

ESTUDO PARA CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO NEUTRÔNICO A PARTIR DA IRRADIAÇÃO DE FOLHAS E FIOS DE ATIVAÇÃO NO CANAL DE IRRADIAÇÃO DO REATOR IEA-R1 VISANDO SUA ADEQUAÇÃO À TÉCNICA BNCT

Giuliana Gonçalves Fedorenko e Ulysses d'Utra Bitelli
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

A técnica BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) baseia-se na seletividade das células cancerígenas por um composto contendo boro administrado ao paciente e, em seguida, na irradiação com nêutrons da região do tumor. O boro natural contém aproximadamente 19% de ^{10}B , que possui alta seção de choque de absorção para nêutrons térmicos gerando a reação nuclear $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$. As partículas ^7Li e α têm alcance máximo de 5 a 9 μm no tecido biológico, respectivamente [1], ocasionando a destruição das células citadas devido a deposição de energia dessas partículas.

Faz-se necessário conhecer muito bem o fluxo de nêutrons para adequá-lo à técnica BNCT, fazendo com que o fluxo seja composto principalmente de nêutrons térmicos e ofereça baixas doses devidas a nêutrons mais energéticos.

O Reator IEA-R1 do IPEN possui uma instalação para estudos em BNCT, na qual este trabalho foi desenvolvido. A Figura 1 ilustra o seu canal de irradiação e o semi-tubo para o posicionamento de amostras [2].

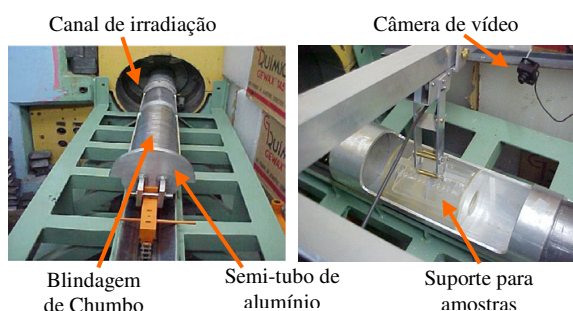


Figura 1. Instalação do reator IEA-R1.

OBJETIVO

Estudo e aplicação da técnica de medida de fluxo de nêutrons no canal de irradiação do Reator IEA-R1, a partir da técnica de análise por ativação [3] em folhas de ouro hiperpuras.

METODOLOGIA

Os detectores de ativação foram posicionados e irradiados em pares, durante irradiações de amostras de outros trabalhos em desenvolvimento, cujas composições e dimensões não foram especificadas, sendo uma das folhas coberta com cádmio e a outra nua (sem cobertura) e, em seguida, foram analisados através de espectrometria gama utilizando um detector de estado sólido de Germânio Hiper-Puro (HPGe) conectado a uma eletrônica associada e a um computador com programas específicos, que fornecem o espectro do material em análise. A partir da contagem das folhas e da eficiência do detector, obtém-se a atividade de saturação, que é numericamente igual à taxa de reação nuclear à qual os detectores estiveram expostos [3].

A Técnica da Razão de Cádmio [4] permite a discriminação dos nêutrons de interesse com relação à sua energia.

Obtidos os valores das atividades de saturação e das massas das folhas e conhecidos alguns parâmetros definidos na literatura, o fluxo de nêutrons térmicos é obtido pela Equação 1 e o fluxo de nêutrons epitérmicos, pela Equação 2 [3]:

$$\phi_{th} = \frac{A_{nua}^{\infty}}{N_{T(nua)} \cdot \sigma_{act} \cdot k_{th}} \left(1 - \frac{F_{Cd}}{R_{Cd}} \right) \quad (1),$$

$$\phi_{ep} = \frac{A_{Cd}^{\infty} \cdot F_{Cd}}{N_{T(nua)} \cdot I_R^{\infty} \cdot k_{ep}} \cdot \ell n \frac{E_{max}}{E_{cd}} \quad (2),$$

Essas equações, seus parâmetros e as técnicas das quais elas provém já são bem estruturadas e aceitas no meio científico, valendo ressaltar que, nesse trabalho, consideramos a seção de choque microscópica média de ativação da energia mais provável dos nêutrons.

Para realizar todos os cálculos, foi desenvolvida uma única planilha que contém todos os parâmetros e equações utilizadas e na qual constam as informações referentes àquela irradiação.

RESULTADOS

Os valores obtidos para os fluxos térmico e epitérmico constam na Figura 2 e possuem incerteza de aproximadamente 6 %.

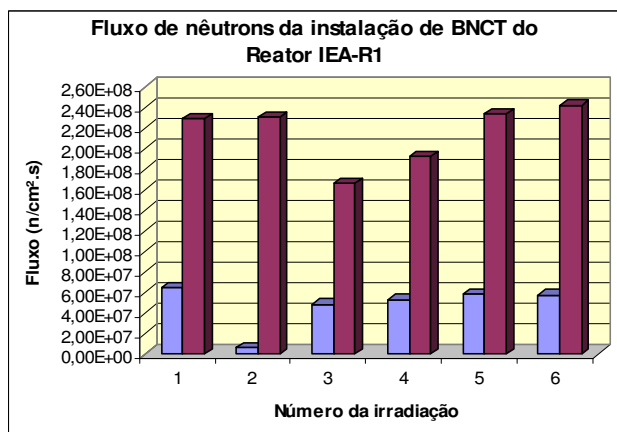


Figura 2 – Gráfico com os valores de fluxos térmico e epitérmico da instalação de BNCT do Reator IEA-R1.

CONCLUSÕES

Os fluxos de nêutrons obtidos mostram uma variação significativa entre os valores

(ϕ_{th}/ϕ_{ep}), que pode estar relacionada, principalmente, por influências das amostras posicionadas próximo às folhas, uma vez que o fluxo não é unidirecional.

Faz-se necessário promover estudos mais aprofundados e mais específicos para adequação dos valores obtidos à técnica BNCT, bem como avaliar e analisar as contribuições de nêutrons mais energéticos e de radiação gama nas irradiações.

O conhecimento do espectro energético de nêutrons irá possibilitar a ponderação da seção de choque microscópica para o local de irradiação e, assim, os valores dos fluxos de nêutrons poderão ser mais bem definidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sweet, W. H., Early history of development of boron neutron capture therapy of tumors, *Journal of Neuro-Oncology* 33: 19-26, 1997.

[2] Gual, M. R., Mas, F., Deppman, A., Coelho P. R. P., New mechanical samples positioning system for irradiations on a radial channel at nuclear research reactor in a full-power continuous operation, *Annals of Nuclear Energy* 38 (2011) 725–729, 2010.

[3] Bitelli, U.d'U., Medida e Cálculo da Distribuição Espacial e Energética de Nêutrons no Núcleo do Reator IEA-R1, Dissertação (Mestrado), IPEN, São Paulo, 1988. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Ulysses%20D%20Ultra%20Bitelli_M.pdf

[4] Zamboni, C. B. (coord.), Bitelli, U.d'U. e outros, *Fundamentos da Física de nêutrons*; Capítulo 5: Medida do Fluxo de Nêutrons Térmicos. Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq.