

AJUSTE DE SEÇÕES DE CHOQUE DE BARRA DE CONTROLE E SUA UTILIZAÇÃO
EM CÁLCULOS DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA DE ANGRA I

Clotilde M. de Pina
Comissão Nacional de Energia Nuclear

1. Introdução

Uma das partes importantes em cálculos neutrônicos é o estudo do comportamento do núcleo com barras de controle inseridas.

A primeira etapa destes cálculos consiste em gerar seções de choque microscópicas equivalentes para as células básicas contendo combustível ou material absorvedor.

A célula absorvedora apresenta geralmente alguns problemas de cálculo. Normalmente estes problemas advêm do fato de que nem sempre todos os nuclídeos necessários para representá-la constam das bibliotecas de dados. Outro fator importante é que alguns programas de cálculo espectral usam a equação de difusão a qual não se aplica a elementos fortemente absorvedores.

O código HAMMER,¹ que calcula espectros rápido e térmico será usado nas células absorvedoras. Este programa utiliza a equação de transporte para os cálculos e seus dados de saída servirão como dados de entrada de um programa de difusão, CITATION,² com algumas correções, a fim de se representar a célula equivalente de barra de controle.

As dificuldades citadas tiveram de ser sanadas através de ajustes nas seções de choque da célula absorvedora.

A escolha de parâmetros que auxiliariam em tais ajustes foi obtida através de comparação de dados provenientes de cálculo da supercélula de barra de controle com os programas HAMMER e CITATION.

O reflexo destes ajustes em parâmetros integrais do núcleo foi avaliado. Este trabalho será restrito somente ao cálculo de distribuição de potência do núcleo com o banco D totalmente inserido, em 2 dimensões.

2. Métodos de cálculo para a célula de controle

O código HAMMER foi usado para cálculo de parâmetros homogeneizados de uma célula de barra de controle com geometria (R) e 20

pontos.

O modelo adotado para este cálculo é o da supercélula que leva em conta a influência das células de combustíveis vizinhas. A figura 1 mostra o conjunto de células usado neste estudo, onde a célula central contém uma barra de controle e as 8 restantes combustível de 2.1^W/0 de enriquecimento.

A figura 2 apresenta a geometria das supercélula equiva lente ao arranjo anterior, adotada no programa HAMMER. As seções de choque obtidas na homogeneização para esta supercélula foram corrigidas devido ao fato de necessitarmos de dados homogeneizados somente na célula contendo barra de controle.

As correções foram feitas apenas na região de energia térmica, já que o HAMMER despreza o efeito espacial do fluxo rápido na homogeneização das seções de choque rápidas.

$$\sigma_{\text{corrig}} = \sigma_H \times \frac{\bar{\psi}}{\bar{\psi}_{\text{cel}}}$$
$$\bar{\psi} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{FLUX VOL}}{\sum_{i=1}^N \text{VOL}}$$
$$\bar{\psi}_{\text{cel}} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{FLUX VOL}}{\text{Volume da célula controle}}$$

- σ_{corrig} - seções de choque corrigidas
- σ_H - seções de choque obtidas com o HAMMER
- $\bar{\psi}$ - fluxo médio da supercélula
- $\bar{\psi}_{\text{cel}}$ - fluxo médio da célula de controle

Com estas seções de choque e com as correspondentes a uma célula de combustível de 2.1^W/0 de enriquecimento usamos o código CITATION, em geometria x y , para o cálculo de 9 células homogêneas equivalentes ao problema resolvido pelo HAMMER.

Observou-se neste cálculo que os parâmetros integrais diferem substancialmente dos resultados obtidos pelo HAMMER.

Isto é devido ao código CITATION utilizar a teoria de difusão não permitindo seguir as variações espaciais do fluxo detalhadamente. Houve então a necessidade de um ajuste nas seções de choque da célula de barra de controle a fim de que os valores de parâmetros integrais sejam preservados. Uma simplificação preliminar foi tentada reduzindo-se o nº de elementos na célula. Esta simplificação consistiu em associarmos um único elemento fictício chamado BC, ao conjunto formado por prata, índio, cádmio e aço inoxidável. A este elemento BC fez-se corresponder uma seção

de choque macroscópica térmica equivalente, $\bar{\Sigma}_{BC}$, com uma concentração unitária.

