



I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 e 20 de Março de 1986

ANAIS - PROCEEDINGS

MAPEAMENTO DE FLUXO TÉRMICO NO REATOR IEA-R1

— João M.L. Moreira e
Roberto Frajndlich

Divisão de Física de Reatores e Divisão de Reatores e Experimentação Nuclear
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - CNEN-SP
São Paulo - SP

SUMÁRIO

O mapeamento de fluxo térmico pela técnica de ativação de folhas tem se mostrado, para o reator IEA-R1, lenta e pouco versátil. Este trabalho apresenta uma técnica de mapeamento de fluxo térmico no reator IEA-R1 que utiliza uma câmara de fissão miniatura colocada entre as placas dos elementos combustíveis. As distribuições de fluxo térmico medidas são comparadas com resultados de cálculos teóricos. Para elementos combustíveis localizados no centro do núcleo e suas proximidades os resultados mostram valores comparativos muito bons e, nas interfaces combustível-refletor, algumas discrepâncias. Essa técnica permite o mapeamento do fluxo neutrons ser feito de uma forma simples e rápida.

SUMMARY

The measurement of flux distribution with the foil activation technique has been cumbersome in the IEA-R1 reactor. In this work a technique is presented which measures the thermal flux distribution with a miniature fission chamber placed between the plates of the IEA-R1 fuel elements. The measured flux distribution is compared with calculated results. It is observed a good agreement between measured and calculated distributions for elements placed near the center of the core, and some discrepancies in the interface core-reflector. This measuring technique can be used in a fast and efficient manner.

1. INTRODUÇÃO

Como parte do programa de acompanhamento do reator IEA-R1² são feitos cálculos e medidas de parâmetros neutrônicos para cada uma de suas configurações de operação³. Neste trabalho apresentamos resultados de mapeamento de fluxo de nêutrons térmicos para a configuração nº 149 do reator IEA-R1, comparando as distribuições medidas com uma câmara de fissão miniatura com as obtidas com cálculos teóricos. Descrevemos sucintamente o método de medidas assim como o modelo de cálculo de reatores utilizado. Alguns dos resultados são apresentados com uma análise das dificuldades encontradas durante o trabalho.

2. MODELO DE CÁLCULO UTILIZADO PARA O REATOR IEA-R1

O reator de pesquisa IEA-R1 gera uma potência térmica de 2 MW segundo um ciclo de 8 horas diárias, 4 e 5 dias por semana. Tem como moderador e refrigerante, água leve; como refletor, blocos de grafite revestidos em alumínio e como blindagem radiológica, água leve e concreto com barita. Os elementos combustíveis padrão e de controle são do tipo MTR formados por 18 e 12 placas planas, respectivamente, com espessura igual a 1,52 mm dispostos em estojos de alumínio de seção horizontal igual a 7,61 x 8,0 cm². Na configuração 149, o reator IEA-R1 tem 5 elementos com baixo enriquecimento em U-235 (19,75%), 20 elementos com alto enriquecimento (93%), 4 elementos combustíveis de controle e 1 elemento vazado para irradiação de amostras.

Utilizou-se o código HAMMER⁴ no cálculo dos parâmetros de uma rede infinita de células unitárias. Uma vez construída a biblioteca de seções de choque dos diferentes materiais que compõem o núcleo, utilizou-se o código CITATION¹ no cálculo do excesso de reatividade, fluxos térmico, epitérmico, rápido (condensados para 4 grupos de energia) e taxas de queima por zona do reator.

Para a determinação das seções de choque do reator IEA-R1 foram consideradas várias células unitárias. As células de elementos combustíveis com alto e baixo enriquecimento foram construídas com uma região de combustível, uma de alumínio do revestimento, uma de água entre as placas e uma região de material estrutural dos elementos e água que os circunda. Para gerar as seções de choque do fluido refrigerante considerou-se uma célula composta de uma camada fina de U-235 (0,1 cm) seguida de uma camada grossa de água (7,62 cm). As células dos elementos refletores de grafite foram construídas de maneira semelhante à de refrigerante, substituindo água por grafite. A célula do elemento combustível de controle foi construída com combustível, água, alumínio e o material absorvedor da barra, 5% de Cd, 15% de In e 80% de Ag. Para representar a placa matriz do reator construiu-se uma célula semelhante a do refletor com alumínio e água nas proporções apresentadas no reator IEA-R1.

