

TESTES DE DESEMPENHO DE UM DETECTOR PROPORCIONAL E DE UM DETECTOR À CINTILAÇÃO PARA RADIAÇÃO ALFA

SIMONE KODLULOVICH DIAS
LINDA V. EHLIN CALDAS

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SÃO PAULO

RESUMO

Foi estudado o desempenho de dois tipos distintos de monitores de contaminação: um contador proporcional e um cintilador. Foram realizadas os testes de estabilidade a curto e médio prazos, linearidade, variação da resposta com a distância fonte-detector e dependência energética em campos padrões de radiação alfa.

INTRODUÇÃO

A contaminação radioativa resulta da deposição descontrolada de materiais radioativos em qualquer meio ou superfície onde são manuseados isótopos radioativos [1]. O desenvolvimento de métodos efetivos de monitoração, bem como a escolha e o uso adequado de detectores de radiação, são de fundamental importância em qualquer programa de radioproteção.

As medidas de contaminação têm como objetivo determinar a contaminação e sua extensão e, em seguida, estimar a atividade por unidade de área, a fim de verificar se os limites estão sendo excedidos. Os instrumentos de detecção normalmente utilizados são: cintiladores, contadores proporcionais e detectores Geiger-Müller com janelas finas [1,2].

Segundo as recomendações internacionais [1] e nacionais [3] de Proteção Radiológica, todo instrumento de monitoração de radiação deve ser calibrado em laboratórios regulamentados antes de ser colocado em uso ou após algum reparo e então ser recalibrado periodicamente, geralmente a cada 12 meses. Na calibração desses detectores as fontes radioativas devem ser padronizadas [4,5] e a distância de calibração deve ser a mesma de utilização. Neste trabalho, com o objetivo de dar continuidade aos testes de desempenho de monitores de contaminação [6], foi realizado um estudo da resposta de um contador proporcional e de um cintilador em campos padrões de radiação alfa, em relação à sua estabilidade a curto e médio prazos, linearidade, variação da resposta com a distância fonte-detector e dependência energética.

MATERIAIS E MÉTODOS

O contador proporcional IEN modelo PA-01B, nº de série 006 e a sonda alfa cintiladora Nardeaux, modelo SIA 7-1, nº de série 3211 (França), foram testados e acoplados, respectivamente, ao medidor Nardeaux, modelo IPAB 7-1,

nº de série 4152 (França).

O sistema padrão de calibração é constituído por fontes padrões de radiação alfa de ^{239}Pu , ^{238}Pu , ^{244}Cm , ^{233}U e ^{241}Am , com certificado de calibração do Laboratoire de Metrologie des Rayonnements Ionisants (LMRI) e de fontes de ^{241}Am , com taxa de emissão entre 496,5 e 11.100 s^{-1} , confeccionados no Laboratório de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN. As características das fontes utilizadas estão apresentadas na Tabela 1 (LMRI).

Tabela 1
Características das fontes de radiação alfa
(LMRI)

| Fonte | Taxa de Emissão (s^{-1}) | Energia (MeV) |
|-------------------|--|------------------|
| ^{233}U | 171,8 | 4,783 |
| | | 4,824 |
| ^{237}Pu | 165,3 | 5,105 |
| | | 5,143 |
| | | 5,156 |
| ^{238}Pu | 183,5 | 5,156 |
| | | 5,499 |
| ^{241}Am | 167,2 | 5,442 |
| | | 5,486 |
| ^{244}Cm | 142,1 | 5,666 |
| | | 5,763 |
| | | 5,805 |

Antes da calibração dos instrumentos as fontes foram submetidas a um teste de atividade, utilizando-se o sistema de controle de fontes radioativas alfa e beta desenvolvido no IPEN [7].