Os parâmetros integrais escolhidos para comparação entre os 2 programas foram: absorção na barra/absorção total, fluxo rápido na barra/fluxo térmico na barra, fluxo térmico na barra/fluxo térmico da célula, produção/absorção por grupo de energia e o valor keff.

Inicialmente variamos o valor da concentração de BC ou seja N_{BC} e a medida que isto ia sendo efetuado verificou-se o comportamento dos parâmetros acima. Na tabela I podemos ver alguns valores de N_{BC} e os correspondentes valores dos parâmetros.

Notou-se que a concordância simultânea de mais de um dos parâmetros era impossível. Decidiu-se então encontrar valores de N_{BC} de modo a fornecer valor bem próximo de cada parâmetro.

O ajuste baseado na razão entre produção e absorção na célula de controle, para os 2 grupos de energia (rápido e térmico), foi feito colocando em gráfico os valores dessa razão em função da concentração de N_{BC} . As curvas permitiram encontrar os fatores F_1 e F_2 pelos quais devem ser multiplicadas, respectivamente, as seções de choque microscópicas, rápidas e térmica, de absorção do elemento BC. Estes fatores podem ser encontrados através da figura 3.

3. Cálculo da distribuição de potência

Após cada tipo de ajuste citado anteriormente, calculamos as seções de choque homogeneizadas para o elemento combustível de $2.1^W/0$ de enriquecimento com o banco de controle D, em 2 dimensões com o código CITATION.

Com o conjunto de dados homogeneizados para os diversos tipos de elementos combustíveis, calculou-se a distribuição de potência com simetria de 1/4 do núcleo.

A figura 4 apresenta o carregamento do núcleo de Angra I. Na figura 5 é apresentada a distribuição de potência normalizada de Angra I, condição de Xe equilíbrio com três tipos de ajustes, razão de produção/absorção, absorção barra/absorção total e keff. As figuras 6, 7 e 8 apresentam outras comparações com a distribuição de potência.

4. Conclusões

Nota-se que a maior diferença percentual de potência para os ajustes é de aproximadamente 5% e se encontra no elemento que contém o banco de controle. Nos outros elementos esta diferença não ultrapassa 1%.

Pode-se verificar que os ajustes feitos apresentam uma concordância entre si.

Comparando os valores fornecidos pela Westinghouse e os calculados com o ajuste de keff apresentaram uma diferença máxima de 13.4%.

Quanto a comparação dos valores obtidos pela CNEN e os fornecidos pela Westinghouse torna-se duvidosa, já que não foram calculados exatamente para as mesmas condições. A quantidade de boro solúvel utilizada pela CNEN foi de 1060 ppm e a Westinghouse fornece valores para uma concentração de 978 ppm.

Convém ressaltar neste trabalho a importância no manejo e análise de dados de saída de programas e o aproveitamento dos mesmos como entrada para outros programas.

Este resumo é resultado de um trabalho muito maior que consistiu em reproduzir as curvas integral e diferencial dos bancos de controle.

Referências

1. Such, J.E.C, Honeck, H.C - The Hammer System - Heterogeneous Analysis by Multigroup Methods of Exponentials and Reactors - USAEC - TIC4500, janeiro 1967.
2. Fowler, Vondy, Cunningham - Nuclear Reactor Analysis Code - ORNL - TM - 2496 - Rev. 2, julho 1969.

