



Dependência direcional do identificador ORTEC – modelo MICRO DETECTIVE

Mayara. N. Arbach^a; Rudnei. M. Karam^a; Domingos. D. O. Cardoso^a; Viviane. C. Sant'anna^a; Sérgio. O. Vellozo^a; Renato. G. Gomes^a; Aneuri. S. De Amorim^b

^a Departamento de Pós-Graduação/ SE/7, Instituto Militar de Engenharia, 22291-270, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^b Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear, Centro Tecnológico do Exército, 23020-470, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

mayaraarbach@gmail.com

ABSTRACT

The directional response of identifier Micro Detective ORTEC, N-type with 15% of detection efficiency was characterized by using references sources of Cesium (^{137}Cs) with activity of 37,4 kBq and Cobalt (^{60}Co) with an activity of 41 kBq, manufactured on 04/17/2007. The measurements were performed in four different distances (0,5 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m) and for the angles (0° , 45° , 60° e 90°), being the measure found in angle 0° adopted as reference value; this same procedure was adopted for other distances evaluated in this work. The results showed a significant variation of the relative efficiency of the detector, for the different angles and source-detector distances. Due to the limiting conditions presented in this study, the importance and influence of background radiation in the results was evidenced. In field situations this occurrence would be treated as being false positive.

Keywords: Micro Detective; Directional Dependence; Angular Dependence.

1. INTRODUÇÃO

A segurança nuclear e radiológica não é uma preocupação recente. Tudo começou com a consciência de que o material nuclear, estando em mãos erradas, poderia ser utilizado, por exemplo, na fabricação de explosivos nucleares, o que levou a adoção de uma série de medidas de controle desse material e sua proteção física. Uma ameaça nuclear e radiológica (NR) caracteriza-se essencialmente pela imprevisibilidade e por potenciais efeitos devastadores e, além do seu efeito adverso para o homem e para o meio ambiente, repercutiria também por seu impacto psicológico e econômico na sociedade [1].

Outra forma de ameaça terrorista, de característica radiológica, é a possível utilização de dispositivos de dispersão de material radioativo (*Radiological Dispersal Device – RDD*) como, por exemplo, as denominadas bombas sujas que consistem na deflagração de um engenho explosivo convencional no qual seriam associados fontes ou materiais radioativos cujos fragmentos se dispersam sob a forma de aerossóis que podem contaminar radiologicamente áreas consideráveis. Em virtude dessa ameaça, faz-se necessária a adoção de procedimentos e protocolos de ação de resposta rápida perante essa situação. As equipes de intervenção e avaliação radiológica que forem atuar na deflagração do incidente devem ser: altamente treinadas na execução desses procedimentos/protocolos e na detecção e quantificação das doses, identificação de radionuclídeos e na mitigação das consequências [2].

Ciente dessa situação e com o objetivo de garantir a segurança nacional, o Governo Brasileiro, através da portaria nº 1787/MD [3], criou o Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN). Este tem a finalidade de coordenar medidas conjuntas das Forças Armadas que visem aumentar a capacidade de resposta do sistema de defesa do Brasil a ameaças ou desastres que envolvam agentes químicos, biológicos, radiológicos e nucleares.

O conhecimento prévio da variação de resposta de um detector em função do ângulo de incidência da radiação e da energia incidente, denominadas de dependência direcional ou angular e dependência energética respectivamente, contribuirá, significativamente, no treinamento e na execução de

medidas de controle das equipes de intervenção [1].

2. OBJETIVO

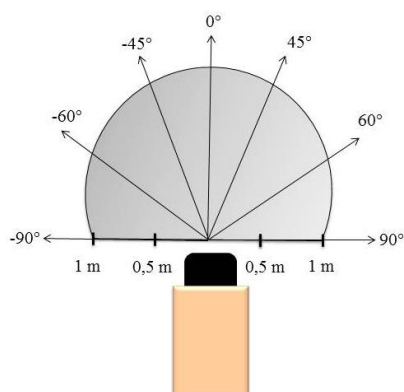
O presente trabalho apresenta a caracterização do identificador radiológico e nuclear Micro Detetive ORTEC - HPGe, no tocante às respostas de dependência direcional e energética, além de algumas características de resposta do mesmo.

