



# I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 a 20 de Março de 1986

## ANAIS - PROCEEDINGS

### TESTE DOS SISTEMAS HAMMER (original) E HAMMER-TECHNION COM EXPERIMENTOS CRÍTICOS.

Adimir dos Santos

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

#### SUMÁRIO

Neste trabalho testou-se o desempenho dos sistemas HAMMER (original) e HAMMER-TECHNION com experimentos críticos padrões. Optou-se pela utilização de metodologias consistentes em ambos os sistemas tal que somente a opção NIT (Nordheim Integral Technique) foi utilizada no HAMMER-TECHNION. Consequentemente, todas as diferenças encontradas na comparação feita com esses sistemas podem ser atribuídas à biblioteca de dados nucleares básicos. Foram utilizados cinco experimentos na comparação feita. Notou-se que surpreendentemente o desempenho da versão original do sistema HAMMER foi melhor do que a do HAMMER-TECHNION.

#### SUMMARY

In this study, the performances of the reactor cell codes HAMMER(original) and HAMMER-TECHNION were tested against experimental results of critical benchmarks. The option made was the utilization of consistent methodologies so that only the NIT (Nordheim Integral Technique) was utilized in the HAMMER-TECHNION. Therefore, all the differences encountered in the analysis made with these systems can be attributed to their basic nuclear data library. Five critical benchmarks was utilized on this study. Surprisingly, the performance of the original HAMMER system was better than that of the HAMMER-TECHNION.

## 1. INTRODUÇÃO

Na análise do desempenho de um reator nuclear torna-se essencial conhecer a precisão e limitações dos códigos de computação utilizados na geração de seções de choque em poucos grupos. Dois aspectos são de vital importância: a biblioteca de dados básicos e os métodos analíticos utilizados por esses programas. Nesse trabalho testou-se o desempenho das versões do sistema HAMMER (sistema original HAMMER<sup>/1/</sup> e HAMMER-TECHNION<sup>/2/</sup> com resultados experimentais obtidos em unidades críticas. Cinco problemas celulares padrões foram analisados sendo que três são da série BAPL<sup>/3/</sup> e dois são da série TRX<sup>/3/</sup>. Todos esses problemas padrões são unidades críticas moderadas à água leve e construídas de tal forma que em cada série (BAPL ou TRX) mantém-se a composição, diâmetros da pastilha de combustível e encamisamento e temperatura, e varia-se o pitch da célula. Por exemplo, na sequência BAPL-1, -2, -3, o pitch aumenta da esquerda para a direita. O mesmo ocorre em relação à série TRX. O leitor interessado nas especificações celulares desses problemas padrões deve referir-se à referência 3. Os parâmetros integrais utilizados na comparação além do  $K_{eff}$  são :

- $\rho_{20}$  = razão entre a taxa de captura epitérmica e térmica do U-238
- $\delta_{25}$  = razão entre a taxa de fissão epitérmica e térmica do U-235
- $\delta_{20}$  = razão entre a taxa de fissão no U-238 e a taxa de fissão no U-235.

## 2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados experimentais desses parâmetros integrais<sup>/3/</sup>, como também os resultados obtidos com os sistemas HAMMER e HAMMER-TECHNION. Considere  $\rho_{20}$  primeiro. Nota-se da Tabela 1 que com exceção da célula TRX-2, a concordância entre esse parâmetro integral calculado com o sistema original HAMMER e os dados experimentais são excelentes. A medida que o pitch aumenta  $\rho_{20}$  calculado com o sistema original HAMMER torna-se subestimado (note TRX-1 e TRX-2). Enquanto que  $\rho_{20}$  calculado com o sistema original HAMMER é de excelente qualidade, o mesmo não ocorre em relação ao HAMMER-TECHNION. Nessa análise utilizou-se a opção NIT (Nordheim Integral Technique) do HAMMER-TECHNION. Nota-se da Tabela 1 que  $\rho_{20}$  calculado com o HAMMER-TECHNION encontra-se superestimado e fora do "range" da incerteza experimental. Isso se deve basicamente a dois fatores: Primeiro, a biblioteca de dados do HAMMER-TECHNION é baseada no ENDF/B-IV. O ENDF/B-IV superestima a taxa de absorção epitérmica do U-238<sup>/4/</sup>. Isso é um problema inerente da versão IV do ENDF. Segundo, o método de Nordheim (ressonâncias isoladas) superestima o fator de autoblindagem<sup>/5/</sup> e consequentemente a taxa de absorção epitérmica do U-238.

Os resultados mais discrepantes entre a comparação feita foram encontrados em relação ao  $\delta_{25}$  e  $\delta_{20}$ . Da Tabela 1 nota-se que em ambas as versões do sistema HAMMER, esses parâmetros integrais encontram-se fora do "range" da incerteza experimental. O sistema original subestima o  $\delta_{25}$  enquanto que o HAMMER-TECHNION superestima esse parâmetro integral. O  $\delta_{20}$  com exceção da unidade crítica TRX-1 apresenta-se subestimado em ambas as versões do HAMMER. Um estudo futuro é necessário em relação à esse aspecto.

