

## **Avaliação de Desempenho de Identificadores Radiológicos de Brometo de Lantânio e Iodeto de Sódio para medições em Ambientes Abertos**

### **Performance Evaluation of Lanthanum Bromide and Sodium Iodide Radiological Identifiers for Measurements in Open Environments**

**Luciano Santa Rita Oliveira<sup>(1)</sup>, Aneuri de Amorim<sup>(1)</sup>, Mario Cesar V. Balthar<sup>(1)</sup>, Avelino dos Santos<sup>(1)</sup>, Paulo Ricardo T. De Vilela<sup>(1)</sup>, Thiago de Medeiros Silveira Silva<sup>(1)</sup>, Fábio Gomes Vieira<sup>(1)</sup>, Domingos D'Oliveira Cardoso<sup>2</sup>, Ana Carolina dos Anjos da Cruz Izidório<sup>2</sup> e Mayara Nascimento Arbach<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN) do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), <sup>2</sup> Instituto Militar de Engenharia (IME), Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD)

E-mail: lucianosantarita@gmail.com

**Resumo:** A identificação de radionuclídeos em ambientes abertos utilizando identificadores radiológicos portáteis (IRP) com cintiladores é fundamental para a atuação das equipes operacionais do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN) do Exército Brasileiro. A resposta dos IRP utilizados nestas medições é de grande importância nas ações em campo da equipe operacional visando redução de exposição e também para a população. A finalidade desse trabalho é analisar a confiabilidade da resposta dos IRP de brometo de lantânio e iodeto de sódio pela medição de padrões radioativos de Eu-152, Cs-137 e Co-60.

**Palavras-chave:** Resolução, Eficiência, cintilador, LaBr<sub>3</sub>(Ce) e NaI(Tl).

**Abstract:** The identification of radionuclides in open environments using portable radiological identifiers (IRP) with scintillators is fundamental for the performance of the operational teams of the Brazilian Army Institute of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defense (IDQBRN). The response of the IRPs used in these measurements is of great importance in the field actions of the operational team aiming at reducing exposure and also for the population. The purpose of this work is to analyze the reliability of the IRP response of lanthanum bromide and sodium iodide by the measurement of the I-152, Cs-137 and Co-60 radioactive standards..

**Keywords:** Resolution, Efficiency, Scintillator, LaBr<sub>3</sub>(Ce) e NaI(Tl).

## 1. INTRODUÇÃO

A identificação de radionuclídeos nas medições em ambientes abertos utilizando a técnica de espectrometria gama com cintiladores [1] é fundamental para a atuação das equipes operacionais do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN) do Exército Brasileiro, tornando-se necessário o conhecimento da confiabilidade das medições destes identificadores radiológicos portáteis (IRP), modelo *SPIR ID*, para a identificação dos radionuclídeos de interesse em relação aos que estão presentes naturalmente no meio ambiente, bem como na definição dos fotopicos presentes nos espectros de energia gama mensurados.

A técnica de espectrometria de energia permite a identificação de radionuclídeos pela discriminação das energias dos fótons emitidos em função da resolução, para a formação dos fotopicos. Esta mesma metodologia também possibilita a quantificação dos radionuclídeos presentes em amostras de material sem a necessidade de preparo radioquímico prévio [2], uma vez conhecida sua resposta em eficiência para uma determinada geometria de medição.

## 2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados dois IRP sendo um com cristal cintilador de brometo de lantânio -  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  com dimensões de 1,5" x 1,5" e outro com cristal cintilador de iodeto de sódio -  $\text{NaI}(\text{Tl})$  com dimensões de 3,0" x 1,5". Sendo também utilizados padrões radioativos sólidos de  $\text{Eu-152}$ ,  $\text{Cs-137}$  e  $\text{Co-60}$  com atividades de 45,223 kBq, 37,499 kBq e 43,732 kBq, respectivamente, com energias dentro da faixa de trabalho dos IRP de até 3 MeV, fornecidos pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - LNMRI-IRD da CNEN.

A geometria de medição utilizada possibilitou o posicionamento do padrão radioativo sólido, a 10

cm, alinhado ao centro do volume sensível dos instrumentos.

A avaliação de desempenho dos instrumentos será apresentada em quatro fases listadas a seguir.