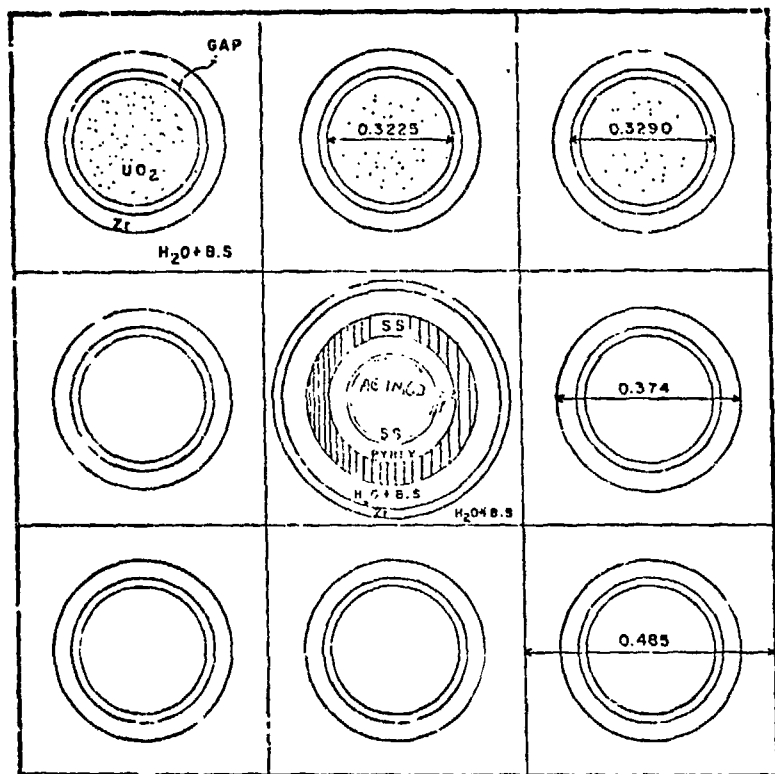
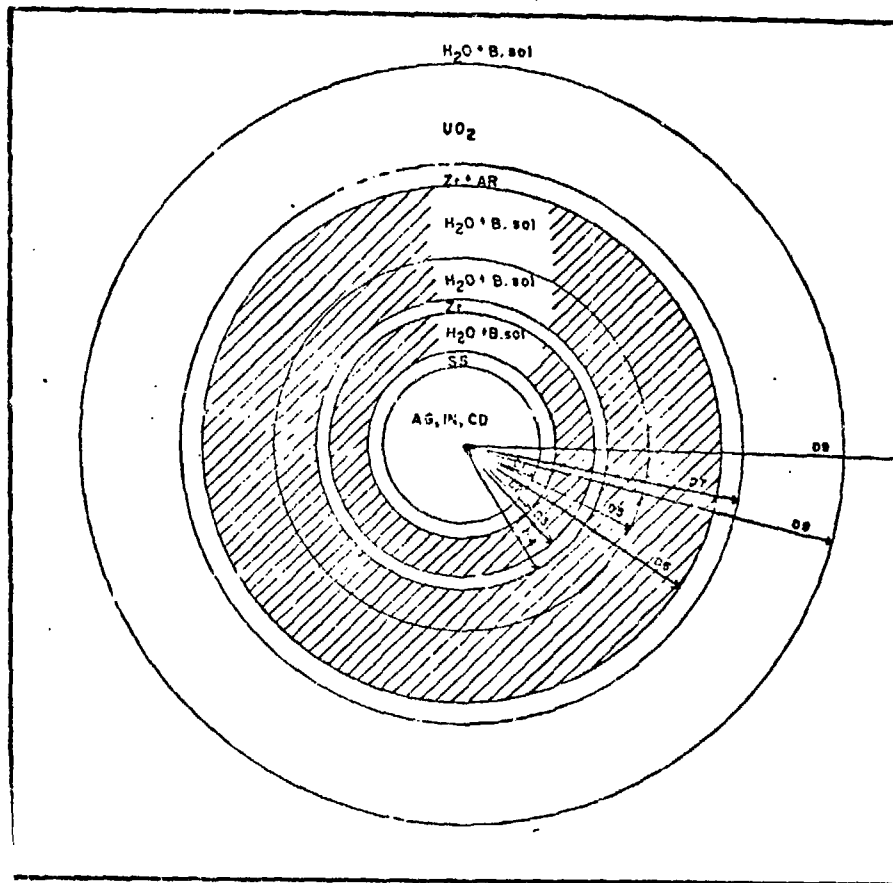


Figura 1. Supercélula de barra de controle



Super Célula para o HAMMER

Diametros	Dimensão (in)
1	0.3190
2	0.3640
3	0.4350
4	0.4710
5	0.5473
6	0.8822
7	1.0321
8	1.3774
9	1.4550

Figura 2.