3. MATERIAS E MÉTODOS

Montou-se o arranjo experimental, apresentado na figura 1, no Laboratório de Detecção e Instrumentação Nuclear (LDIN) nas dependências da Seção de Engenharia Nuclear (SE/7) no IME. Esta análise não se preocupou com o espalhamento no aparato utilizado, pois se baseou na interação de fótons com a matéria devido ao efeito fotoelétrico.

O Detector Micro Detetive foi irradiado em diferentes angulações (0° , 45° , 60° e 90°) e distâncias (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m), com a finalidade de avaliar a dependência direcional e energética do instrumento.

Figura 1: Esquema do arranjo experimental montado, com as marcações dos ângulos e distâncias.



Iniciou-se o experimento utilizando uma fonte de céscio (^{137}Cs) com atividade de 37,4 kBq, cuja data de fabricação é 17/04/2007. Por se tratar de uma instituição de ensino, o trabalho foi realizado com fontes de baixa atividade e, portanto, devido às condições experimentais, as medidas realizadas estavam próximas ao limiar de detecção do equipamento em função da influência da radiação de fundo. A primeira medida realizada foi o levantamento da radiação de fundo (*background*- BG) da sala.

A seguir posicionou-se a fonte de céscio a 0,5 m no ângulo 0° Graus (tomado como ponto de referência) e executaram-se as seguintes tarefas:

1. Determinou-se o tempo necessário para o detector identificar a fonte posicionada na localização acima citada, vide tabela 1 (Coluna 3 – Tempo de Identificação);
2. Repetiu-se o procedimento acima, para os ângulos e distâncias propostas. O valor obtido para cada ângulo e para cada distancia estão apontados nessa coluna na tabela 1.

Para determinação da dependência direcional, a fonte ^{137}Cs foi reposicionada no ponto de referência. Ajustou-se o equipamento no modo espectrometria e as demais tarefas operacionais foram mantidas. Na sequência, o detector foi interligado no computador do laboratório e, com o auxílio dos *softwares* MAESTRO versão 7.0 e Gama Vision versão 8.0 utilizado para espectrometria gama, foi realizada a qualificação e a quantificação de núclídeos gama emissores. Adotou-se a resolução do sistema como 0,225% considerando a energia do pico de 3,0 KeV, sendo a recomendada pelo fabricante, realizou-se, então, a obtenção dos dados de análise com as seguintes características de aquisição:

1. Estabeleceu-se o tempo de medidas como sendo o tempo vivo de 300 s (baseou-se na observação do tempo médio gasto por um espectador quando de seu ingresso em um estádio ou arena esportiva para assistir a um evento. Esse tempo médio foi observado durante a realização dos seguintes eventos: Copa das Confederações, Copa do Mundo e nos Jogos Olímpicos Militares);
2. Obteve-se o espectro no tempo estabelecido;

3. Marcou-se o centro do fopico (denominado centroide) e, com a resolução estabelecida, demarcou-se uma área de contagem integrada que se iniciava cinco canais antes e terminava com o mesmo número de canais mantido o fopico no centro sendo que, para fins deste trabalho, esta área foi denominada como Área Útil (Área NET).

Os demais pontos foram obtidos seguindo o procedimento descrito a seguir:

1. Mantendo-se as mesmas condições experimentais e operacionais do Micro Detetive utilizadas no ponto de referência, irradiou-se o equipamento nas diferentes angulações (0° , 45° , 60° e 90°) e distâncias (0,5 m, 1,0 m, 1,5 m e 2,0 m);
2. Nos pontos acima citados e mantendo-se o centroide e a Área útil estabelecida no ponto referência, os valores obtidos nas diferentes angulações e distâncias são apresentados na tabela 1 (Coluna 4 - Área NET);
3. Na coluna 5 (Dependência Angular), o valor expresso representa a relação entre a medida da área na posição relacionada e o valor obtido da Área Útil do ponto de referência.

Para continuação da caracterização do equipamento, determinou-se o tempo de resposta e a dependência angular e direcional, para uma fonte de cobalto (^{60}Co) com atividade de 41 kBq, cuja data de fabricação é 17/04/2007, possui duas energias gama características 1173,228 keV e 1332,492 keV.