### 2.1. Curva de resolução dos IRP

Para a realização da análise quantitativa da resposta em resolução (R) dos IRP foi necessário obter a avaliação da curva de resposta em energia, para a demarcação das áreas dos fotopicos de interesse (ROI) nos espectros de energias gama dos padrões radioativos obtidos nas medições. Com as ROI das energias de interesse foi possível estabelecer um ajuste de potência para a curva de resposta em resolução pela equação (1).

$$R = A.x^B + C \quad (1)$$

### 2.2. Curva de eficiência dos IRP

A determinação da resposta em eficiência ( $\epsilon$ ) dos IRP foi realizada estabelecendo uma curva de eficiência baseada nas energias dos padrões radioativos com estatística de contagem suficiente para definir uma ROI e os respectivos valores de eficiência calculados pela equação (2).

$$\epsilon = \frac{S}{A.T.i.k} \quad (2)$$

Onde, S: Área líquida do fotopico; A: atividade do radionuclídeo; T: tempo de medição; i: percentual de emissão da energia gama; k: fator de decaimento do padrão radioativo utilizado.

A equação (3), com ajuste polinomial, foi utilizada para avaliação da resposta de eficiência dos IRP.

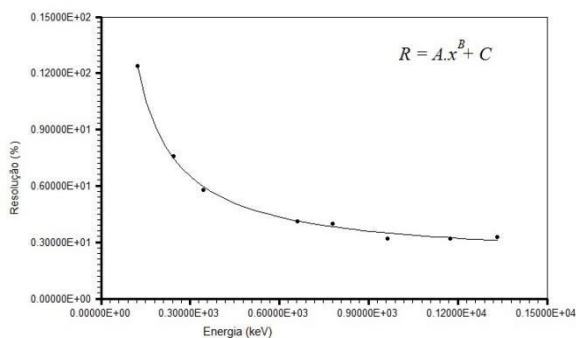
$$\epsilon = E + D.\ln(x) + C.(\ln(x))^2 + B.(\ln(x))^3 + A.(\ln(x))^4 \quad (3)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

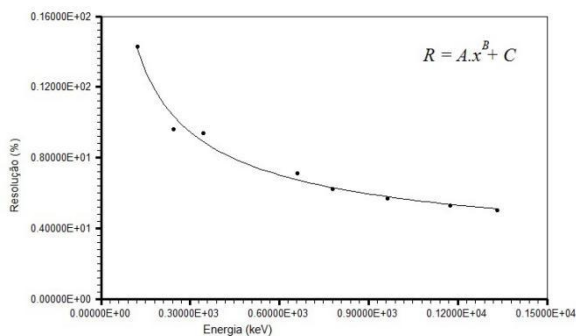
A determinação das curvas de resolução e de eficiência dos IRP foi realizada pela medição das seguintes energias (keV), dos padrões radioativos utilizados - Eu-152: 121,7817, 244,6974, 344,2785, 778,9045 e 964,057; Cs-137: 661,657; Co-60: 1173,228 e 1332,492.

#### 3.1. Avaliação da Curva de Resolução do IRP

Os coeficientes para ajustes de potência utilizados nas curvas de resolução dos IRP foram obtidos através do software LABFIT [3] e os valores foram: LaBr<sub>3</sub>(Ce) - A = 9,043x10<sup>2</sup>, B = -9,285x10<sup>-1</sup> e C = 1,960x10<sup>0</sup> (figura 1); NaI(Tl) - A = 1,443x10<sup>2</sup>, B = -5,019x10<sup>-1</sup> e C = 1,194x10<sup>0</sup> (figura 2).



**Figura 1.** Curva de Resolução do IRP de LaBr<sub>3</sub>(Ce)



**Figura 2.** Curva de Resolução do IRP de NaI(Tl)

Na tabela 1 são apresentados os valores de resolução referente as medições realizadas pelo

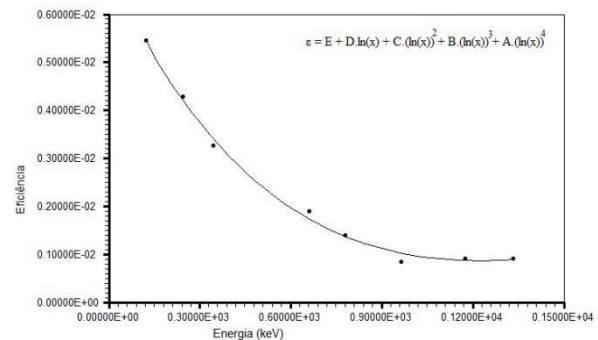
IRP de brometo de lantânio e iodeto de sódio, obtidos pelo ajuste da curva de resolução por meio da equação 1. Os valores possuem um erro percentual [4] inferior a 10% em relação aos valores fornecidos pelo software do IRP.

