



## Análise de desempenho em função do tempo de operação de ativímetros

C.H.S. Sousa<sup>1,2,3</sup>; L.G. Padilha<sup>3,4</sup>; G. J. Teixeira<sup>1,5</sup>; G. Araujo<sup>3</sup>; J.G.P. Peixoto<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Radioproteção e Dosimetria; <sup>2</sup>Fundação Técnico-Educacional Souza Marques;

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro; <sup>4</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro; <sup>5</sup>Universidade Estácio de Sá

[chenrique@ird.gov.br](mailto:chenrique@ird.gov.br)

---

### RESUMO

Detectores de radiação devem passar periodicamente por testes de controle de qualidade recomendados e normatizados para atestar a qualidade das medições, no entanto, muitas pesquisas já demonstraram que vários parâmetros podem influenciar nos resultados das medições, no entanto, alguns componentes do instrumento que não podem ser ajustados durante as calibrações podem ter influência significativa nos resultados das medições ao longo do tempo de funcionamento. Este estudo procurou determinar dependência do tempo de uso nas medições de atividades. Os resultados demonstram uma tendência de diminuição da eficiência de detecção e por conseguinte valores de leituras menores em equipamentos com detectores com mais tempo de uso.

Palavras-chave: atividade; controle de qualidade; ativímetro; câmara de ionização tipo poço.

---

### ABSTRACT

Radiation detectors must periodically pass through recommended and standardized quality control tests to assure a quality of measurements, however, many research have already shown that several parameters may influence the measurement results. Some components of the instrument that can't be adjusted during calibrations could have a significant influence on the measurement results over the operating time. This study aimed to determine the dependence of the time of use on the measurements of activities. The results demonstrate a tendency to decrease detection efficiency and obtain lower readings values in equipment with more time-of-use detectors.

Keywords: activity; quality control, activimeter, well ionization chamber.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Sistemas de medição indireta com câmara de ionização tipo poço são largamente utilizados em metrologia, radioproteção e medicina nuclear [1]. Na medicina nuclear, um sistema de detecção com câmara de ionização tipo poço é utilizado para esta medição. Conhecido como calibrador de doses ou ativímetro, este detector é muito estudado por possuir uma grande dependência geométrica e energética. [2]. Entretanto, outros parâmetros de influência devem ser considerados, como o estado do gás detector e a pressão no interior da câmara de ionização.

A International Commission on Radiation Unit and Measurements (ICRU) é a responsável no panorama internacional pelo desenvolvimento de recomendações para o uso correto de procedimentos de medição e aplicação dessas quantidades em serviços de diagnóstico e terapia.

Metrologicamente, os testes exatidão e repetibilidade, representam a distribuição dos valores obtidos durante as medições da fonte (grandeza de entrada,  $x_i$ ), em condições de repetitividade, que demonstram a estimativa da incerteza padrão  $u(x_i)$  para valores limitantes, recomendados normativamente, menores que 10% e 5 %, com uma confiabilidade de 90% e 95%, respectivamente [3–5]. Entretanto, os documentos técnicos que recomendam as metodologias utilizadas para as realizações destes testes, também possibilitam a introdução de parâmetros que podem influenciar nos resultados [6], como o volume das fontes radioativas e a espessura e características das paredes dos frascos [7–9]. No entanto, em nenhum momento questiona-se a influência da deterioração dos componentes eletrônicos do detector ou do estado físico do gás, protagonista em uma medição produzida por estes instrumentos.

Desta forma, objetivou-se estudar a influência do parâmetro tempo de uso das câmaras de ionização nas medições realizadas por ativímetros com detectores semelhantes fabricados em datas de diferentes, ainda que saibamos que, câmaras de ionização do mesmo modelo e fabricadas pela mesma empresa possam ter eficiências diferentes. Desta forma procuramos verificar se ao longo do tempo de uso houve variação nas características das curvas de medições, analisando sua significância e influência nas medições das amostras radioativas.

## 2. Material e Método

### 2.1. Material

Foram estudados seis ativímetros, todos fabricados pela mesma empresa e que operam em serviços de medicina nuclear diferentes. Todas as câmaras de ionização possuíam as mesmas dimensões e o mesmo volume sensível, pressupondo-se a mesma quantidade de gás e a mesma pressão. O meio detector destas câmaras de ionização é o argônio hiperpuro, gás insípido, incolor, inodoro, não corrosivo, não inflamável, monoatômico e inerte [10,11].

