,00% e 2,67% (12% de diferença). As diferenças encontradas são pequenas, considerando que, os instrumentos são usados para radioproteção. E adicionalmente, os valores de incerteza na condição, sem paridade de dados foram calculados com todo o conjunto de 24 dados (valores de respostas médias dos dosímetros) dos dosímetros B, e 25 dos dosímetros C. E com paridade de dados foram calculados, com uma amostra de 12 dados retirados dos conjuntos de dados, dos dosímetros B e C. Isto pode indicar que, os dados dos dosímetros B e C tiveram distribuição menos irregular na dispersão.

Quanto aos dosímetros A não há como analisar este aspecto, pois, não sofreram alteração no número de dados usados nos cálculos, pois, foram usados como referência para a paridade de dados.

Tabela 1

Com paridade de dados - 2009 a 2016						
	1 mSv - 100 mrem			2 mSv - 200 mrem		
DIA	Resposta	u (%)	Fator de comparação		u (%)	Resposta
A	1,006	5,73	2,00	1,86	5,58	2,039
B	0,984	4,25	1,48	1,48	4,44	1,970
C	96,50	2,86	1,00	1,00	3,00	191,7
Sem paridade de dados - 2009 a 2016						
A	1,006	5,73	2,17	2,09	5,58	2,039
B	0,970	4,30	1,63	1,60	4,28	1,942
C	96,33	2,65	1,00	1,00	2,67	191,5

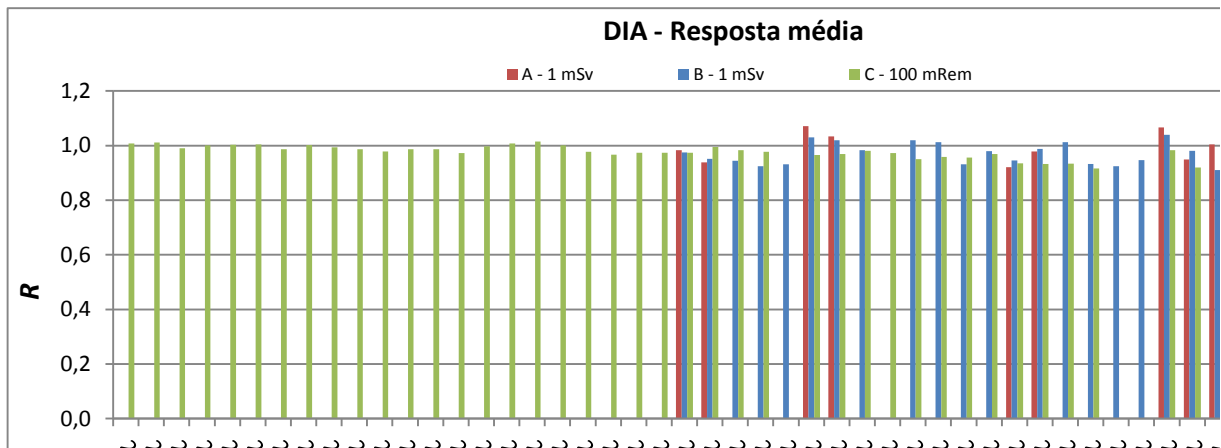


Figura 1. Gráfico das respostas médias dos DIA A, B e C, obtidas nas calibrações de 2007 a 2017, em 1 mSv.

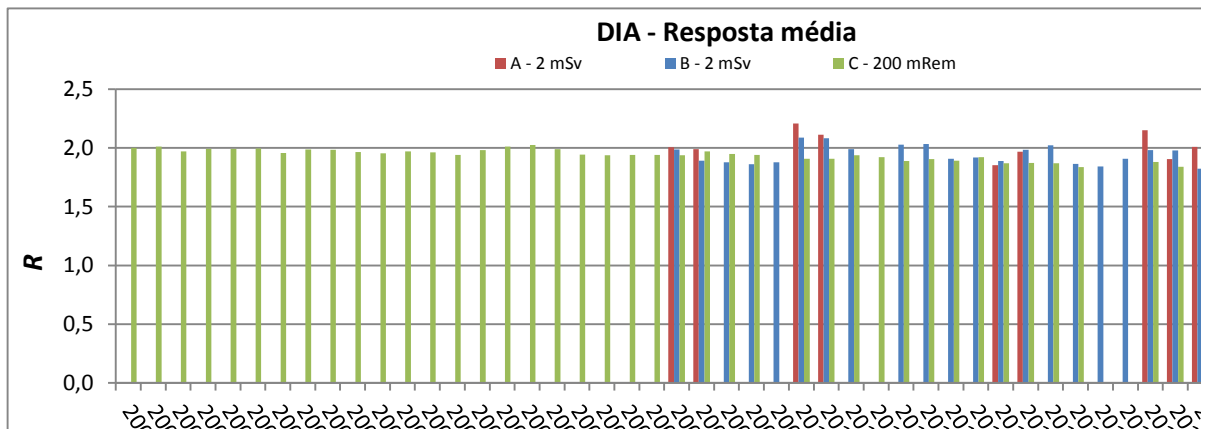


Figura 2. Gráfico das respostas médias dos DIA A, B e C, obtidas nas calibrações de 2007 a 2017, em 2 mSv.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados de incerteza padrão percentual dos dosímetros A, B e C, na condição com paridade de dados, em 1 mSv – 100 mrem e 2 mSv – 200 mrem, os dosímetros C foram mais precisos que os dosímetros B, e os B mais precisos que A. Na condição sem paridade de dados, em 1 mSv – 100 mrem e 2 mSv – 200 mrem, os dosímetros C também foram mais precisos que os B. Na condição sem paridade de

dados os dosímetros A não foram comparados, por estarem com menor número de dados.

A comparação entre as incertezas de 1 mSv - 100 mrem sem paridade de dados, e entre as incertezas de 2 mSv - 200 mrem sem paridade de dados dos dosímetros B, mostra uma diferença relativamente pequena. E nas mesmas condições a comparação entre as incertezas de 1 mSv - 100 mrem sem paridade de dados, e entre as incertezas de 2 mSv - 200 mrem sem paridade de

dados dos dosímetros C, também, mostra uma diferença relativamente pequena. Isto pode indicar que, os valores de respostas médias dos dosímetros B e C tem uma distribuição menos irregular na dispersão. Os dosímetros A não foram comparados nesta situação, porque a

comparação feita leva, em consideração a variação do número de dados usados e a sua influência no cálculo das incertezas. Os dosímetros A não sofreram alteração no número de dados, usados nas condições com e sem paridade de dados.

7. REFERÊNCIAS

- [2] VIM 2012. *JCGM 200:2012*. 3rd. ed. 2012. *INMETRO*, 2012. 94 p.
- [3] GUM, 2008. *INMETRO/CICMA/SEPIN*, 2012 141p.
- [1] ICRP, 2010. *ICRP Publication 116*, Ann. ICRP 40(2-5), 2010
- [4] ISO 4037-2, 1997. *International Standard Organisation*.