

Método Alternativo de Irradiação da Solução de Sulfato de Manganês por uma Fonte de Pu-Be para Medições de Eficiência.

Fellipe Souza da Silva ¹, Marcelo Marques Martins ¹, Walsan Wagner Pereira ¹.

¹ Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

E-mail: fellipess@ird.gov.br

Resumo: Este estudo propõe criar, através do método de Monte Carlo, um sistema de irradiação alternativo para a solução de Sulfato de Manganês utilizando uma fonte de Plutônio-Berílio. Buscando eliminar a problemática de institutos de pesquisa que não possuem reatores ou aceleradores de nêutrons em sua infraestrutura, otimizando e oferecendo independência aos mesmos para realizarem medições de eficiência da solução de $MnSO_4$ em sua própria localidade. As características deste novo sistema foram definidas através de simulações computacionais para que a solução atingisse a máxima captura de nêutrons pelo manganês da solução.

Palavras-chave: Irradiação, Nêutrons, MCNP, Banho de Sulfato de Manganês.

Abstract: This study intends to create an alternative irradiation system from a Plutonium-Beryllium source for manganese sulphate solution using the Monte Carlo code. Thus seeking to eliminate the issue of institutes that do not have reactors or particle accelerators in its infrastructure, in order to optimize and provide independence for them to carry out efficiency measurements of $MnSO_4$ solution in their own locality. The Monte Carlo simulations defined the technical features of this new system so that the solution reaches the maximum neutron capture by manganese in solution.

Keywords: Irradiation, Neutrons, MCNP, Manganese Sulphate Bath.

1. INTRODUÇÃO

O princípio do método do Banho de Sulfato de Manganês (BSM) está baseado na ativação do manganês e consequente determinação da taxa de emissão de uma fonte de nêutrons. Essa ativação ocorre quando os nêutrons emitidos pela fonte a ser calibrada perdem parte de sua energia. Dessa forma, atingindo uma faixa de energia entre $2,5 \times 10^{-5}$ e 1 keV podendo assim ser capturados pelo manganês da solução (^{55}Mn) que transmuta-se em ^{56}Mn (emissor das radiações beta, gama e

anti-neutrino). Através da contagem da radiação do decaimento do ^{56}Mn é determinada a taxa de emissão da fonte de nêutrons a ser calibrada. É necessário também considerar a eficiência de detecção do sistema BSM para a radiação de decaimento do ^{56}Mn . O BSM possui diversas geometrias em uso: cúbica, cilíndrica, e geralmente, esférica contendo aproximadamente $0,5 m^3$ de solução concentrada de sulfato de manganês. [6]

Conforme SCHUCH (1978) descreve, a eficiência do sistema do Banho de Sulfato de Manganês no Laboratório de Nêutrons LNMRI/IRD é obtida

através da contagem de uma alíquota da solução de MnSO_4 ativada no reator Argonauta do Instituto de Engenharia Nuclear. Após irradiação a amostra é trazida de volta para o IRD, cerca de 20 km de distância do Reator, onde parte dessa solução terá sua atividade padronizada através do sistema de coincidência $4\pi\beta-\gamma$ ou pela câmera de ionização. O volume restante é inserido no BSM, fisicamente homogeneizado e por fim, é feita a contagem do decaimento do ^{56}Mn utilizando-se um detector de iodeto de sódio posicionado no centro do sistema BSM. A eficiência é determinada pela razão entre a contagem do decaimento da solução inserida no BSM e a sua atividade determinada no sistema de padronização de radionuclídeos.

Dessa forma, o presente trabalho busca estudar através do código MCNP um novo método para medir a eficiência do Banho de Sulfato de Manganês, eliminando a problemática da distância entre institutos que não possuem reator ou acelerador de nêutrons em seus domínios.

O método de simulação Monte Carlo é uma classe de algoritmos computacionais que dependem de um processo de amostragem estatística a fim de computar seus resultados. Esses algoritmos são frequentemente usados para simulações de sistemas matemáticos e físicos [6].

