

# Caracterização do Fluxo de Nêutrons Epitérmicos do Reator IEA-R1 Utilizando o Método *Bare Triple Monitor* para o Uso em Análise por Ativação

João Pedro de Oliveira Flores e Renato Semmler  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

## INTRODUÇÃO

O método  $k_0$  [1] de ativação neutrônica, desenvolvido pelo Institute for Nuclear Sciences, em Gent, Bélgica, é uma técnica de análise por ativação com nêutrons considerada “quase absoluta”, que, em razão da sua excelente exatidão e praticidade, surgiu como técnica alternativa e complementar ao método comparativo, que tem sido utilizado com sucesso em inúmeros experimentos realizados pelo Laboratório de Ativação Neutrônica (LAN) do IPEN.

A utilização do método  $k_0$  requer uma caracterização precisa das instalações de irradiação e do sistema de detecção. A caracterização precisa da instalação de irradiação requer a determinação da razão entre os fluxos de nêutrons térmico e epitérmico ( $f$ ) e do parâmetro ( $\alpha$ ) relacionado com a distribuição de fluxo de nêutrons epitérmicos, aproximadamente dada por  $1/E^{1+\alpha}$ . É uma medida de quanto se afasta o fluxo de nêutrons epitérmicos do comportamento ideal  $1/E$ . Estes parâmetros são característicos da posição de irradiação no reator nuclear. Na caracterização do sistema de detecção, um parâmetro de grande importância a ser determinado é a eficiência de detecção no intervalo de energia de interesse e na geometria do arranjo experimental.

O objetivo principal do presente trabalho consistiu na determinação dos parâmetros  $\alpha$  e  $f$  do espectro de nêutrons epitérmicos  $E^{-(1+\alpha)}$  para a estação pneumática do reator IEA-R1, utilizando o método *bare triple monitor* [2] e o método dos bi-monitores [2]

considerando agora a incerteza no parâmetro  $\alpha$  calculada pela técnica de Monte Carlo. Uma caracterização precisa desta posição de irradiação possibilitará a implantação e utilização do método  $k_0$  de ativação neutrônica no Laboratório de Ativação para irradiações de curta duração (até 30min).

## METODOLOGIA

O valor do parâmetro alfa foi determinado pelo método *bare triple monitor*. Um conjunto de três monitores ( $^{97}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Zr}$  e  $^{198}\text{Au}$ ) foi irradiado, sem cobertura de cádmio, sob um fluxo de nêutrons térmicos. Em seguida, as atividades induzidas ( $A_{sp}$ ) nestes monitores foram obtidas utilizando-se um detector de Ge hiperpuro devidamente calibrado em eficiência.

A técnica de Monte Carlo foi utilizada para o cálculo da incerteza no parâmetro  $\alpha$ ,

A razão ( $f$ ) entre os fluxos de nêutrons térmico e epitérmico foi determinada pelo método dos “bi monitores” utilizando-se os dois isótopos do Zircônio ( $^{97}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ).

## RESULTADOS

Anteriormente [3] foram utilizados valores estimados para a incerteza do parâmetro  $\alpha$ . Com a finalidade de refinarmos os dados, realizamos o procedimento de Monte Carlo afim de encontrar um valor mais próximo da realidade para a incerteza de  $\alpha$ , onde os valores de  $\alpha$  gerados são mostrados conforme a distribuição gaussiana da Figura1.

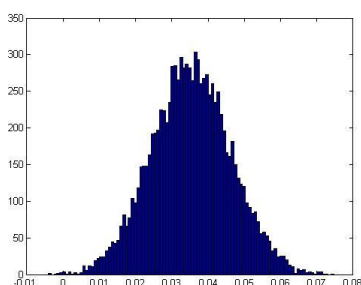


Figura 1: Distribuição gaussiana dos  $10^4$  valores para  $\alpha$  usando matlab

Comparando os valores de  $\alpha$  estimado e os valores de  $\alpha$  simulado através de monte Carlo temos a tabela 1.

**Tabela1: Comparação entre os valores de  $\alpha$ .**

$\alpha$ estimado	$0,0396 \pm 0,0006$
$\alpha$ simulado	$0,03537 \pm 0,01080$

A metodologia para a obtenção desses resultados para  $\alpha$  foi discutida no trabalho anterior[3].

## CONCLUSÕES

O valor estimado de  $\alpha$  é significativamente diferente do valor simulado, tendo como critério de compatibilidade valores de até 3 desvios padrões, o que mostra que tais valores não são compatíveis. Com a simulação, o parâmetro  $\alpha$  é obtido com uma melhor precisão. Vale destacar os valores de entrada de alguns parâmetros na simulação e suas respectivas incertezas: pequenas alterações nesses parâmetros mudam drasticamente o comportamento da curva gaussiana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] A. SIMONITS, F. DE CORTE, J. HOSTE. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 24, 31–46, 1975.

[2] F. DE CORTE, L. MOENS, A. SIMONITS, A. DE WISPERLAERE, J.

HOSTE. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 52, 295, 1979.

[3] J.P.O. FLORES. Relatório Semestral de Iniciação Científica. Programa CNPq-PIBIC. 2013

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq – PIBIC/PROBIC.