O passo seguinte foi a utilização do código CITATION na sua versão Tridimensional com 20x28x38 meshes segundo as direções XYZ. Para representar os refletores de grafite e água e o moderador foram utilizados 6 meshes de aproximadamente 3,5 cm. Buscou-se dessa forma representar o núcleo de forma mais fiel à realidade.

3. MEDIDA DE FLUXO TÉRMICO NO REATOR IEA-R1

Para se mapear o fluxo neutrônico do reator IEA-R1 foi construído um tubo guia que permite a introdução de um detetor através dos elementos combustíveis, constituídos de placas de alumínio contendo urânio⁵. O detetor utilizado é uma câmara de fissão miniatura WL-23292, que tem 2,29 mm de diâmetro e que pode varrer longitudinalmente o elemento entre as placas de alumínio. O tubo guia é feito de alumínio e tem 8,260 m de altura. Esse é encaixado manualmente na parte superior do elemento combustível permitindo varrer os elementos combustíveis

em dois planos axiais denominados faces sul e norte. Com esse sistema pode-se medir o fluxo de nêutrons em 26 posições diferentes em cada uma das faces.

A câmara de fissão miniatura contendo U-235 em alta concentração detecta principalmente nêutrons térmicos, mas também um pouco de nêutrons epitérmicos e rápidos. Nos elementos combustíveis, cálculos celulares com o código HAMMER resultaram que aproximadamente 75% das fissões na câmara eram provenientes de nêutrons térmicos e o restante de nêutrons epitérmicos e rápidos. No refletor, cálculos semelhantes indicaram que 99% das fissões na câmara eram devidas aos nêutrons térmicos. O sinal da câmara de fissão miniatura é representado nos cálculos teóricos como a taxa de reação de fissão nas proporções mencionadas acima de acordo com sua posição no reator.

Para a configuração 149 do reator IEA-R1, foram feitos mapeamentos de fluxo de nêutrons térmicos em diversos elementos combustíveis. Na Figura 1 apresentamos as distribuições medidas e calculadas para a face sul dos elementos combustíveis nº 98 e 124 localizados na periferia e no centro do núcleo, respectivamente. Em cada ponto foram feitas 3 medidas sendo a média o resultado final. O tempo de coleta de dados foi de 4s e o número de contagens oscilava entre 50.000 e 180.000 dependendo da posição da câmara de fissão no núcleo. A contagem de fundo em todas as medidas foi menor que 100. Devido a tão altas contagens o erro associado às medidas é da ordem de 0,4%.