Para a realização desta etapa do trabalho, seguindo a mesma metodologia adotada para a fonte ^{137}Cs , adotou-se como referência a medida de BG realizada na etapa anterior.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados obtidos com as fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co , respectivamente.

Tabela 1: Resultados de dependência direcional obtidos com o Detector Micro Detetive, no *setup* ilustrado na figura 1, utilizando a fonte de ^{137}Cs .

Fonte de Césio (^{137}Cs)				
Angulação	Distância (m)	Tempo de Identificação (s)	Área NET (661,657 keV)	Dependência Angular
-90°	0,5	23	112±15	0,297
	1,0	116	21±7	0,785
-60°	0,5	288	24±5	0,404
	1,0	868	12±3	0,892
-45°	0,5	12	103±14	0,289
	1,0	86	25±7	1,392
0°	0,5	26	252±20	1,000
	1,0	90	28±8	1,000
45°	0,5	367	12±5	0,404
	1,0	1133	1±3	0,321
60°	0,5	15	102±14	0,444
	1,0	178	9±6	0,750
90°	0,5	539	9±4	0,408
	1,0	837	11±4	0,892

Tabela 2: Resultados da dependência direcional obtidos com o Detector Micro Detetive, no *setup* ilustrado na figura 1, utilizando a fonte de ^{60}Co .

Fonte de Cobalto (^{60}Co)						
Angulação	Distância (m)	Tempo de Identificação (s)	Área NET (1 ^a E)	Área NET (2 ^a E)	Dependência Angular (1 ^a E)	Dependência Angular (2 ^a E)
-90°	0,5	36	141±17	33±12	0,702	1,636
	1,0	271	144±16	56±12	0,763	0,857
-60°	0,5	75	94±19	43±16	1,053	1,255
	1,0	368	92±19	45±16	1,195	1,066
-45°	0,5	84	144±20	61±16	0,868	0,855
	1,0	409	111±20	57±11	0,990	0,842
0°	0,5	40	99±21	54±12	1,000	1,000
	1,0	211	110±21	48±16	1,000	1,000
45°	0,5	50	119±16	39±11	0,831	1,384
	1,0	182	107±16	61±11	1,028	0,786
60°	0,5	34	135±18	57±11	0,733	0,947
	1,0	282	123±17	83±12	0,894	0,578
90°	0,5	47	148±17	36±10	0,668	1,5
	1,0	309	110±16	51±12	1,000	0,941

A resolução do equipamento não se encontrava no manual do fabricante, após consulta ao representante da ORTEC no Brasil, foi informado que esta é menor que 3,0 keV para a de energia de 1,33 MeV. O representante informou ainda que, por trata-se de um identificador, a resolução do equipamento é maior do que a dos demais sistemas similares da ORTEC. O tempo de amostragem adotado foi de 300 s, para todas as distâncias e ângulos de irradiação avaliados. Da análise dos resultados apresentados nas tabelas 1 e 2, plotou-se os gráficos polares mostrando a variação da eficiência relativa do detector Micro Detetive para as diferentes angulações e distâncias fonte-detector. Na figura 2, é apresentado a dependência direcional obtida com a fonte de ^{137}Cs . Nas figuras 3 e 4, são apresentados a dependência direcional obtida com a fonte de ^{60}Co para as energias 1173,228 keV e 1332,492 keV, respectivamente.

Figura 2: Dependência Direcional utilizando a fonte de ^{137}Cs obtida com o Detector Micro Detetive, no setup ilustrado na figura 1.