2. METODOLOGIA

Diante do objetivo do estudo em otimizar e extinguir a distância entre os Instituto de Energia Nuclear (IEN) e o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), foram realizadas simulações buscando criar um método de irradiação da solução de sulfato de manganês que pudesse atingir uma atividade específica suficiente para realizar a padronização da solução e então calcular a eficiência do sistema BSM. Para tal, três distintas geometrias foram pensadas, objetivando manter a solução o mais próximo possível da fonte, facilidade no manuseio da fonte e segurança, e mantendo o volume de solução ativado de maneira

a maximizar sua atividade específica. Dentre as 3 geometrias encontram-se: a cilíndrica, paralelepípedo duplo e cúbica. Foram simulados também dois diferentes volumes, 169 cm^3 e $84,5\text{ cm}^3$.

3. SIMULAÇÃO

Todas as simulações foram criadas tendo como base um cubo externo de acrílico com 30 cm de aresta e 4 mm de espessura, preenchido com água destilada que possui o objetivo de atenuar a energia dos nêutrons para que os mesmos possam ser capturados pelos átomos de ^{55}Mn , assim como para refletir os nêutrons, tendo em vista o baixo volume de solução. Na construção dos modelos, foi inserido o encapsulamento em acrílico da fonte, mantendo-a isolada da solução.

No caso da solução de MnSO_4 , foram simulados recipientes hermeticamente fechados para impedir a contaminação da solução, bem como a contaminação do meio pela solução ativada de sulfato de manganês.

- Cilíndrica

A solução se encontra em um recipiente cilíndrico de acrílico, posicionado em cima da fonte, conforme figura 1, buscando obter uma maior atividade específica considerando que a emissão da fonte de Pu-Be é predominante em suas laterais.

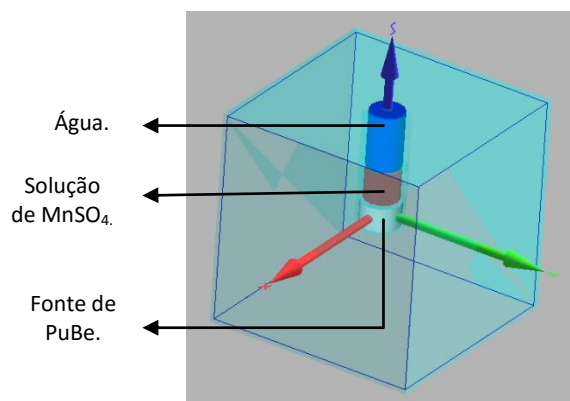


Figura 1. Visualização do modelo cilíndrico através do programa Moritz.

- Paralelepípedo Duplo

O recipiente contendo a solução é dividido em dois paralelepípedos posicionados nas laterais da fonte de Pu-Be. Um duto leva a fonte até o centro da estrutura.

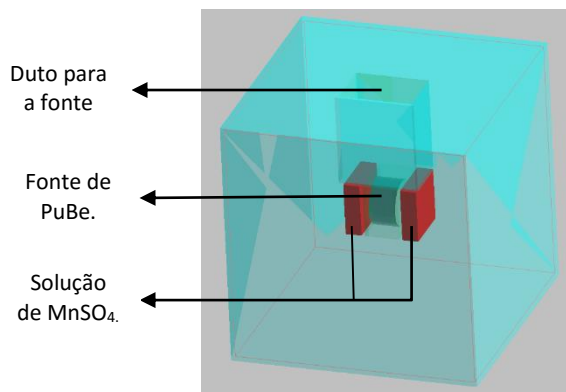


Figura 2. Visualização do modelo paralelepípedo duplo através do programa Moritz.

- Cúbico

A solução de sulfato de manganês é posicionada ao redor da fonte, figura 3.

