

## Controle de Qualidade do Sistema Padrão Secundário NPL-CRC utilizado na Calibração de Ativímetros no IPEN

Elaine W. Martins e Maria da P. A. Potiens

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Comissão Nacional de Energia Nuclear,  
São Paulo, Brasil.*

**Resumo.** Neste trabalho foi estabelecido um programa de controle de qualidade do ativímetro NPL-CRC, sistema padrão secundário, fabricado pela Southern Scientific plc, utilizado como sistema de referência para a comparação dos testes realizados no ativímetro de trabalho, sistema padrão terciário, Capintec basicCRC<sup>®</sup>-15BT, ambos pertencentes ao Laboratório de Calibração do IPEN. Foram aplicados testes de repetitividade, reprodutibilidade e precisão utilizando fonte selada de <sup>133</sup>Ba, da Amersham. Foram realizadas 70 séries de 10 medições para cada ativímetro, totalizando 1400 medidas. Considerando o limite máximo de variação de 5% para os testes de reprodutibilidade e precisão em serviços de medicina nuclear, recomendado pela norma brasileira CNEN-NN-3.05, os resultados observados no comportamento dos ativímetros do IPEN foram satisfatórios.

**Palavras-chave:** ativímetros, medicina nuclear, controle de qualidade

### Quality Control of the NPL-CRC Secondary Standard System used for Activimeters Calibration at IPEN

**Abstract.** The objective of this study was to establish a quality control program to be applied at the NPL-CRC activimeter secondary standard system, used as reference to comparison in tests made with the work tertiary standard activimeter, Capintec basic CRC<sup>®</sup>-15BT, both belonging to the Calibration Laboratory of IPEN. The repeatability, reproducibility and the precision tests were performed using a sealed check source of <sup>133</sup>Ba, from Amersham. It was made 70 series of 10 measurements to each activimeter, totaling 1400 measurements. Considering the variation limit of 5% to precision and reproducibility tests in the nuclear medicine services, recommended by the Brazilian standard CNEN-NN-3.05, the results observed in the behavior of the IPEN activimeter were satisfactory.

**Keywords:** activimeters, nuclear medicine, control quality

#### 1. Introdução

Em um serviço de medicina nuclear utiliza-se a aplicação de vários radiofármacos em pacientes com o objetivo de avaliar as funções fisiológicas dos órgãos tanto para fins diagnósticos como para fins terapêuticos.

Os radionuclídeos são produzidos artificialmente em ciclotrons e nos reatores nucleares, possuem meias-vidas curtas e são utilizados como fontes não seladas, o que implica que a sua manipulação seja realizada de acordo com as recomendações nacionais e internacionais de proteção radiológica [1,2].

Nos serviços de medicina nuclear é necessário determinar o tipo de intensidade, a energia e a atividade do radionuclídeo que será administrado no paciente. Para isso é utilizado um instrumento chamado ativímetro. O ativímetro é essencial para garantir a eficiência e a segurança das medidas, devendo estar sempre em perfeito funcionamento. Todos os radiofármacos são então medidos em

ativímetros antes de serem administrados aos pacientes.

Para garantir a eficiência, segurança e confiabilidade das medidas realizadas no ativímetro, eles devem ser submetidos a testes durante sua instalação (testes de aceitação) e testes de controle de qualidade realizados com os mesmos protocolos, assegurando um comportamento satisfatório. Os resultados são comparados com os dados de referência [3].

Vários guias e protocolos de organizações internacionais[4] e nacionais estabelecem testes para calibração dos ativímetros para garantir sua qualidade. No Brasil a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), através da norma CNEN-NN -3.05 recomenda testes de controle de qualidade e a sua periodicidade. Estes testes devem ser feitos usando fontes de referência abrangendo a faixa de energia utilizada nos serviços de medicina nuclear [1].