**Tabela 1.** Resolução dos IRP

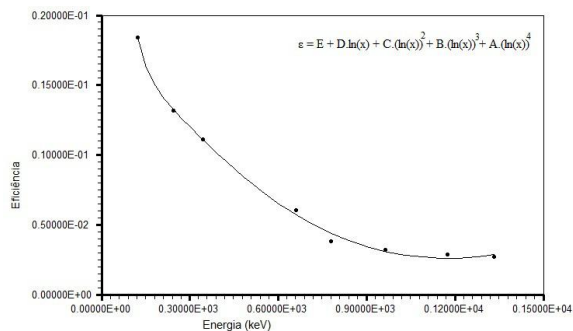
Energia (keV)	Resolução	
	LaBr <sub>3</sub> (%)	NaI (%)
121,7817	12,4	14,1
244,6974	7,4	10,3
344,2785	5,9	8,9
661,657	4,1	6,7
778,9045	3,8	6,3
964,057	3,5	5,8
1173,228	3,2	5,3
1332,492	3,1	5,1

#### 3.2. Avaliação da Eficiência do IRP

Os coeficientes para os ajustes polinomiais utilizados nas curvas de eficiência dos IRP foram obtidos através do software LABFIT e os valores encontrados foram: LaBr<sub>3</sub>(Ce) - A = 2,444x10<sup>-4</sup>, B = -5,385x10<sup>-3</sup>, C = 4,391x10<sup>-2</sup>, D = -1,592x10<sup>-1</sup> e E = 2,234x10<sup>-1</sup> (figura 3); NaI(Tl) - A = 1,972x10<sup>-3</sup>, B = -4,640x10<sup>-2</sup>, C = 4,070x10<sup>-1</sup>, D = -1,584x10<sup>0</sup> e E = 2,330x10<sup>0</sup> (figura 4).



**Figura 3.** Curva de Eficiência do IRP de LaBr<sub>3</sub>(Ce)



**Figura 4.** Curva de Eficiência do IRP de NaI(Tl)

A tabela 3 apresenta os valores de eficiência referente as medições realizadas pelo IRP de LaBr<sub>3</sub>(Ce) e NaI(Tl) obtidos pelo ajuste da curva de eficiência por meio da equação 3.

**Tabela 3.** Eficiência dos IRP

Energia (keV)	Eficiência	
	LaBr <sub>3</sub>	NaI
121,7817	5,47x10 <sup>-3</sup>	1,84x10 <sup>-2</sup>
244,6974	4,20x10 <sup>-3</sup>	1,32x10 <sup>-2</sup>
344,2785	3,40x10 <sup>-3</sup>	1,11x10 <sup>-2</sup>
661,657	1,73x10 <sup>-3</sup>	5,70x10 <sup>-3</sup>
778,9045	1,37x10 <sup>-3</sup>	3,84x10 <sup>-3</sup>
964,057	1,02x10 <sup>-3</sup>	3,20x10 <sup>-3</sup>
1173,228	8,72x10 <sup>-4</sup>	2,87x10 <sup>-3</sup>
1332,492	8,93x10 <sup>-4</sup>	2,68x10 <sup>-3</sup>

As curvas de eficiência obtidas para os IRP de LaBr<sub>3</sub>(Ce) e NaI(Tl) possibilitaram a determinação das atividades dos padrões radioativos utilizados com uma variação percentual máxima do erro de medição inferior a 11% em relação ao valor contido no certificado de calibração das mesmas.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela análise quantitativa de resolução e eficiência realizada nos IRP, tanto

com cintilador de brometo de lantânio quanto com o cintilador de iodeto de sódio aferidos, alcançaram erros percentuais inferiores a 10% para resolução e de 11% para eficiência. Tais metodologias embasam positivamente os procedimentos utilizados pelas equipes operacionais do IDQBRN nas ações em ambientes abertos de medição em amostras, visando identificar e quantificar radionuclídeos presentes na mesma, minimizando a ocorrência de falsos positivos e a redução de exposição as radiações ionizantes tanto para os Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) que compõem as equipes como para a população.

Com estes resultados outras fases de desenvolvimento deste trabalho, com novas medições, serão realizadas objetivando alcançar a quantificação de radionuclídeos em amostras, por estes IRP, nas ações em ambientes.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Montanheiro, M N S; V F; Nascimento Filho e Pinto F A – Introdução à espectrometria gama. Boletim Didático no 021, 1977, 37 p., CENA, Piracicaba, SP
- [2] Rodrigues, J L; Kastner, G F; Ferreira, A V - Determinação de curvas de eficiência para detector HPGe em diferentes geometrias de contagem. International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2011 Belo Horizonte, MG, Brazil, October 24-28, 2011
- [3] Silva, W P et al. LAB FIT Ajuste de curvas: Um software em português para tratamento de dados experimentais. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 4, p.419-27 (2004)
- [4] Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012. 94 p.