



**PRODUÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA  
DO IPEN  
DEVOLVER NO BALCÃO DE  
EMPRÉSTIMO**

## **DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO DE CÂMARAS DE IONIZAÇÃO DE CALIBRADORES DE DOSES.**

**Alessandro S. Dytz** (adytz@net.ipen.br)  
**Linda V. E. Caldas** (lcaldas@net.ipen.br)  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
Caixa Postal 11049  
05422-970- São Paulo/Brasil  
Fone: (011) 3816-9211 Fax: (011) 3816-9209

**Resumo:** Os calibradores de dose, de um modo geral, operam com câmaras de ionização tipo poço. Neste trabalho foram determinadas as características de funcionamento de câmaras de ionização do tipo poço construídas no IPEN. Foram realizadas medidas de atividade de fontes padrão de radiação, cujas características físicas são diferentes, além de fontes líquidas não-seladas. Dois sistemas foram montados utilizando-se eletrômetros, uma fonte de alta-tensão e um multímetro digital. Foi feito um controle contínuo, medindo-se a atividade das fontes radioativas em três sistemas de calibradores. O controle de estabilidade a médio prazo, para as fontes padrão, e a curto prazo, para demais fontes, mostrou um bom desempenho das câmaras. Os dois sistemas IPEN apresentaram boa estabilidade, com variações inferiores ao limite recomendado de 10%.

**Palavras-chave:** calibrador de dose, calibração de instrumentos, câmara de poço.

### **1. INTRODUÇÃO**

Os radiofármacos utilizados em Medicina Nuclear são de extrema importância na área médica, tendo participação em diagnóstico e terapia, como no caso da iodoterapia. Mas é fundamental que essas fontes de radiação sejam administradas com rigor, tendo suas atividades bem conhecidas e com uma margem de erro mínima na medida da sua atividade. Essas medidas são realizadas por calibradores de dose, ou curiômetros, que são câmaras de poço ligadas a instrumentos eletrônicos que auxiliam e controlam todo o sistema de medida. Tais equipamentos devem ser calibrados, com a utilização de fontes padrões de radiação. Porém, nas práticas rotineiras em Serviços de Medicina Nuclear, podem também ser calibrados por um equipamento semelhante, desde que seja um padrão primário ou secundário. Alguns calibradores de dose primários e secundários foram desenvolvidos na Inglaterra, no National Physical Laboratory (NPL), utilizando fontes padrão, que por sua vez são produzidas no Centre for Ionizing Radiation Metrology (CIRM), Inglaterra (Jerome & Woods, 1998; Woods et al, 1998).

Novos radionuclídeos e suas aplicações têm sido alvo de grandes pesquisas na área de tecnologia nuclear, principalmente relacionados a atividades médicas. Com as novas técnicas, torna-se necessário a atualização dos métodos de controle dos equipamentos, bem como do programa de garantia de qualidade (TEC-DOC 602, 1991; CNEN-NE 3.05, 1996). Parte dessas pesquisas são desenvolvidas no NPL, referentes à produção de equipamentos calibrados para diversos radionuclídeos como  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{188}\text{Re}$  e  $^{106}\text{Ru}$ . Essas novas técnicas possibilitam a utilização de calibradores comerciais com os novos radionuclídeos, juntamente com calibradores que apresentam rastreabilidade ao NPL (Woods et al, 1998; Szorényi et al, 1998).

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) vem desenvolvendo pesquisas na área de calibração de medidores de atividade, incluindo os equipamentos que constituem os sistemas de medidas de atividade IEN, IPEN-1 e IPEN-2, sendo os dois últimos desenvolvidos no Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN (LCI). A calibração dos sistemas IPEN foi feita por comparação, tendo como instrumento de referência um calibrador padrão secundário NPL (Costa, 1999).

Este trabalho descreve os resultados de dois sistemas de medidas de atividade de radionuclídeos desenvolvidos no LCI, utilizando-se câmaras de ionização do tipo poço, construídas no IPEN, para estabelecimento de um procedimento de trabalho.

## 2. MATERIAIS

Os sistemas de medidas de atividade do LCI são formados por:

1 - Calibrador de doses do National Physical Laboratory (NPL), padrão secundário e instrumento de referência na calibração de outros calibradores de dose;

2 - Calibrador de doses do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN), calibrado no LCI e utilizado em intercomparações e calibrações de curiômetros comerciais, em conjunto com o calibrador NPL;

3 - Sistemas IPEN-1 e IPEN-2, desenvolvidos no LCI, constituídos de câmaras de poço construídas no IPEN, para cada sistema, conectadas à eletrônica necessária.

Os sistemas foram testados quanto à repetibilidade, estabilidade e ainda foram submetidos a testes de controle de qualidade, como reprodutibilidade, radiação de fundo e linearidade.

Para a realização das medidas foram ainda utilizados:

I - Eletrômetro Keithley, modelo 610C, responsável pela medida da corrente de ionização gerada na câmara de poço. A faixa de utilização do equipamento foi de  $10^{-9}$  a  $10^{-11}$  ampère, que é a ordem de grandeza da corrente gerada no interior da câmara.

II - Câmara de ionização do tipo poço, que apresenta geometria  $4\pi$  (aproximado), construída em aço inox. A tensão de operação para esta câmara é de +250V. Essa tensão é fornecida por uma fonte estabilizada de alta tensão, e a corrente é medida pelo eletrômetro. Apresenta uma blindagem adicional de chumbo, desenvolvida para este projeto no IPEN.

III - Fonte de tensão Tectrol TC300-002, estabilizada, de baixo ruído, responsável por fornecer e manter a tensão no interior da câmara. Para a realização dos testes neste trabalho, a tensão foi fixada em +250V, dentro da faixa de operação ideal para o tipo de câmara em utilização.

IV - Multímetro digital Triel MTR 4410, com a função de fornecer os valores da corrente gerada na câmara, em substituição ao mostrador analógico do eletrômetro. Para isso, o multímetro foi conectado ao eletrômetro diretamente na saída de sinal do painel traseiro do eletrômetro. Isto facilitou e acelerou as medidas, diminuindo também a margem de erros no instante das leituras.

### 3. RESULTADOS

Os resultados dos testes permitiram fazer uma avaliação das características de funcionamento dos sistemas IPEN-1 e IPEN-2. Para os testes de repetibilidade, foram realizadas medidas consecutivas, por um período de oito meses para o sistema IPEN-2 e de quatro meses para o sistema IPEN-1. Essa defasagem de tempo ocorreu devido ao fato de que os sistemas não foram montados simultaneamente, para que pudessem ser feitas avaliações deles durante o desenvolvimento do sistema. Foram realizadas diariamente dez medidas para cada fonte, em cada sistema, para obter-se uma média e o desvio associado. Os valores apresentados na Tabela 1 são representativos dos desvio padrões percentuais máximos de todas as médias diárias.

Como os sistemas IPEN-1 e IPEN-2 não apresentam ajuste de ganho para diversas energias, a tensão na câmara foi fixada em 250V (para todos os testes), utilizando-se apenas a escala de leitura como forma de aquisição dos dados, com o auxílio do multímetro digital. A ordem de grandeza das correntes medidas nas câmaras foi de aproximadamente  $10^{-9}$ A, tendo algumas medidas sido realizadas na faixa de  $10^{-11}$ A.

As câmaras mostraram um desempenho acima do esperado, apresentando variações menores que o limite de aceitação de 10 % (TEC-DOC 602, 1991; CNEN-NE 3.05, 1996), mesmo nas séries diárias de medidas, como se pode observar na Tabela 1.

TABELA 1 – Teste de estabilidade a longo prazo das câmaras de poço: maior variação percentual. (\*) – fonte padrão

Fonte	Sistema NPL	Sistema IEN	Sistema IPEN-1	Sistema IPEN-2
*Co-57	8,08	1,03	4,95	0,60
*Co-60	8,11	1,16	4,24	0,75
*Ba-133	1,19	0,66	3,11	0,54
*Cs-137	3,10	0,48	3,26	0,35
Tc-99m	0,20	-	0,39	0,24
Cr-51	4,95	-	0,60	1,17
Tl-201	0,47	-	0,19	0,23

As fontes de Tc-99m, Cr-51 e Tl-201 não puderam ser medidas no sistema IEN devido à baixa atividade das mesmas, uma vez que as atividades eram inferiores à faixa de operação do equipamento, sofrendo interferência da radiação de fundo.

Os fatores de calibração do sistema IPEN e do calibrador IEN foram obtidos por comparação com os valores de atividade obtidos com o sistema NPL e com o sistema IEN, e são mostrados na Tabela 2. Para tal foram realizadas 10 medidas no sistema NPL (padrão) e

consecutivamente 10 medidas nos sistemas IPEN-1 e IPEN-2, separadamente. Foram obtidas as médias dos valores e foi feita uma relação direta entre a atividade medida no equipamento padrão e a medida de corrente nos dois sistemas. Essa operação foi repetida durante todo o período de testes, para confirmação dos dados.