O objetivo desse trabalho foi estabelecer um programa de controle de qualidade do ativímetro

NPL-CRC, sistema padrão secundário, utilizado como instrumento de referência para a comparação dos testes realizados no ativímetro CRC<sup>®</sup>-15BT, sistema padrão terciário, ambos pertencentes ao Laboratório de Calibração do IPEN.

## 2. Materiais e Métodos

Os ativímetros testados neste trabalho foram: o sistema de referência, padrão secundário NPL-CRC *radionuclide calibrator*, fabricado pela Southern Scientific plc, com rastreabilidade ao National Physical Laboratory (NPL) e o sistema padrão terciário Capintec basic CRC<sup>®</sup>-15BT, série 180020, calibrado por Accredited Dosimetry Calibration Laboratory da Medical Radiation Research Center – University of Wisconsin, com rastreabilidade ao National Institute of Standard and Technology (NIST) através da comparação de seu comportamento com o do sistema de referência, para viabilizar a sua utilização como padrão de trabalho.

Ambos ativímetros são compostos por uma câmara de ionização do tipo poço, um eletrômetro para medir pequenas correntes de ionização, um estabilizador de alta tensão, um conversor eletrônico e um dispositivo de visualização. Uma blindagem externa protege o trabalhador da radiação intensa e reduz o efeito de radiação de fundo como apresentado na Figura 1.

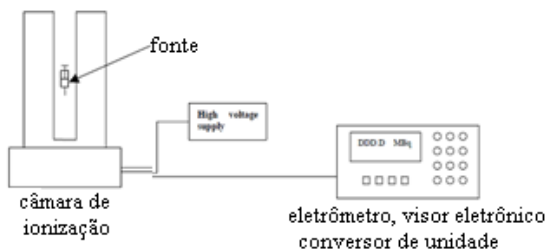


Figura 1: Esquema dos ativímetros utilizados

A fonte radioativa é colocada em um suporte de acrílico e introduzida dentro de uma cavidade interna da câmara de ionização. A passagem da radiação ionizante pelo volume sensível da câmara ioniza o gás e produz corrente elétrica, a sua magnitude é proporcional à atividade do radionuclídeo sendo analisado. O coeficiente de calibração do radionuclídeo é o razão entre a corrente e sua atividade. A razão é tipicamente gerada entre dois eletrodos sob um potencial constante que varia entre  $10^{-5}$  femtoamperes (fA) até  $10^{-6}$  microamperes ( $\mu$ A) [5].

Os testes de controle de qualidade foram realizados utilizando uma fonte de  $^{133}\text{Ba}$  da Amersham Buchler GmbH & Co KG, número de série FH-354, calibração rastreada ao Laboratório de Dosimetria Padrão Primário Alemão Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB. O material ativo da fonte é homogeneamente

incorporado em aproximadamente 10 ml de resina em um frasco de plástico de 25 ml. A camada ativa do nuclídeo é codificada por cor (código BDR562, marrom) e é coberto por resina inativa. O seu desenho pode ser visto na Figura 2.

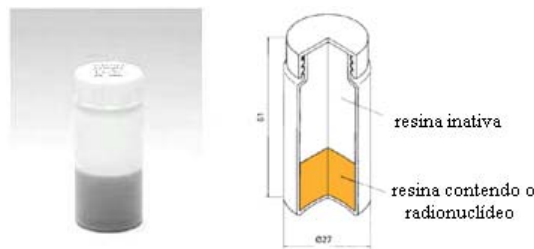


Figura 2: Ilustração da fonte radioativa de  $^{133}\text{Ba}$ .

Os testes de repetitividade, reprodutibilidade e precisão foram estabelecidos neste programa de controle de qualidade.

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), o teste de repetitividade é definido como medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição. Pode ser expressa, quantitativamente, em função das características da dispersão dos resultados.

E a reprodutibilidade é o grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo mensurando efetuadas sob condições variadas de medição, que pode incluir diferentes locais, operadores de sistemas de medição, e medições repetidas na mesma ou objetos semelhantes[6]. A precisão é definida como o desvio padrão percentual entre a medida da atividade individual e a média das medidas [1].

