

**DEPENDÊNCIA ANGULAR DE MONITORES PORTÁTEIS  
EM FEIXES PADRONIZADOS DE RADIAÇÃO GAMA**

Vitor Vivolo e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Av. Lineu Prestes 2.242  
05508-000 Butantã, São Paulo, SP, Brasil**RESUMO**

A confiabilidade das medidas realizadas com os monitores portáteis de radiação é essencial para a segurança física dos usuários dos instrumentos. Neste trabalho foram realizados ensaios e testes recomendados por normas internacionais que foram aplicados a medidores portáteis de radiação do tipo Geiger-Müller, câmara de ionização e cintilador, comumente utilizados no Brasil. O objetivo foi o estabelecimento de uma metodologia de testes de rotina para serem aplicados a equipamentos novos e que sofreram manutenção corretiva. Estes ensaios consistem basicamente na verificação da dependência angular e da variação da resposta com a deriva de zero elétrico.

Keywords: portable survey meters, gamma radiation, type tests.

**I. INTRODUÇÃO**

Com o crescente aumento da aplicação da radiação ionizante na Indústria, Medicina e Agricultura, sob a forma principalmente de irradiadores, equipamentos de raios X e fontes não seladas, vem aumentando, conseqüentemente, a utilização de monitores portáteis de radiação, utilizados em Radioproteção, instrumentos estes que permitem medir os efeitos diretos e indiretos provocados pela radiação, com o objetivo de seu controle de qualidade[1]. A utilização e os propósitos para os quais se aplicam esses instrumentos exigem que suas respostas estejam dentro de limites aceitáveis de exatidão, de acordo com recomendações internacionais específicas[2-4], de forma a garantir a confiabilidade nos resultados das medidas obtidas. Essa confiabilidade pode ser assegurada por meio da calibração dos monitores portáteis de radiação (em campos padrões de radiação X, gama, etc.), de onde se obtém o fator de calibração[5].

No Laboratório de Calibração do IPEN são oferecidos serviços de calibração de instrumentos tanto para o IPEN como para instituições externas.

O laboratório dispõe de fontes radioativas gama, beta e alfa com diversas atividades, com as quais são calibrados monitores portáteis segundo as normas e as recomendações internacionais[2,3]. Como controle de qualidade dos serviços prestados, desde 1980 o Laboratório vem participando das intercomparações anuais promovidas pelo Laboratório Nacional de Radiações Ionizantes, Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN, Rio de Janeiro. O número de equipamentos calibrados vem aumentando ao longo dos últimos anos; em 2001 foram cerca de 1700 monitores portáteis. Destes, muitos dos

equipamentos de usuários externos, já sofreram alterações consideráveis, como a troca do próprio tubo Geiger-Müller, nem sempre substituído por outro do mesmo modelo. A conseqüência imediata é a variação da dependência energética do detector e a descaracterização do equipamento pela marca e modelo. Na manutenção corretiva de monitores portáteis de radiação, devem ser utilizados componentes eletro/eletrônicos com características no mínimo equivalentes àquelas especificadas pelo fabricante[4]. Periodicamente, devem ser realizados testes, para verificar se os instrumentos preservam suas características operacionais, originais de fábrica, uma vez que elas podem ser afetadas pelo envelhecimento de seus componentes (peças), assim como após sofrerem reparos ou manutenção, com substituição de peças ou componentes[4].

As características operacionais de um equipamento podem ser definidas por meio de testes especiais, que indicam o quão próximas do esperado estão as leituras realizadas pelo instrumento nas condições reais de operação[4].

O objetivo deste trabalho é o estudo da dependência angular e de deriva de zero elétrico de monitores portáteis dentro de um programa de controle de qualidade.

**II. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi utilizado um irradiador da STS Steuerungstechnik & Strahlenschutz GmbH, Alemanha, modelo OB85, com uma fonte de  $^{60}\text{Co}$ , com atividade nominal de 20,6 GBq (dezembro/2001), uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$  com atividade nominal de 657 GBq (dezembro/2001) e uma

fonte de  $^{241}\text{Am}$  com atividade nominal de 7,3 GBq (dezembro/2001).

Foram testados 7 monitores portáteis de radiação do tipo Geiger-Müller, 4 câmaras de ionização do tipo selado, 2 câmaras de ionização do tipo não selado e 1 monitor de radiação do tipo cintilador. As leituras efetuadas com as câmaras de ionização do tipo não selado foram corrigidas para as condições de referência de temperatura e pressão ( $20,0 \pm 0,1$ ) °C e ( $92,93 \pm 0,07$ ) kPa, e as câmaras operam com umidade relativa do ar menor que 50%. Todos os equipamentos ensaiados foram previamente calibrados com radiação gama de fontes de  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$ . Para identificação dos equipamentos durante os testes, eles receberam um código, levando-se em conta o tipo e modelo do elemento detector, conforme descrito na Tabela 1.