RESULTADOS

Estabilidade a Curto e Médio Prazos. Foi utilizada uma fonte de ^{241}Am que, posicionada de forma reprodutível em relação aos detectores, possibilitou a tomada de 10 medidas consecutivas para o teste de estabilidade a curto prazo (repetibilidade). Os valores do desvio padrão percentual da média variaram entre 1,12 e 2,65%. O teste de estabilidade a médio prazo consistiu na repetição ao longo do tempo dessas medidas 10 vezes, sob condições idênticas. O desvio padrão da média do valor de referência, em porcentagem, foi de 0,28% para o caso da sonda PA013 e de 0,50% para a sonda SIA 7-1.

Linearidade da Resposta. O teste foi realizado com fontes LMN de ^{241}Am com diferentes taxas de emissão. O comportamento do contador proporcional e do detector à cintilação quanto à linearidade pode ser observado nas Figuras 1 e 2, respectivamente, onde os pontos experimentais representam a média de 10 medidas.

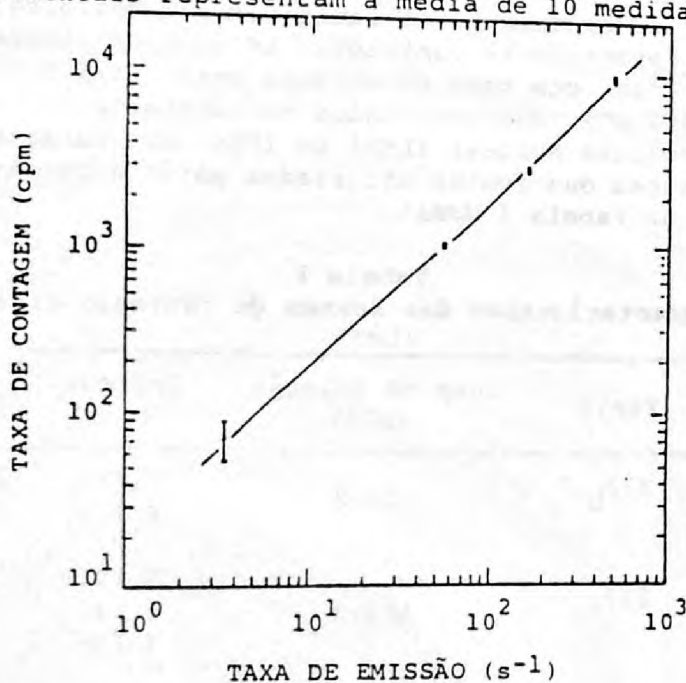


Fig. 1: Linearidade da resposta do Contador Proporcional; Fontes LMN de ^{241}Am .

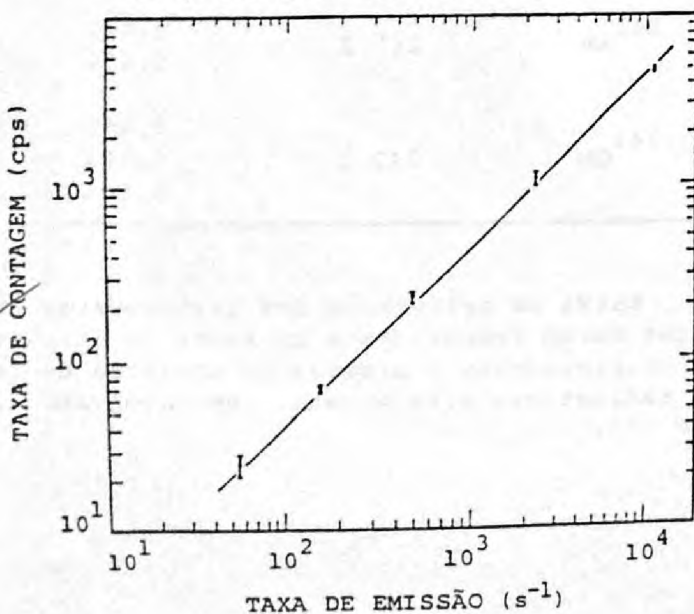


Fig. 2: Linearidade da resposta do Detector à Cintilação; Fontes LMN de ^{241}Am .