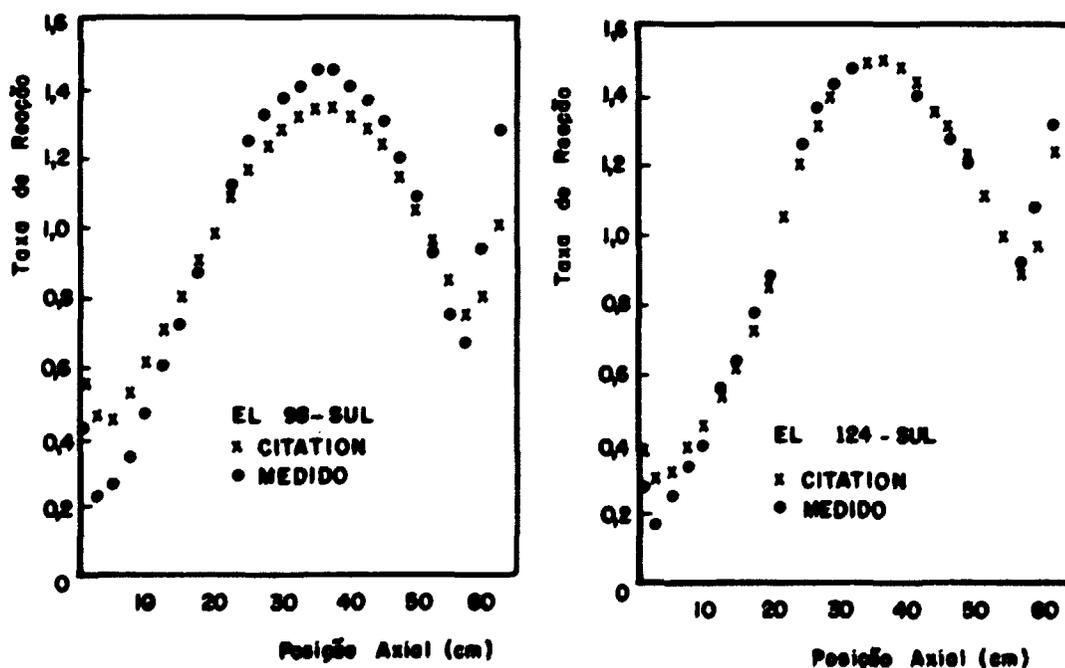


Figura 1 - Distribuição de fluxo térmico medida e calculada no reator IEA-R1. O fluxo térmico é proporcional a taxa de reação na câmara de fissão, que é apresentada em unidade arbitrária.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Dos vários resultados obtidos algumas observações puderam ser feitas. Para os elementos localizados perto do centro do reator, obteve-se uma boa comparação entre os resultados medidos e calculados, como se vê para o elemento nº 124. Os elementos localizados na interface núcleo-refletor apresentaram maiores discrepâncias entre os resultados medidos e calculados, como pode ser visto

para o elemento nº 98. Notou-se que mais próximo do centro do núcleo os resultados teóricos concordam melhor com a distribuição de fluxo medida.

Dentre as causas possíveis das diferenças observadas acima entre os resultados medidos e calculados, pode-se citar a queima axial não uniforme dos elementos combustíveis e a distribuição não uniforme do material físsil nas extremidades dos elementos combustíveis. A maior queima na parte inferior do elemento combustível diminui a absorção de nêutrons em elementos altamente enriquecidos causando uma elevação na distribuição do fluxo. A não uniformidade da concentração de material físsil nas extremidades do elemento combustível torna ainda mais difícil calcular o fluxo corretamente na interface núcleo-refletor. A resposta diferente da câmara de fissão miniatura no refletor e no núcleo é também uma outra fonte de discrepâncias entre cálculo e medidas. É necessário que se determine a taxa de reação na câmara de fissão miniatura com mais detalhes em relação à variação espectral no local de medida.

Como continuação desse trabalho pretende-se considerar queima axial não uniforme, aumentar o número de meshes nas interfaces núcleo-refletor, buscar uma melhor representação dos elementos da borda do núcleo e considerar com maiores detalhes espectrais a resposta da câmara de fissão miniatura WL-23292.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a Rogério Jerez e à Dra. Célia M. Tangari por tornarem possível realizar as medidas de fluxo neutrônico.

REFERÊNCIAS

1. FOWLER, T.B.; VONDY, D.R.; CUNNINGHAM, G.W. Nuclear Reactor Core Analysis Code CITATION. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Laboratory, Jul. 1971
2. HUKAI, R.Y; et alii. Relatório de Análise de Segurança do Reator IEA-R1 Modificado. São Paulo, SP, Instituto de Energia Atômica, 1974.
3. MESTNIK, J. A distribuição espacial do fluxo de nêutrons no núcleo do reator IEA-R1 por meio de ativação de folhas de ouro. São Paulo, SP, Dissertação de Mestrado, Instituto de Energia Atômica, 1978 (IEA-DT.132).
4. SUICH, J.E; HONECK, H.C. The HAMMER System Heterogeneous Analysis by multigroup methods of exponentials and reactors. United States Atomic Energy Commission, Jan. 1967.
5. TANGARI, C.M.; MOREIRA, J.M.L.; JEREZ, R. Mapeamento de fluxo térmico no reator IEA-R1. São Paulo, SP. A ser publicado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.