TABELA 1. Relação dos Equipamentos Portáteis de Radiação Testados

Marca	Modelo	Tipo	Código
Ludlum	3	Geiger-Müller	A1, A2, A3, A4 e A5
Nortron	NDG 1000 A	Geiger-Müller	A6
Ipen	PI 760	Geiger-Müller	A7
Victoreen	450 P	Câmara de ionização	C1, C2, C3, C4
Nardeaux	Babyline 81	Câmara de ionização	C5, C6
Victoreen	Thyac III	Cintilador	T1

### III. RESULTADOS

**Dependência Angular.** Se os instrumentos portáteis de medida da radiação são utilizados sob condições de falta de uniformidade de irradiação do volume sensível do seu elemento detector (próximo à fonte ou a um feixe de radiação), a resposta do equipamento poderá variar significativamente com a geometria da fonte, geometria do detector, e ainda com a distância entre a fonte e o detector[5,6]. A resposta à radiação incidente pode se alterar com a mudança de ângulo da direção formada entre o elemento detector e o feixe de radiação incidente em seu volume sensível. Os monitores portáteis foram posicionados no banco de calibração, na posição de calibração, ou seja, com o feixe de raios gama incidindo no centro geométrico do elemento detector. Nessa situação os equipamentos se encontram sobre a mesa de calibração no plano horizontal (paralelos à mesa), sendo esta a posição adotada como de ângulo 0°. A partir da posição de calibração convencionou-se um sentido de rotação do detector para a direita (45° e 90°), ou sentido horário, que corresponde à mudança de direção do ângulo formado entre o feixe de radiação e o

detector. O mesmo procedimento foi adotado para o sentido anti-horário.

Para a realização dos testes utilizou-se a fonte de  $^{241}\text{Am}$  (60 keV), conforme recomendado pela norma IEC 395[5]. A fonte a ser utilizada para o ensaio deve possuir energia baixa, porém não inferior a 50 keV. Na Tabela 2 pode-se observar os resultados dos testes de dependência angular dos monitores portáteis testados.

Os valores que constam na tabela são dados em porcentagem (%) da variação da leitura com relação aos valores obtidos com os equipamentos na posição de calibração (ângulo 0°). Segundo a Norma IEC 395[5,6], a indicação não deve ser menor que 50% da indicação obtida segundo a direção de calibração para um ângulo máximo de 90°, e ainda uma indicação não inferior a 80% para um ângulo máximo de 45°, com relação ao ângulo de calibração. Dos dados obtidos verifica-se que somente os detectores do tipo câmara de ionização e do tipo cintilador estão de acordo com o recomendado pela Norma IEC 395[5,6], não ocorrendo o mesmo com os detectores do tipo Geiger-Müller.

TABELA 2. Dependência Angular dos Monitores Portáteis de Radiação em Relação à Posição de Calibração (ângulo de 0°) dado em Porcentagem de Desvio da Leitura

Equip.	Desvio Percentual (%)		
	Ângulo - 45°	Ângulo + 45°	Ângulo 90°
A1	41,1	39,7	403
A2	38,5	37,2	387
A3	36,6	35,4	310
A4	32,9	34,2	360
A5	45,1	42,9	432
A6	22,0	23,3	1260
A7	30,3	31,6	245
C1	9,4	10,4	14,3
C2	9,9	8,8	12,3
C3	12,4	12,4	15,4
C4	8,2	9,2	11,3
C5	8,8	6,8	14,1
C6	8,0	8,8	14,4
T1	5,0	8,0	33,3

A Tabela 3 mostra os valores de taxa de exposição obtidos do ensaio de dependência angular.

TABELA 3. Dependência Angular dos Monitores Portáteis de Radiação em Relação à Posição de Calibração (ângulo de 0°).

Equip.	Taxa de Exposição ( $10^{-8}$ C/kg.h)		
	- 45°	+ 45°	90°
A1	22,2	39,7	403
A2	24,8	37,2	387
A3	26,8	35,4	310
A4	26,3	34,2	360
A5	18,8	42,9	432
A6	30,2	23,3	1260
A7	13,7	31,6	245
C1	22,5	10,4	14,3
C2	21,2	8,8	12,3
C3	23,7	12,4	15,4
C4	23,2	9,2	11,3
C5	11,4	6,8	14,1
C6	10,9	8,8	14,4
T1*	$370 \times 10^3$ cpm	$380 \times 10^3$ cpm	$300 \times 10^3$ cpm

\*Leituras em cpm, pois a escala de leitura do equipamento se encontra nesta unidade.