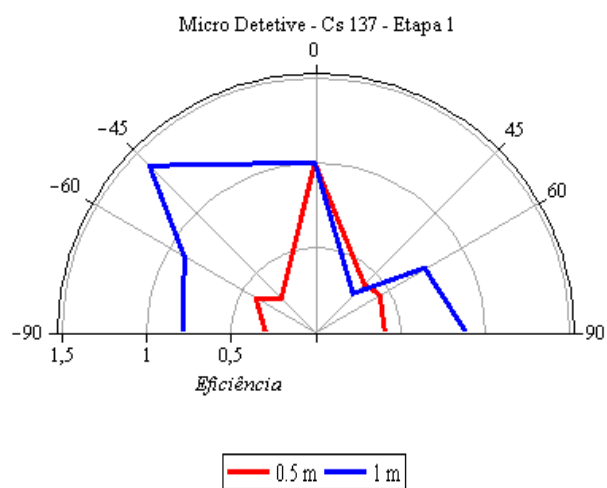


Figura 3: Dependência Direcional utilizando a fonte de ^{60}Co (1332,492 keV) obtida com o Detector Micro Detetive, no setup ilustrado na figura 1.

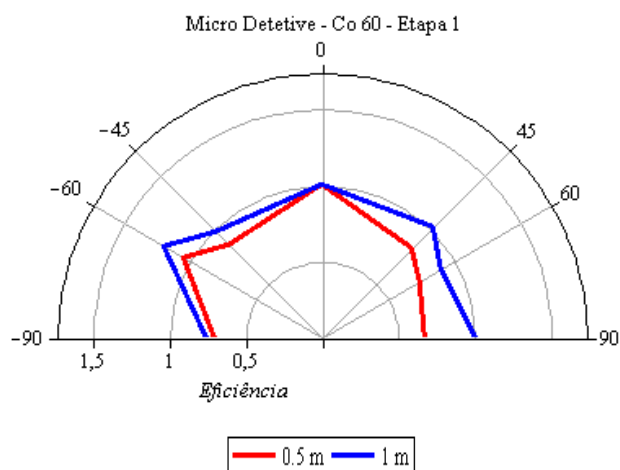
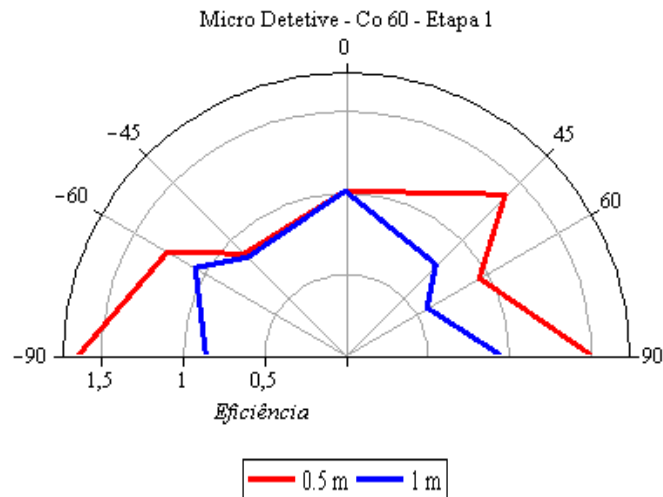
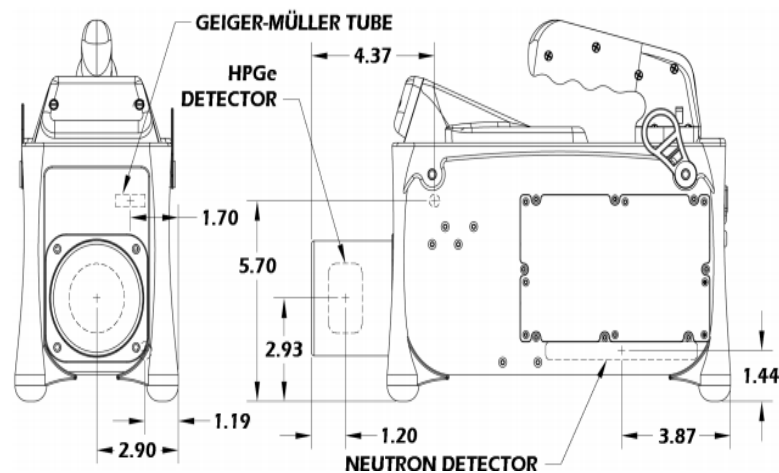


Figura 4: Dependência Direcional utilizando a fonte de ^{60}Co (1173,228 keV) obtida com o Detector Micro Detetive, no setup ilustrado na figura 1.