Na realização das medições, foi utilizado o dispositivo de determinação de ponto ideal de medição (DPIM). [12], cujo, emprego na metrologia deste tipo de câmara de ionização mostrou-se eficiente, na diminuição das incertezas associadas ao processo [13]. Esta escolha tornou inexpressíveis as variáveis frascos, posicionamento e volume da fonte. O radionuclídeo Tecnécio-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ), foi selecionado devido sua facilidade de obtenção e manipulação. A alíquota foi preparada com um volume nominal de  $35 \pm 0,3 \mu\text{l}$  [14] e atividade específica de  $16,6 \times 10^6 \pm 2,2 \times 10^5 \text{ Bq}$ .

### 2.2. Método

A alíquota foi obtida através da diluição de uma amostra de  $^{99m}\text{Tc}$ , eluído no dia da medição, cuidando-se para que o volume e a atividade específica estivessem dentro dos limites de incerteza sugeridos neste estudo.

As CI foram produzidas pelo mesmo fabricante, porém, com datas de fabricação distintas. Por serem instrumentos de medição operantes e não haver formas não invasivas de medição da pressão e da qualidade do gás detector, e, devido estas informações não serem fornecidas pelos fabricantes, este estudo recorreu a testes extrínsecos, como o posicionando da amostra radioativa pelo DIPM.

A amostra foi depositada no receptáculo porta fontes do DIPM através de gotejamento, seguindo-se o posicionado, nivelado e centralização do dispositivo sobre os detectores. As medições foram realizadas a cada intervalo de 1,0 cm, desde o fundo do poço detector até o topo. O decaimento da fonte foi considerado na determinação das incertezas associadas [15], considerando que o tempo de medição do experimento durou 40 minutos, aproximadamente 6,6% do tempo de meia-vida do  $^{99m}\text{Tc}$ . Todos os instrumentos passaram por testes de controle de qualidade normativos para verificação da exatidão, repetitividade e reprodutibilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores nominais dos resultados dos testes de controle de qualidade realizados com fontes padrão-referência rastreadas apresentaram-se dentro dos limites preconizados, conforme as recomendações normativas (tabela 1), notando-se uma tendência de aumento dos valores em função do ano de fabricação. As curvas resultantes das medições realizadas com o dispositivo de medição do ponto ideal evidenciaram respostas uniformes com medições pouco discrepantes entre as três CI com menos de 10 anos de fabricação. Nestes instrumentos, as áreas de maior sensibilidade dos instrumentos variaram entre 17 e 22 cm, mostrando uma área de maior sensibilidade em torno de 5,0 cm (gráfico 1).

Tabela 1: Resultados dos testes de controle de qualidade, exatidão, repetitividade e reprodutibilidade dos ativímetros, utilizando fontes padrão referência rastreada.

Ano Fabricação	Exatidão %		Repetitividade %		Reprodutibilidade %
	<sup>133</sup> Ba	<sup>57</sup> Co	<sup>133</sup> Ba	<sup>57</sup> Co	
<b>2015</b>	1,03	1,14	0,60	0,40	3,41
<b>2014</b>	1,80	1,63	0,14	0,32	3,53
<b>2011</b>	3,01	2,33	0,32	0,44	3,47
<b>1996</b>	5,74	5,87	1,04	1,11	4,61
<b>1995</b>	6,02	5,78	1,21	1,05	4,36
<b>1989</b>	6,12	6,27	1,54	1,62	4,42

Os dois equipamentos, um com 20 e outro com 21 anos de fabricação apresentaram um desvio do centro da área de sensibilidade em direção ao fundo do poço detector e as medições tiveram uma diminuição de seu valor em torno de 15% (gráfico 1). O sexto instrumento, fabricado há 27 anos, apresentou uma perda da capacidade de medição e não possibilitou a definição de um ponto de maior sensibilidade, apresentando um patamar quase plano de 10 cm, onde a resposta foi quase igual para todas as medições realizadas (gráfico 1).