A Figura 1 mostra as direções da fonte radioativa de  $^{241}\text{Am}$  utilizadas nos testes

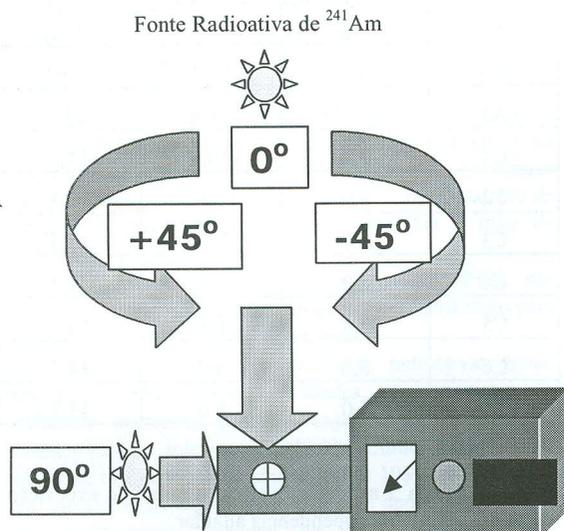


Figura 1. Esquema de posicionamento da fonte e dos monitores portáteis de radiação para os testes de dependência angular.

**Deriva de Zero Elétrico.** A posição da indicação zero do equipamento, que deve ser ajustado após 30 minutos de funcionamento em condições padrões de ensaio, não deve diferir em mais do que  $\pm 2\%$  do limite superior de qualquer faixa nominal após 4 h de funcionamento. Todos os equipamentos foram submetidos ao ensaio de deriva de zero elétrico[5].

O ensaio consistiu em se ligar os equipamentos e por 30 minutos eles permaneceram em operação, medindo a radiação de fundo. Após a fase de estabilização dos aparelhos, procedeu-se ao ajuste do ponto de indicação de zero deles, lembrando que alguns dos monitores não permitiam o ajuste (é o caso dos equipamentos que o realizam de modo automático: monitores com leitor digital). Depois do ajuste inicial, os equipamentos permaneceram ligados por mais 4 h medindo a radiação de fundo. Terminado este tempo, procedeu-se a uma nova verificação e os valores obtidos foram anotados.

Todos os equipamentos foram considerados aprovados, uma vez que não apresentaram alterações significativas. Apenas os equipamentos A1 (do tipo Geiger-Müller) e C5 (do tipo câmara de ionização não selada) apresentaram cerca de 0,1 % de variação no ajuste de zero, o que de fato também não interfere nas leituras efetuadas pelos equipamentos citados. Estes ensaios podem auxiliar na detecção de falhas operacionais ou potenciais apresentadas pelos equipamentos. Desse modo, constata-se que os equipamentos testados estão dentro das recomendações da norma NBR 10011[6].

Os equipamentos C1 a C4 possuem ajuste automático de zero elétrico; segundo o manual de instruções, após vários minutos de operação, o ponto de zero elétrico pode variar até cerca de  $0,01 \mu\text{C/kg}$ ; os equipamentos C5 e C6, não excedendo 24 h de uso contínuo, podem sofrer um desvio residual na escala de  $0,26 \mu\text{C/kg}$  devido à presença de cargas estáticas nas partes de isolamento alta; para os demais equipamentos não há informações em seus manuais relativas ao comportamento de deriva de zero elétrico.

#### IV. CONCLUSÕES

Os testes de desempenho de monitores de radiação podem ser feitos pelo fabricante, usuário ou num laboratório independente, mesmo antes da comercialização de um equipamento novo. Dos dados obtidos, verifica-se que os detectores do tipo Geiger-Müller obtiveram o pior resultado no ensaio de dependência angular. O cintilador apresentou os melhores resultados nos ensaios de dependência angular (ângulo máximo de  $45^\circ$ ). As câmaras de ionização foram bem sucedidas nos testes de dependência angular. Nos ensaios de deriva de zero elétrico todos os equipamentos atenderam ao recomendado pelas Normas IEC 395 e NBR 10011[5,6].

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- [1] Vivolo, V. **Aplicação de metodologia de testes de desempenho para monitores portáteis de radiação**. São Paulo: 2000. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares / Univ. de São Paulo.
- [2] International Atomic Energy Agency. **Calibration of radiation protection monitoring instruments**, IAEA, Vienna, 2000. Safety Reports Series n. 16.
- [3] International Organization for Standardization. **X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy. Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as function of energy and angle of incidence**. ISO, Geneva, Aug. 1997. (ISO/DIS 4037-3).
- [4] American National Standard. **Radiation protection instrumentation test and calibration portable survey instruments**. ANSI, New York, Dec. 1997 (ANSI N323 A: 1997).
- [5] International Electrotechnical Commission. **Portable X and gamma radiation exposure rate meters and monitors for use in radiological protection**. Geneva, 1972 (IEC 395).
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Medidores e monitores portáteis de taxa de exposição de raios X e gama, para uso em radioproteção**. Rio de Janeiro, 1987 (ABNT NBR 10011).

## ABSTRACT

A serie of type tests recommended by international standards was applied to several gamma radiation monitoring survey meters (Geiger-Müller type, ionization chambers and a scintillator) commonly used in Brazil. The objective was to establish a routine test methodology to be applied to new and repaired instruments. The tests included the verification of angular dependence, and the response variation with zero drift.