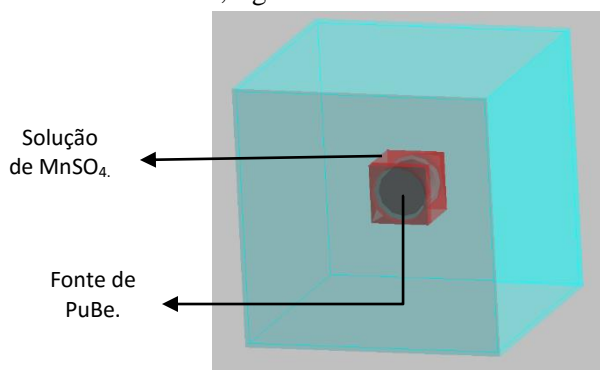


Figura 3. Visualização do modelo cúbico através do programa Moritz.

4. RESULTADOS

O comportamento de captura de nêutrons pelo ^{55}Mn demonstrou-se maior no sistema com a geometria cúbica com volume de $84,5 \text{ cm}^3$. Esses valores encontrados são definidos pelo método de Monte Carlo como a probabilidade de que a emissão de um único nêutron interaja com um único núcleo de ^{55}Mn , sendo assim, foram obtidos os seguintes resultados de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Valores obtidos para cada modelo, através do código MCNP, para absorção de nêutrons por núcleos de ^{55}Mn e suas probabilidades de interação.

Modelo	Absorção de Nêutrons pelo ^{55}Mn		Probabilidade	
	$84,5 \text{ cm}^3$	169 cm^3	$84,5 \text{ cm}^3$	169 cm^3
Cilíndrico	5,96E-02	4,35E-02	5,96%	4,35%
Paralelepípedo Duplo	5,44E-02	4,96E-02	5,44%	4,96%
Cúbico	6,72E-02	6,55E-02	6,72%	6,55%

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados calculados a partir do método Monte Carlo, o novo sistema de irradiação proposto, com solução em geometria cúbica, provou-se adequado para irradiações de pequenos volumes de solução de MnSO_4 ($< 200 \text{ mL}$). Apesar de não possuir valores de atividade específica semelhantes as soluções irradiadas em reatores ou aceleradores, tal sistema possui a vantagem de ter baixo custo, mobilidade e fácil operação. Esse novo sistema é uma excelente alternativa para concentrações de atividade na ordem de 10 Bq.mg^{-1} .

6. REFERÊNCIAS

- [1] ANDERSON I.S. et al. (eds.) – Neutron Imaging and Applications, Neutron Scattering Applications and Techniques. *Springer Science and Business Media*. USA, 2009.
- [2] BRIESMEISTER, J. F. – MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code. Los Alamos National Laboratory, Version 4C2, USA, 2001.
- [3] HARVEY, Zachary R. – Neutron flux and energy characterization of a Pu-Be by Monte Carlo simulation with verification by neutron activation analysis. Thesis for Master of Science degree – University of Nevada. USA, 2010.

[4] H. Park et al. – Absolute Measurement of the Neutron Emission Rate with a Manganese Sulphate Bath System. Korea Research Institute of Standards and Science. *Journal of the Korean Physical Society*. Vol. 47, No. 4. pp. 603-609. Korea, 2005.

[5] KNOLL, G. F. – Radiation Detection and Measurement – 3rd Ed. USA, 1999.

[6] LEITE, Sandro Passos - Simulação Matemática do Banho de Sulfato de Manganês Estático para Cálculo do Parâmetro de Correção K para Fontes Isotópicas de Nêutrons. Tese de M. Sc. – Instituto de Radioproteção e Dosimetria – Brasil, 2005.

[7] ROBERTS N. J. - MCNP Calculations of Correction Factors for Radionuclide Neutron. Source Emission Rate Measurements using the Manganese Bath. National Physical Laboratory. UK, 2001.

[8] SCHUCH, A. L. – Calibração de Monitores de Nêutrons com Moderadores e Aplicação na Determinação de Fatores de Correção de Dosímetros de Albedo. Tese de M. Sc. – Instituto Militar de Engenharia. Brasil, 1978.