Quanto ao  $K_{eff}$ , o sistema original HAMMER apresentou um excelente comportamento. O HAMMER-TECHNION subestima o  $K_{eff}$ . Isso se deve principalmente ao fato que o ENDF/B-IV superestima a taxa de absorção epitérmica do U-238. Nota-se da Tabela 1, a forte correlação existente entre  $K_{eff}$  e  $\rho_{20}$ .

## 3. CONCLUSÃO

A comparação feita nesse trabalho mostra que o sistema original HAMMER apresentou um excelente desempenho nos parâmetros integrais  $K_{eff}$  e  $\rho_{20}$ . Discrepâncias foram encontradas em ambos os sistemas nos parâmetros integrais

$\delta_{25}$  e  $\delta_{20}$ . Um estudo mais profundo é necessário em relação a esses dois parâmetros integrais. Devido ao fato que a biblioteca de dados do HAMMER-TECHNION é baseada no ENDF/B-IV, o  $\rho_{20}$  apresenta-se superestimado nesse sistema. O reflexo desse aspecto pode ser notado no comportamento do  $K_{eff}$ .

Muito embora o processo de qualificação de um programa de computação que calcule seções de choque em poucos grupos exija que os parâmetros integrais celulares calculados esteja dentro do intervalo da incerteza experimental, somente esse aspecto não pode ser considerado suficiente para todas as possíveis aplicações das seções de choque calculadas por esses programas. Seções de choque calculadas com o sistema HAMMER são utilizadas em: a) cálculos estatísticos de equações de difusão, b) cálculo da dependência temporal da concentração dos principais núclídeos que constituem o reator nuclear ou são formados durante a operação do mesmo, c) efeito Doppler, etc.. A grande maioria dessas aplicações envolve situações onde a temperatura do sistema se encontra muito acima da dos experimentos críticos. Como sugestão para trabalho posterior sugere-se que os sistemas HAMMER sejam testados com situações mais realísticas como encontradas na prática.

TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE PARÂMETROS INTEGRAIS MEDIDOS E CALCULADOS.

	BAPL-1	BAPL-2	BAPL-3	TRX-1	TRX-2	
$K_{eff}$	EXPT.	1.0	1.0	1.0	1.0	
	HAMMER	0.9935	0.9958	0.9981	0.9902	0.9955
	H-TECH*	0.9872	0.9896	0.9924	0.9828	0.9890
$\rho_{20}$	EXPT.	1.39 $\pm$ 0.01	1.12 $\pm$ 0.01	0.906 $\pm$ 0.001	1.320 $\pm$ 0.002	0.837 $\pm$ 0.015
	HAMMER	1.402	1.159	0.903	1.320	0.816
	H-TECH	1.448	1.222	0.953	1.415	0.875
$\delta_{25}$	EXPT.	0.084 $\pm$ 0.002	0.068 $\pm$ 0.001	0.052 $\pm$ 0.001	0.0987 $\pm$ 0.001	0.0614 $\pm$ 0.0008
	HAMMER	8.061E-02	6.537E-02	4.996E-02	9.621E-02	5.841E-02
	H-TECH	8.827E-02	7.173E-02	5.491E-02	1.051E-01	6.409E-02
$\delta_{20}$	EXPT.	0.078 $\pm$ 0.004	0.070 $\pm$ 0.004	0.057 $\pm$ 0.003	0.0946 $\pm$ 0.0002	0.0693 $\pm$ 0.0035
	HAMMER	7.309E-02	6.294E-02	5.170E-02	9.448E-02	6.708E-02
	H-TECH.	7.399E-02	6.345E-02	5.187E-02	9.530E-02	6.710E-02

\*HAMMER-TECH.

REFERÊNCIAS :

- 1) SUICH, J.; HONECK, H.C., The HAMMER System Heterogeneous Analysis by Multigroup Method of Exponentials and Reactor, Aiken S.c., Savannah River Laboratory, Jan. 1967 (DP-1064).
- 2) BAHREN, J.; ROTHENSTEIN, W. ; TAVIV , E., The HAMMER Code System, EPRI-NP-565, Project 709 (1978).
- 3) Cross Section Evaluation Working Group, Benchmark Specifications, BNL-19302 (1974).
- 4) LEE, R. R.; OZER, O.; COBB, W.R., Proceedings of the Tropical Meeting on Advances in Reactor Physics and Core Thermal Hydraulics, 36, 22-37 (1982).
- 5) Rothenstein, W.; Bahren, J.; Tawiv, E.; Aminpom, M., Resonance Shielding in Thermal Reactor Analysis, Ann.Nucl.Energy, 9, 141-163 (1982).