



Estudo de Viabilidade para Produção de uma Fonte Radioativa de Br-82 para Medida de Velocidade Superficial em Sistemas Monofásicos

L. A. A. G. Silva¹, C. R. A. Carvalho, C.
M. Barbosa,
C. M. Salgado, Cesar Raitz²

¹*lucasalecsander10@poli.ufrj.br, Departamento de Engenharia Nuclear, Escola Politécnica, UFRJ*

²*cesar.raitz-junior@bolsista.ien.gov.br, SEINS, Instituto de Engenharia Nuclear, CNEN, Rio de Janeiro, 21941-906*

1. Introdução

Todos os materiais capazes de emitir radiação ionizante são fontes radioativas. Radiação ionizante tem a capacidade de interagir com a matéria, arrancando elétrons de seus átomos e modificando suas moléculas [1]. Esses materiais são gerados através de ativação neutrônica, ativadas pelo bombardeamento com nêutrons ou fótons de alta energia em núcleos de isótopos [2]. O encapsulamento da fonte radioativa evita a contaminação ou perda da substância radioativa num sistema de fluxo monofásico [3]. Isto permite o uso da técnica de Rastreamento de Partícula Radioativa (RPR) de forma segura [4]. Neste trabalho, foi realizado um estudo do sal NaBr e da atividade e densidade de partículas radioativas com diferentes geometrias e materiais de encapsulamento. Um sistema de detecção contendo partícula radioativa (sal + cápsula) e detector de NaI foi simulada com o programa MCNPX.

2. Metodologia

Inicialmente foi feita uma Análise por Fluorescência de Raios-X para avaliação da pureza de uma amostra de sal NaBr P.A. da marca Vetec que apresentava, em seu rótulo, uma pureza de 99,5%.

Em seguida, calculamos as densidades de partículas radioativas com diferentes geometrias. A densidade da partícula deve ser a mesma que a do fluido investigado com a técnica de RPR. Para calcular a densidade total do material foi necessário especificar a geometria do encapsulamento e da fonte, combinando as fórmulas de densidade dos dois materiais, uma vez que suas massas são desconhecidas. E diante disso, chegamos à fórmula final para densidade total dos materiais que não depende diretamente do valor de suas respectivas massas como na Eq. 1.

$$\rho_T = \rho_1 + (\rho_2 - \rho_1) \frac{V_2}{V_T}, \quad (1)$$

onde ρ_1 corresponde à densidade do material do encapsulamento, ρ_2 corresponde à densidade do NaBr, V_2 é o volume do NaBr e V_T é referente ao volume total do material do encapsulamento e do NaBr.

As geometrias escolhidas foram: uma esfera com raio de 2 cm e um cubo com lado de 2 cm. Os materiais para encapsulamento são o PLA e Resina Epóxi, com densidades de 1,43 e 1,25 g/cm³, respectivamente. Estes materiais foram escolhidos pela facilidade de fabricação das partículas [5]. O núcleo das partículas deve ser uma esfera sal NaBr, com densidade 3,30 g/cm³, e raios de 1 e 5 mm.

A próxima etapa do trabalho foi simular um sistema de detecção simples, contendo uma partícula radioativa na origem, com um detector cilíndrico de NaI (TI) de 2" × 2", localizado a 8 cm da fonte.

Consideramos que a partícula foi previamente ativada no reator nuclear e que, pela absorção de nêutrons lentos, ocorreu a reação: $\text{NaBr} (n, \gamma) \rightarrow {}^{24}\text{Na} + {}^{82}\text{Br}$

Nas simulações, consideramos apenas as principais emissões γ do ⁸²Br, que são 554 keV com probabilidade 70,6% e 776 keV com probabilidade 83,4%, com emissão isotrópica dentro da esfera de sal. Para fazer as simulações, usamos o programa MCNPX que utiliza o método de Monte Carlo para simular o transporte e interação da radiação com a matéria. Foram realizadas dez simulações, uma para cada tipo de partícula e duas apenas com a esfera de sal. Calculamos a intensidade pela soma das contagens dos dois picos do espectro, como se pode observar na Figura 1.