Em função do *layout* de construção do equipamento, envolvendo um detector Geiger, Germânio HPGe e Nêutrons, conforme figura 5, era esperado obter-se uma variação de resposta à radiação ionizante em função do ângulo de incidência e da distância.

Figura 5: Localização dos detectores Germânio HPGe, Geiger Muller e Nêutrons no Micro Detetive (todas as medidas em polegadas) [1].



Fonte: (AMT, 2012)

Para fins deste trabalho e para melhor conhecimento da resposta do equipamento, fez-se a seguinte análise: inicialmente, tanto para a fonte de ^{137}Cs , quanto para a fonte de ^{60}Co , adotou-se como valor de referência as contagens obtidas na distância de 0,5 m no ângulo de incidência 0° . Em seguida, considerando o inverso do quadrado da distância, esse valor foi corrigido matematicamente para a distância de 1,0 m, sendo o resultado desta correção denominado valor esperado. Em seguida, fez-se a razão entre a contagem obtida experimentalmente a 1,0 m de distância, no ângulo de incidência 0° pelo valor esperado, sendo o resultado dessa razão denominado eficiência relativa. Encontraram-se os seguintes resultados: para a fonte de ^{137}Cs a eficiência relativa foi de 44%; para a fonte de ^{60}Co na energia de 1173,228 keV a eficiência relativa foi de 444%, enquanto para a energia 1332,492 keV foi de 355% (tabela 3). Evidenciando assim, mais uma vez, a influência da radiação de fundo nos resultados apresentados;

Tabela 3: Eficiência de detecção a 0,5 m e a 1,0 m de distância da fonte.

Fonte	Eficiência de Detecção a 0,5 m	Eficiência de Detecção a 1,0 m
^{137}Cs (661,657 keV)	0,8%	0,00935%
^{60}Co (1173,228 keV)	0,8%	0,9%
^{60}Co (1332,492 keV)	0,4%	0,4%

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados nas figuras 2, 3 e 4, conclui-se que:

- O conhecimento da dependência angular deve ser repassado para a equipe de resposta do sistema de defesa radiológica do Brasil, no treinamento, de forma a aperfeiçoar o uso dos equipamentos empregados nesta tarefa;
- O estudo proposto foi realizado com as condições limitantes acima apresentadas, evidenciou-se a importância e a influência da radiação de fundo nos resultados aqui apresentados. Em situações de campo essa ocorrência seria tratada como sendo de falso positivo. Lembrando o contexto as atividades referentes ao assessoramento técnico científico, no âmbito do Exército Brasileiro, são responsabilidade do Instituto Militar de Engenharia (IME) e do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), essa característica de resposta será repassada para as equipes de atuação em campo;
- Quanto à dependência energética, ao se realizar medidas com as fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co foram realizadas, devido à disponibilidade destas fontes no laboratório de ensino, e, dessa forma, as medidas de caracterização de dependência energética do equipamento não foram realizadas.
- Para melhor caracterização da resposta deste equipamento, medidas complementares serão realizadas no Laboratório de Espectrometria no CTEx, quando fontes com taxa de dose de 1 mSv/h serão utilizadas.

6. AGRADECIMENTOS

À ECKERT & ZIEGLER (Alexandre Szpigel) pelo empréstimo do detector Micro Detective. Ao Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN - Cel. Paulo) pelo apoio técnico e científico. À Seção de Engenharia Nuclear (IME – Cel. Walter) pelo uso do Laboratório de Detecção e Instrumentação Nuclear.

REFERÊNCIAS

1. MARQUES, Luís Miguel Cabeça. **Estudo comparativo de detectores de HPGe, NaI(Tl), CdZn-Tl e para aplicações em segurança e para resposta a ameaças nucleares e radiológicas**. 2011. 171f. Tese (Mestrado em Engenharia Física) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa. 2011.
2. AMT, Ametek Advanced Measurement Technology. **Manual Micro Detective**. ORTEC. USA, 2012.
3. BRASIL, Portaria n.º 1787/MD, de 03 de julho de 2012. **Criação da Subcomissão do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN)**. Diário Oficial da União, 13 julho Seção II. 2012.