TABELA 2 – Fatores de calibração dos sistemas IPEN e IEN, obtidos por comparação com o calibrador de doses padrão secundário NPL (\*fonte padrão).

Fatores de calibração				
<i>Nuclídeo</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Sistema IPEN-1 (mCi/A)</i>	<i>Sistema IPEN-2 (mCi/A)</i>	<i>Sistema IEN (mCi/u.e.)</i>
*Co-60	1332; 1173	0,0401	0,043	0,993
*Co-57	122; 136	0,288	0,556	0,992
*Ba-133	356; 81; 303	0,148	0,159	0,995
*Cs-137	661	0,148	0,159	0,998
I-131	364; $\beta$ 606	1,770	-	1,030
Ga-67	93,3; 185	0,283	-	0,946
Cr-51	320	0,207	-	1,050
Tl-201	167; 135	0,242	-	1,030

(u.e. – unidade de escala)

Os fatores de calibração devem ser aplicados às medidas dos sistemas IPEN-1 e IPEN-2 para fontes conhecidas, para se obter a atividade real da amostra em unidades de mCi. Os valores não são apresentados em unidades do sistema internacional (Bq) porque o sistema IEN não dispõe dessa unidade do S.I., sendo estas realizadas na unidade antiga.

O sistema IEN apresentou um excelente desempenho em relação ao NPL, conforme mostrado na Tabela 2, apresentando fatores de calibração muito próximos de 1. Um fator de correção de valor 1 significa que a medida corresponde à atividade real, não necessitando correção alguma.

Os sistemas IPEN-1 e IPEN-2 também apresentaram bom desempenho, embora os valores não sejam semelhantes aos do IEN. Isto se deve ao fato de que tais sistemas não apresentam um mecanismo de correção de leitura para a energia que está sendo medida, ou seja, todas as medidas são realizadas nas mesmas condições.

#### 4. CONCLUSÕES

Os sistemas IPEN, propostos neste trabalho, não apresentaram variações, nas medidas de atividades de fontes, maiores que os limites aceitáveis por normas (TEC-DOC 602, 1991; CNEN-NE 3.05, 1996). Os sistemas IPEN apresentaram dependência energética, uma vez que os equipamentos não possuem ajustes específicos para a energia da fonte em utilização, operando sempre nas mesmas condições. Esta dependência mostrou-se acentuada, principalmente para no caso de fontes com energia de aproximadamente 300 keV.

Quanto ao controle de qualidade realizado nos dois sistemas de medidas, os resultados obtidos estão de acordo com os limites estabelecidos em normas. Os sistemas mostraram ainda uma ótima estabilidade e repetibilidade das medidas, cujas variações foram sempre inferiores a 5% no período decorrido, para todas as medidas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro parcial.

## REFERÊNCIAS

- Jerome, S. M., Woods, M. J., 1998, A review of intercomparison exercises run by NPL from 1989-1997, *J. Rad. Nucl. Chem.*, v. 233, n.1-2.
- Woods, M. J., Keightley, M., Ciocanel, M. Paton Walsh, C., 1998, NPL secondary standard radionuclide calibrator: new calibrations figures for  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{135}\text{Sm}$  and  $^{188}\text{Re}$ , *Appl. Radiat. Isot.*, v. 49, n. 9-11, p. 1191-1193.
- Szorényi, Á., Válvolgyi, J., Zsinka, A., 1998, Experiences of fifteen years on metrological supervision of radionuclide calibrators used in nuclear medicine, *Appl. Radiat. Isot.*, v. 49, n.9-11, p. 1459 – 1461.
- Costa, A. M., 1999, Métodos de calibração e de intercomparação de calibradores de dose utilizados em serviços de medicina nuclear. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade do Estado de São Paulo.
- International Atomic Energy Agency, IAEA, 1991, Quality control of nuclear medicine instruments, TECDOC-602, Vienna, Austria.
- Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, 1996, Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear. Abril (CNEN-NE-3.05).

### DETERMINATION OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF IONIZATION CHAMBERS OF DOSE CALIBRATORS.

*Abstract: Most of dose calibrators operate with well-type ionization chambers. In this work the operational characteristics of two well-type ionization chambers, made at IPEN, were determined. Sealed standard radiation sources and unsealed liquid sources were measured. Two systems were mounted using electrometers, a high-voltage source and digital multimeter. A continuous control was realized by measuring source activities with three calibrator systems. The medium-term stability test using the standard sources and short-term stability test using other sources showed good performance of all chambers. The two IPEN systems showed good stability, with response variations less than the recommended limit of 10%.*

*Key-Words: dose calibrator, calibration of instruments, well-type chambers.*