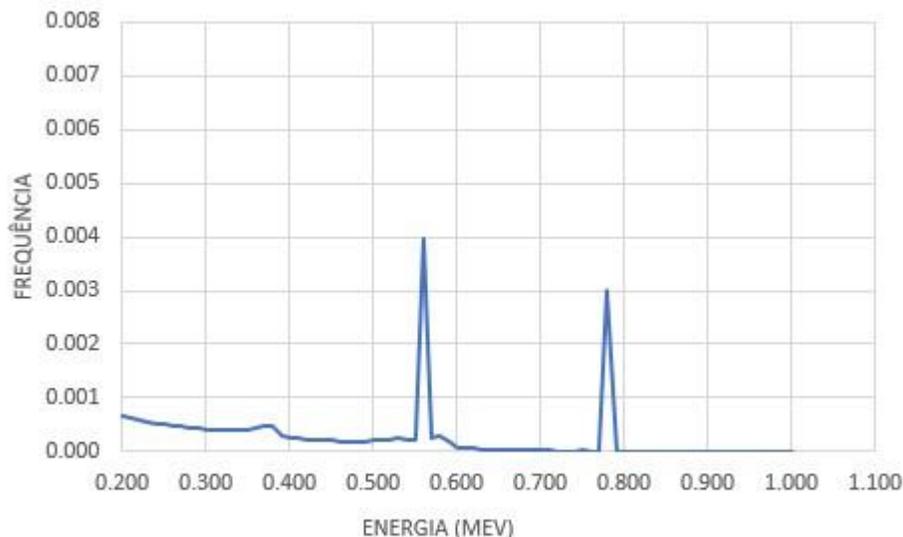


Figura 1: Espectro da fonte pontual de ⁸²Br com encapsulamento.

3. Resultados e discussão

A Análise por Fluorescência de Raios-X apresentou um bom detalhamento acerca dos traços de elementos presentes na amostra indicando que o sal apresentou uma pureza próxima da indicada no rótulo da embalagem (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação de concentrações.

Elementos e compostos	Especificação da Vetec	Análise por fluorescência
NaBr	99,50%	99,32%

Impurezas	0,50%	0,68%
-----------	-------	-------

As densidades variam dentro de um largo intervalo de valores, mais adequado para fluídos pesados, e não para águas leves ou soluções salinas.

Tabela 2: Densidade de cada partícula.

Material	Formato	NaBr com R=1mm [g/cm ³]	NaBr com R=5mm [g/cm ³]
PLA	Cubo	1,434	2,41
PLA	Esfera	1,432	1,664
Epóxi	Cubo	1,259	2,323
Epóxi	Esfera	1,252	1,506
Somente NaBr		3,300	3,300

O próximo passo foi estimar a atividade de cada partícula considerando que todos os átomos de Br fossem ativados durante o processo de ativação neutrônica. A atividade específica do ⁸²Br é 4.07×10^{16} Bq/g. A atividade estimada para partículas com raios internos de $R = 1$ mm é 4.366×10^{14} Bq, e para partículas com $R = 5$ mm é 540.2×10^{14} Bq. O Sistema de detecção contendo um detector de NaI foi simulado com o programa MCNPX. A partir dos resultados, foram calculados os números de fótons do decaimento do ⁸²Br, que chegavam ao detector, por segundo, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Atividades estimadas para o experimento simulado.

Material	Geometria	NaBr (R=1mm) [10 ¹² cts/s]	NaBr (R=5mm) [10 ¹² cts/s]
PLA	Cubo	1.10	136
PLA	Esfera	1.09	135
Epóxi	Cubo	1.10	136
Epóxi	Esfera	1.11	137
NaBr (sem encapsulamento)		1.22	151

4. Conclusões

As partículas propostas podem ser utilizadas em experimentos de RPR com densidades de fluido de cerca de 1,2 a 2,4 g/cm³. Portanto, não é recomendado para fluídos leves, como água ou água salgada. Trabalhos

futuros irão investigar a possibilidade de fazer partículas mais leves e simular as partículas em um experimento RPR, incluindo os raios gama emitidos no decaimento do isótopo ^{24}Na nas simulações Monte Carlo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro e ao Instituto de Engenharia Nuclear pelo uso das instalações e laboratórios.

Referências

- [1] NOUAILHETAS, YANNICK *et al.* *Radiações Ionizantes e a vida*. Rio de Janeiro: CNEN, (2005).
- [2] NO, IAEA TECDOC Series. *Practical aspects of operating a neutron activation analysis laboratory* (1990).
- [3] TIEZZI, Rodrigo. Desenvolvimento de fontes radioativas seladas imobilizadas em resinas epóxi para verificação de detectores utilizados em Medicina Nuclear. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, SP.
- [4] BODE, P. et al. Practical aspects of operating a neutron activation analysis laboratory. IAEA Techdoc, v. 564, p. 1-251, 1990.
- [5] OLIVEIRA, Janaíne Mônica de. “*Obtenção e caracterização de compósitos biodegradáveis de Políácido Láctico (PLA) reforçados com fibras de curauá*” (2016).