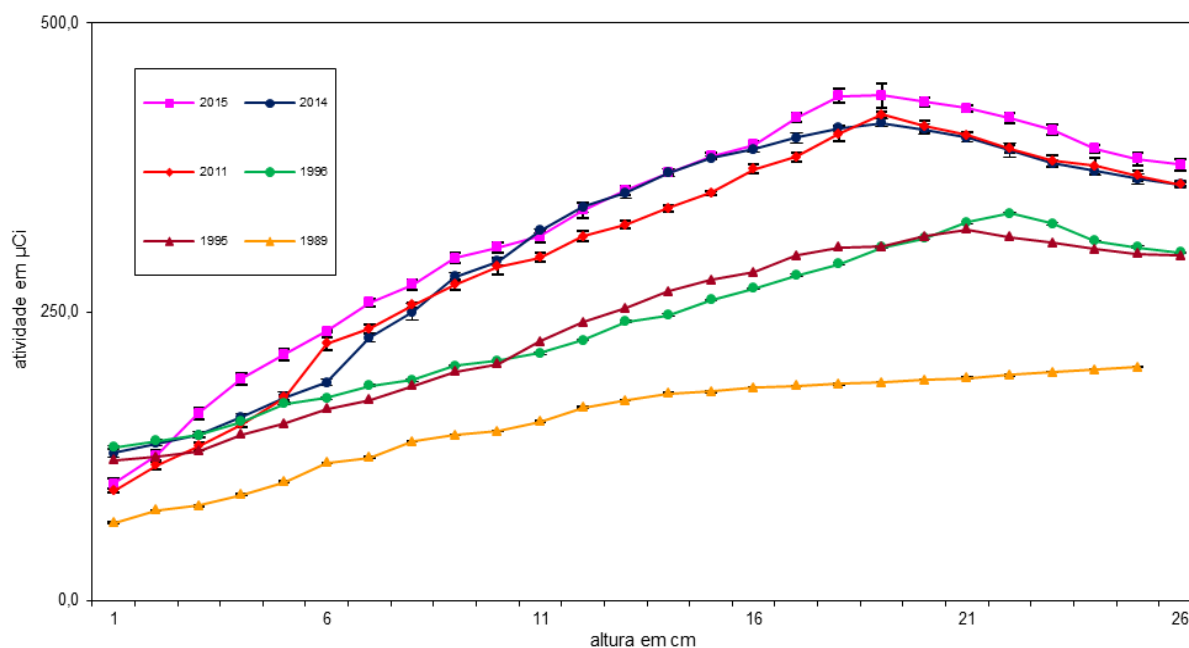


Gráfico 1: Curvas de medição atividade em função da posição da amostra dentro da reentrância do detector.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados demonstraram que, tanto os testes de controle de qualidade, quanto os testes implementados com o DPIM, possuem uma tendência de diminuição significativa das medições da atividade em função do tempo de uso dos detectores, confirmando a hipótese de desgaste de componentes.

Parâmetros como a diminuição da pressão interna, perda do gás por permeabilidade da parede, falha na soldagem dos cantos, deterioração dos componentes eletrônicos ou aprimoramento dos mesmos, levam a uma reflexão sobre a validade dos testes de controle de qualidade sem a garantia de manutenção física preventiva do instrumento detector.

Em avaliações futuras, acreditamos que medições em intervalos menores que 1,0 centímetro melhore a densidade estatística nas regiões de maior sensibilidade, no entanto, acreditamos que o objetivo do experimento foi alcançado, pois, os resultados apresentados demonstraram uma redução da sensibilidade que, talvez, possa ser correlacionada ao tempo de uso do instrumento, independente do parâmetro causador.

**REFERÊNCIAS**

- [1] Attix F H 2004 **Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry** (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA)
- [2] Schrader H 1997 **Activity measurements with ionization chambers** (Bureau International des Poids et Mesures)
- [3] IAEA 2006 **Quality Assurance for Radioactive Measurements in Nuclear Medicine** (Viena)
- [4] Hare D L, Hendee W R, Whitney W P and Chaney E L 1974 **Accuracy of well ionization chamber isotope calibrators**. *J. Nucl. Med.* **15** 1138–41
- [5] CNEN 2013 **REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA** (Brasil: Comissão Nacional de Energia Nuclear)
- [6] AAPM Task Group 2012 **The Selection, Use, Calibration, and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medicine** rep. 181
- [7] Calhoun J M, Golas D B and Harris S G 1987 **Effects of varying geometry on dose calibrator response: cobalt-57 and technetium-99m**. *J. Nucl. Med.* **28** 1478–83
- [8] Martins E W and Potiens M P A 2012 **Determination of the influence factors of the radiopharmaceutical vials dimensions used for activimeter calibration at IPEN** *Appl. Radiat. Isot.* **70** 1281–3
- [9] Martins E W and Albuquerque P 2011 **Avaliação dos fatores de influência da geometria dos frascos utilizados para calibração de ativímetros no IPEN VI Congresso Brasileiro de Metrologia** (Natal) pp 4–5
- [10] Air Products and Chemicals 2014 **Gaseous argon 4**
- [11] ROC Group 2016 **Argon Compressed** 1–6
- [12] C. H. S. de Sousa, Peixoto J G P, Cardoso R de S, Bossio F and Cummins J B 2013 **Deposito patente BR102013018500-0**
- [13] C. H. S. de Sousa and Peixoto J G P 2016 **Application of patent BR102013018500-0 in well type ionization chambers** *Iop* **12083** 1–6
- [14] Behring J L, Lucas M, Machado C and Barcellos I O 2004 **Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: Um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química** *Quim. Nova* **27** 492–5
- [15] Sousa C H S, Teixeira G J and Peixoto J G P 2015 **Estimated of the associated uncertainties with the linearity test of activimeters** *J. Phys. Conf. Ser.* **575** 12028