Variação da Resposta com a Distância Fonte-Detector. Devido à geometria das fontes e dos detectores, a distância mínima entre a fonte alfa LMRI de ^{241}Am ($1773 s^{-1}$) e os detectores foi distinta. No caso do contador proporcional o intervalo de medida foi de 1,35 a 11,35 mm, enquanto que para o cintilador o intervalo foi de 2,90 a 12,90 mm.

Nas Figuras 3 e 4 pode-se observar, após cerca de 10 mm, um decaimento da resposta de 22,7 e 18,6% respectivamente para o contador proporcional e o cintilador.

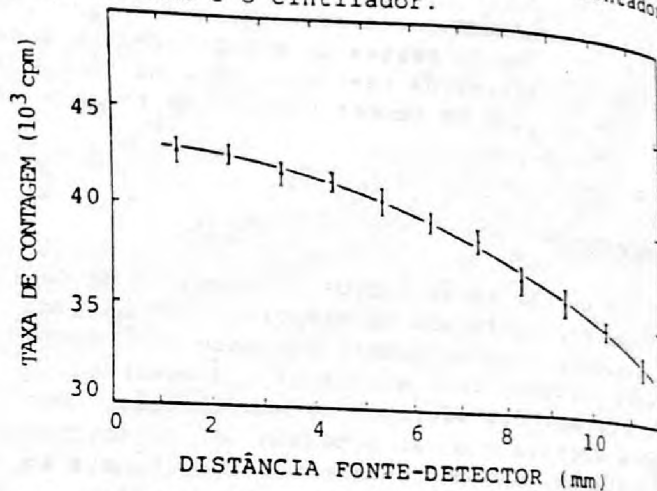


Fig. 3: Variação da resposta do Contador Proporcional com a distância entre a fonte de ^{241}Am ($1773 s^{-1}$) e a região central do detector.

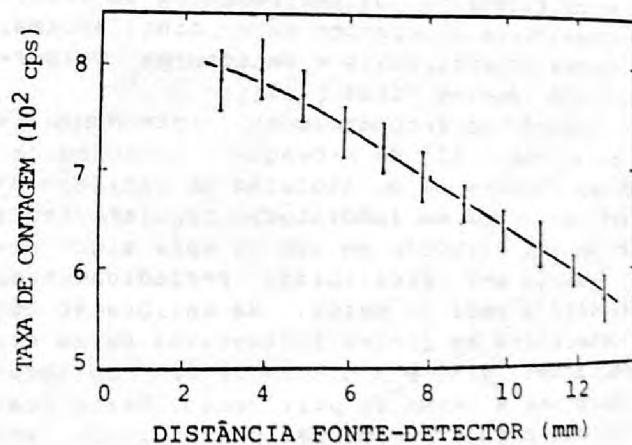


Fig. 4: Variação da resposta do Detector à Cintilação com a distância entre a fonte de ^{241}Am ($1773 s^{-1}$) e a sonda.

Dependência Energética. A resposta de cada detector foi medida em campos padrões das fontes alfa LMRI. Todos os valores representam médias de 10 medidas. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os dois detectores em termos de fatores de correção para dependência energética, normalizados para ^{241}Am .

Determinação da Eficiência. A eficiência dos monitores de contaminação à radiação alfa foi determinado, segundo a norma ISO 7503-1(4), a partir da seguinte relação:

$$E_i = (n - n_b) \times (E_{sc} \times W)^{-1} \quad (1)$$

Tabela 2
Dependência Energética dos Monitores de Contaminação para Fontes Alfa.
F: Fator de correção para dependência energética normalizado para ^{241}Am

| Fonte | Contador Proporcional | Detector à Cintilação |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| ^{233}U | $0,998 \pm 0,024$ | $1,029 \pm 0,042$ |
| ^{237}Pu | $1,032 \pm 0,029$ | $1,034 \pm 0,039$ |
| ^{238}Pu | $1,046 \pm 0,025$ | $0,986 \pm 0,031$ |
| ^{241}Am | 1 | 1 |
| ^{244}Cm | $1,049 \pm 0,036$ | $0,916 \pm 0,035$ |

onde:

- n_t : Taxa de contagem total da fonte de referência (cps)
 n_b : Taxa de contagem da radiação de fundo (cps)
 E_{sc} : Taxa de emissão superficial por unidade de área ($s^{-1} \cdot cm^{-2}$)
 W : Área sensível da janela do detector.

Para o cálculo da eficiência foram realizadas medidas, utilizando-se uma fonte extensa de ^{241}Am ($1631 s^{-1}$), para as distâncias de 0,5, 1,0 e 1,5 cm. No caso de cada detector foram tomadas 10 leituras. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3
Eficiência dos Monitores de Contaminação para Radiação Alfa da Fonte Extensa de ^{241}Am ($1631 s^{-1}$)

| Distância Fonte-Detector (cm) | Eficiência (%) | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Contador Proporcional | Detector à Cintilação |
| 0,5 | 32,0 | 36,3 |
| 1,0 | 27,0 | 30,8 |
| 1,5 | 22,9 | 23,9 |

CONCLUSÃO

Os detectores estudados apresentaram uma boa estabilidade a curto e médio prazos, obtendo-se desvios padrões da média percentuais máximos de 2,7%, no caso de fontes com taxas de emissão baixas. A linearidade da resposta foi verificada entre 70 e 4×10^4 cpm para o contador proporcional e entre 20 e 5×10^3 cps para o cintilador.

O estudo da variação da resposta com a distância fonte-detector foi realizado com o objetivo de se verificar a perda da eficiência

à medida que o detector se afasta da fonte. Entre 0,5 e 1,5 cm, o valor da eficiência diminui aproximadamente de 30% tanto para o contador proporcional como para o cintilador. Verifica-se também que o cintilador e o contador proporcional apresentam, dentro de uma flutuação estatística, a mesma eficiência para radiação alfa.

No estudo de dependência energética observou-se que o contador proporcional apresenta a menor dependência energética para radiação alfa (5,1%).

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Sr. Marcós Xavier pela assistência técnica e à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro (Simone K.Dias, Bolsa de Mestrado).

REFERÊNCIAS

- [1] "Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces", Technical Report Series No. 120, Vienna, Austria, 1970.
- [2] Oberhofer, M. "Radiation Protection Instrumentation for Area Monitoring", CEC EUR 8616, ISPRA, Italy, 1983.
- [3] Comissão Nacional de Energia Nuclear. "Diretrizes Básicas de Radioproteção". Rio de Janeiro (CNEN NE-3.01), 1988.
- [4] International Standard Organization. "Evaluation of Surface Contamination. Part 1: Beta-Emitters (Maximum Beta Energy greater than 0,15 MeV) and Alpha-Emitters". ISO Standard 7503-1 (E), 1988.
- [5] International Standard Organization. "Reference Sources for the Calibration of Surface Contamination Monitors: Beta-Emitters (Maximum Beta Energy greater than 0,15 MeV) and Alpha-Emitters". ISO Standard 8769 (E), 1988.
- [6] Dias, S.K. e Caldas, L.V.E. "Desempenho de Detectores de Contaminação em Campos Padrões de Radiação Alfa", Anais do 1º Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, Recife, maio 1991, p. 315-325, 1991.
- [7] Dias, S.K. e Caldas, L.V.E. "Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Fontes Radioativas Alfa e Beta", Rev. Bras. Eng. 7 (1) 414-422, 1990.

SUMMARY

Two different surface contamination detectors, a proportional counter and a scintillator, were studied in alpha radiation beams. The tests of short and medium term stabilities, response linearity, response variation with the source-detector distance and energy dependence were realized.