

# MEDIDA DE FLUXO DE NÊUTRONS EM INSTALAÇÃO PARA ESTUDOS EM BNCT

Rafael Oliveira Rondon Muniz e Paulo Rogério Pinto Coelho

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares / Centro de Engenharia Nuclear

## INTRODUÇÃO

A técnica de Terapia por Captura de Nêutrons em Boro (BNCT) consiste, resumidamente, em injetar no local onde há células cancerígenas um composto especial contendo boro que é preferencialmente absorvido pelas células degeneradas. A irradiação com nêutrons térmicos no local do tumor induz reações dos nêutrons com o boro produzindo partículas alfa e íons de  $\text{Li}^7$ , liberando 2,33 MeV (energia cinética das partículas e íons), que são de curto alcance (dimensões das células degeneradas) as quais destroem seletivamente as células cancerígenas. A pesquisa na área de BNCT para tumores cancerígenos de difícil tratamento por técnicas convencionais (cirurgia, quimioterapia ou radioterapia) tem apresentado grande ímpeto nos últimos anos devido aos resultados promissores obtidos. Já somam mais de 200 pacientes submetidos a essa terapia no Japão [1] e os primeiros experimentos foram realizados com seres humanos nos Estados Unidos [2] e na Europa [3]. Este panorama internacional tem motivado os pesquisadores do IPEN a envidar esforços neste campo de pesquisa. Foi construída [4] uma instalação junto ao reator IEA-R1 FIG.1 do IPEN-CNEN/SP, para a realização de pesquisas neste campo.

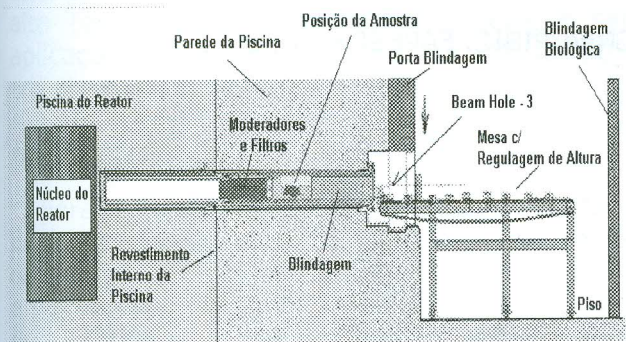


FIGURA 1 - Instalação para pesquisa em BNCT no reator IEA-R1

A construção desta instalação visa realizar pesquisas na área de Física das Radiações e Radiobiologia; permitirá caracterizar campos de radiação (nêutrons e gamas) adequados para a aplicação da técnica de BNCT, desenvolver estudos de filtros para aumentar a eficiência da técnica, estudos de níveis de dose utilizando "phantoms" e estudos biológicos "in vitro" e "in vivo".

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a obtenção do fluxo de nêutrons térmico, eptérmico e o espectro de energia de nêutrons em diversos pontos da instalação para pesquisa em BNCT.

## METODOLOGIA

Para caracterizar o campo de radiação devido a nêutrons estão sendo realizadas irradiações de detectores de ativação tipo folha.

Após a irradiação dos detectores estes foram levados para o laboratório do reator IPEN- MB01 onde foi feita a espectrometria gama em um sistema composto de um detector tipo Germânio Hiper-puro (HPGE), eletrônica associada e software Maestro 32 - ORTEC.

A análise das contagens foi obtida através do software; com a contagem das taxas de reações é obtida a atividade de saturação por núcleo alvo.

O fluxo de nêutrons térmicos e eptérmicos é obtido utilizando folhas de ouro com e sem cobertura de cádmio; para o espectro de energia de nêutrons são utilizadas folhas de outros materiais além das folhas de ouro. A atividade de saturação por núcleo alvo dessas folhas será utilizada como dado de entrada do programa computacional SANDBP, para a obtenção do espectro de energia de nêutrons.

A metodologia de cálculo para se obter a atividade de saturação por núcleo alvo é bem estabelecida na literatura como no livro do autor Beckurtz e é utilizada no trabalho da



referencia [5] da qual foram extraídas as equações usadas para obter a atividade de saturação por núcleo alvo dos detectores e os fluxos térmico e eptérmico.

## RESULTADOS

As TAB. 1 e 2 são referentes às folhas irradiadas na posição entrada do porta filtro.

A TAB.1 contém os cálculos das atividades de saturação por núcleo alvo.

TABELA 1 - Atividade de saturação

FOLHA	$A/N_{at}$ atividade de saturação por núcleo alvo	$\sigma A/N_{at}$
In (*kit1) **c	3.9E-16	3.E-17
In (7a1) ***l	4.3E-16	4.E-17
Fe (1) c	6.0E-14	6.E-15
Fe(b) l	5.0E-14	5.E-15
Ti (5e) c	3.9E-17	4.E-18
Ti (5b) l	5.3E-18	6.E-19
Mg (3b) c	5.8E-18	6.E-19
Mg (10e) l	3.6E-18	4.E-19
Ni (a) c	1.93E-16	2.2E-17
Ni (b) l	3.E-16	3.E-17
Al (1) c	2.51E-18	2.6E-19
Al (2) l	2.4E-18	3.E-19
Au (****cd)	9.E-14	9.E-15
Au (*****)	6.E-13	6.E-14

\* identificação da folha \*\* central \*\*\* lateral  
\*\*\*\* cádmio \*\*\*\*\* sem cádmio

Com as folhas de ouro com e sem cobertura de cádmio foram determinados os fluxos térmico e eptérmico (TAB.2).

TABELA 2 - Fluxo

Fluxo Térmico		Fluxo Eptérmico	
$\phi_{térmico}$	$\sigma \phi_{térmico}$	$\phi_{eptérmico}$	$\sigma \phi_{eptérmico}$
5.E+09	5.E+08	1.95E+08	1.9E+07

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para fluxo térmico e eptérmico na posição entrada do porta filtro contribuem para o grupo de BNCT, avaliar o projeto da instalação bem como desenvolver estudos de filtros para adequar o campo de radiação ao necessário para aplicação da técnica.

No próximo período será dada continuidade ao trabalho com irradiações em outros pontos da instalação e os resultados obtidos da

atividade de saturação por núcleo alvo dos detectores (apresentados nos resultados) serão utilizado como dado de entrada do programa SANDBP para obtenção do espectro na posição entrada do porta filtro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]KANDA, K. Experience of boron neutron capture therapy in Japan. Advances in Neutron Capture Therapy, Volume I, medicine and physics, 71-76, 1997.

[2]Rolf F. Barth, M. D, Albert H. Soloway and Robert M. Brugger, Boron Neutron Capture Therapy of Brain Tumors: Past History, Current Status, and Future Potential (Clinical Science Reviews), Cancer Investigation, 14(6), 534-550(1996).

[3]Wolfgang Sauerwein, Katalin Hideghéty, Detlef Gabel and Raymond L. Moss, European Clinical Trials of Boron Neutron Capture Therapy for Glioblastoma, Nuclear News, 54-56, february 1998.

[4]Coelho, P. R. P.;Hernandes, A. C.; Siqueira, P. T. D. Neutron Flux Calculation in a BNCT Research Facility Implemented in IEA-R1 Reactor; 10th International Congress on Neutron Capture Therapy, 8-13 September 2002, Essen, Germany.

[5]BITELLI, U. d'U. Medida e Cálculo da Distribuição Espacial e Energéticas de Nêutrons no Núcleo do Reator IEA - R1. São Paulo:1988.Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC, FAPESP e Petrobrás