Os testes foram aplicados tanto no sistema padrão secundário NPL-CRC, quanto no sistema padrão terciário Capintec CRC<sup>®</sup>-15BT.

**Teste de Repetitividade:** os ativímetros foram calibrados usando a mesma fonte de  $^{133}\text{Ba}$  e para encontrar sua atividade de acordo com seu decaimento foi aplicado o fator de calibração 700. A atividade corrigida para a data inicial de medida foi 3,89 MBq.

**Teste de Reprodutibilidade:** foi observada a concordância entre os resultados de medições sucessivas da mesma grandeza, executadas pelo mesmo método, mesmo laboratório, mesmos instrumentos, mesmo observador, mesmas condições e em intervalos de tempo relativamente pequenos [1].

**Teste de Precisão:** a precisão foi calculada pela diferença do valor médio da atividade individual ( $A_i$ ) e a média das medidas ( $\bar{A}$ ) [1]:

$$A_0(\%) = 100 \frac{(A_i - \bar{A})}{\bar{A}}$$

As medidas foram realizadas em dias e horários diferentes. Foi avaliado um conjunto de 170 séries de 10 medidas.

### 3. Resultados

Para o teste de repetitividade foi realizado uma sequência de medições com a fonte padrão de  $^{133}\text{Ba}$ . O comportamento e a exatidão foram analisados durante um intervalo de tempo. Neste estudo o programa de controle de qualidade foi aplicado igualmente para ambos ativímetros (padrão-NPL e terciário-Capintec) 7 séries de 10 medições cada, com intervalo de 10 segundos entre eles, por 10 vezes, ou seja, 700 medições para cada ativímetro, totalizando 1.400 medições.

As 10 primeiras medições foram utilizadas para a determinação do valor a ser utilizado como referência, o máximo coeficiente de variação foi de 1% e o aceitável é de 5%.

Na Figura 3 observa-se que a estabilidade ao longo do tempo do sistema de referência mostrou uma variação máxima de 1% durante todo o período de testes. Para o sistema terciário, Figura 4, nota-se que somente após as 30 primeiras medições ele se manteve estável.

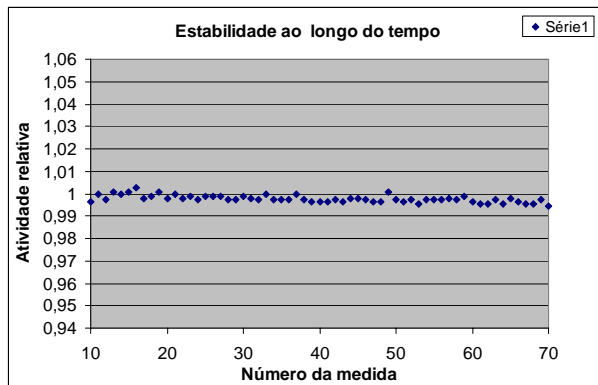


Figura 3: Estabilidade ao longo do tempo do ativímetro padrão-NPL

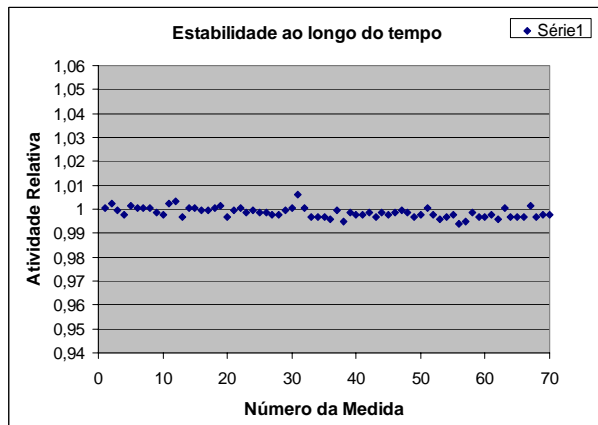


Figura 4: Estabilidade ao longo do tempo do ativímetro terciário-Capintec

O teste de precisão foi calculado pela diferença do valor médio da atividade individual e a média das medidas. Foi utilizada como referência a maior variação de cada conjunto de 10 séries, totalizando 7 medições para cada ativímetro, apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado do teste de precisão do ativímetro padrão secundário NPL-CRC e do padrão terciário Capintec

NPL-CRC $^{133}\text{Ba}$ $A_i$		Capintec CRC <sup>®</sup> -15BT $^{133}\text{Ba}$ $A_i$	
Precisão (%)		Precisão (%)	
108,0	-0,38	105,2	0,25
108,1	-0,29	105,3	0,34
108,1	-0,29	104,7	-0,23
108,0	-0,38	105,6	0,63
108,0	-0,38	104,6	-0,32
107,9	-0,47	104,3	-0,61
107,8	-0,56	104,5	-0,42

### 4. Discussão e Conclusões

Os resultados mostraram que os ativímetros tiveram comportamentos satisfatórios, mesmo tendo demonstrado que o sistema padrão terciário Capintec apresentara valores totalmente estáveis somente a partir da trigésima medida, que pode ter ocorrido devido ao longo tempo sem utilização deste instrumento. Os resultados dos testes de repetitividade tiveram variação sempre menor de 0,5% estando de acordo com a norma internacional para os ativímetros utilizados nos serviços de medicina nuclear, que estabelece que os testes de repetitividade é de 3% [7]

Para o teste de reprodutibilidade e precisão de acordo com a norma brasileira para os serviços de medicina nuclear, CNEN-NE 3.05 que recomenda o limite de variação de até 5%, os testes de reprodutibilidade também forneceram resultados satisfatórios.

Neste trabalho verificou-se que tanto o sistema padrão secundário NPL-CRC, quanto o sistema padrão terciário Capintec CRC<sup>®</sup>-15 BT forneceram resultados satisfatórios no controle de qualidade, para o radioisótopo testado. Este programa será estendido aos outros radioisótopos pertencentes ao conjunto de fontes de controle de qualidade do LCI. A partir daí o sistema padrão de trabalho será calibrado utilizando-se os radiofármacos fornecidos pela Diretoria de Radiofarmácia do IPEN para os Serviços de Medicina Nuclear, já no frasco apropriado.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério de Ciência e Tecnologia

(MCT, Projeto: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

### Referências

- [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear. Requisitos deradioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear. Abril 1996 (CNEN-NN-3.05).
- [2] Cecatti, S.G.P. Desenvolvimento de sistemas tandem de activímetros e estabelecimento de dosimetria beta em serviços de medicina nuclear. São Paulo, 2004. Tese (Doutoramento) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Univ. de São Paulo.
- [3] International Atomic Energy Agency. Quality control of nuclear medicine instruments, Vienna, IAEA TEC-DOC n° 602, 1991.
- [4] National Physical Laboratory. Protocol for Establishing and Maintaining the Calibration of Medical Radionuclide Calibrators and their Quality Control, Teddington, Middlesex, United Kingdom, 2006.
- [5] R. Gadd, M. Baker, K.S. Nijran, S. Owens, W. Thomson, M.J. Woods, F. Zananiri.. Protocol for Establishing and Maintaining the Calibration of Medical Radionuclide Calibrators and their Quality Control. National Physical Laboratory Middlesex, United Kingdom (2006).
- [6] Joint Committee for Guides in Metrology. (BIPM, IEC, IFCC,ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM).France (2008).
- [7] International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment – Dosimeters with ionization chambers and or semi-conductor detectors as used in X-ray diagnostic imaging. IEC61674 Geneva (1997).

### Contato:

Elaine Wirney Martins  
[ewmartins@ipen.br](mailto:ewmartins@ipen.br)