CITATION (N_{bc})

Parâmetro	HAMMER	1.0	1.10	1.20	1.23	1.30
$\frac{\text{Abs. barra}}{\text{Abs. total}}$	0.4419	0.4275	0.4454	0.4619	0.4663	0.4771
ϕ barra/ ϕ total	0.7971	0.5668	0.5428	0.5173	0.5137	0.4994
Rap. térmico ϕ barra/ ϕ total	9.8345	15.52	16.54	17.57	17.87	18.58
Keff	0.51135	0.55429	0.53496	0.52023	0.51236	0.50119
Prod./absorção (térmico)	0.7985	0.8062	0.7909	0.7775	0.7738	0.7656
Prod./absorção rápido	0.2924	0.3310	0.3173	0.3047	0.3011	0.2932

TABELA I VALORES DE N_{bc} x PARÂMETROS

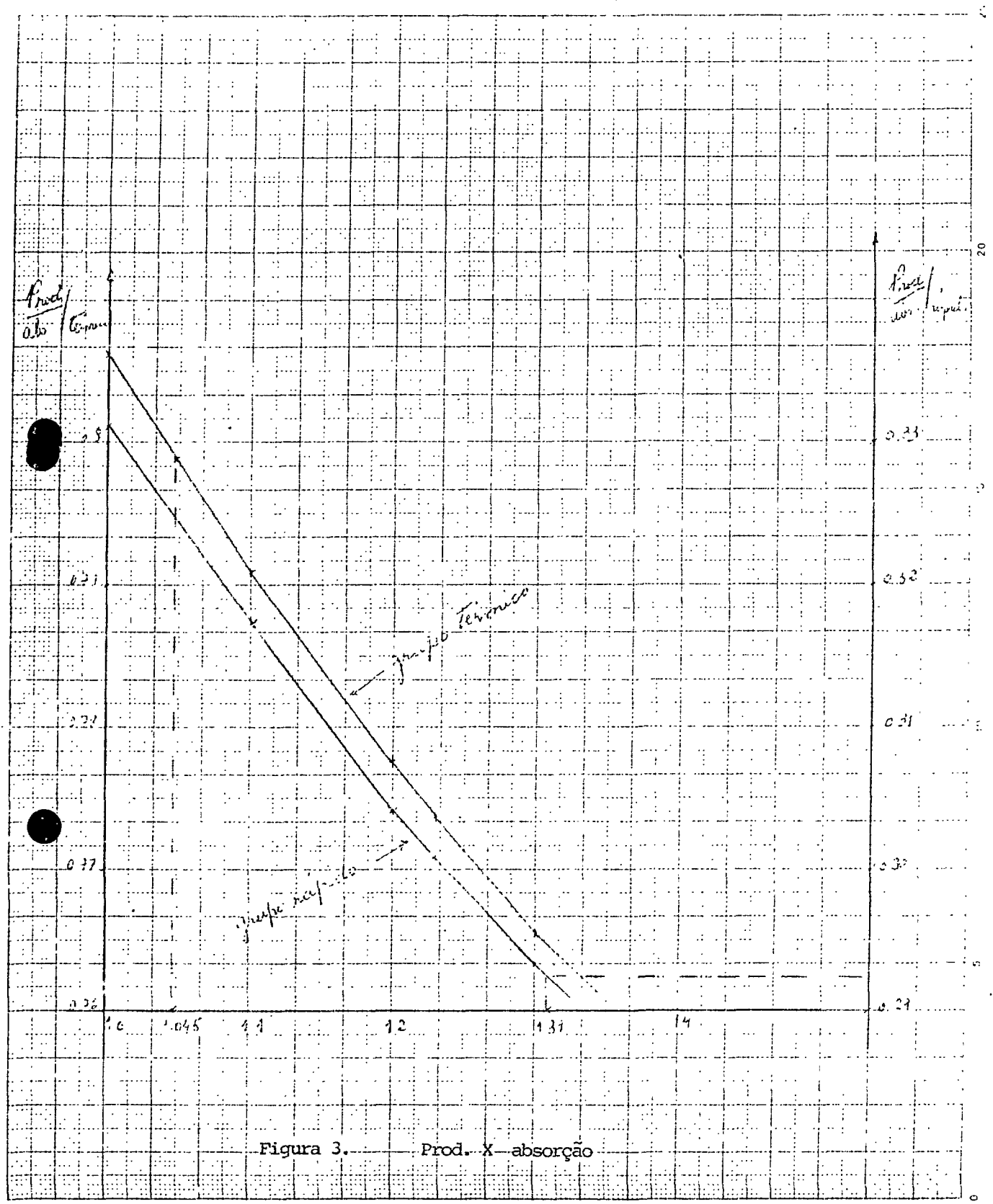
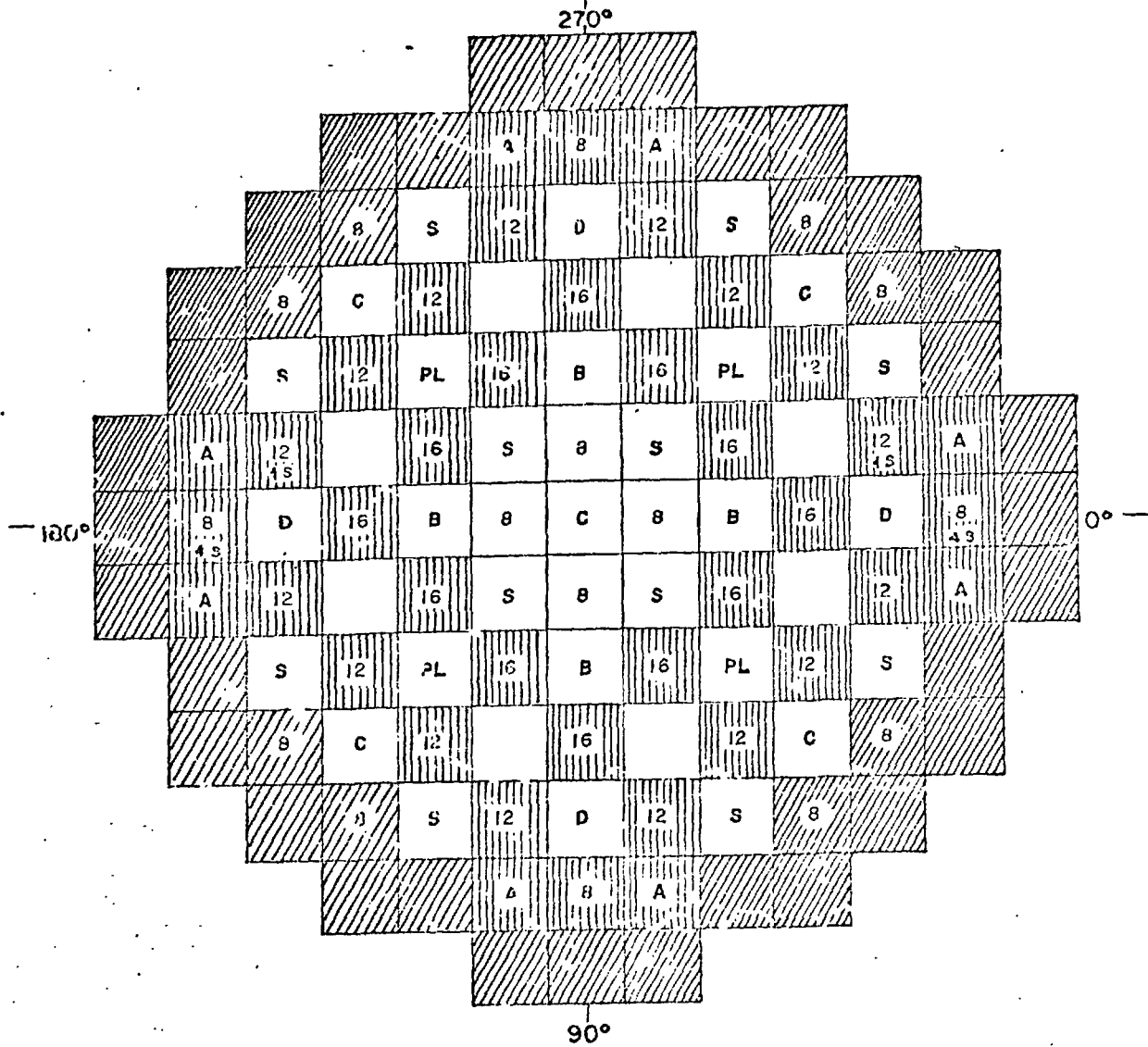


Figura 3. Prod. X absorção

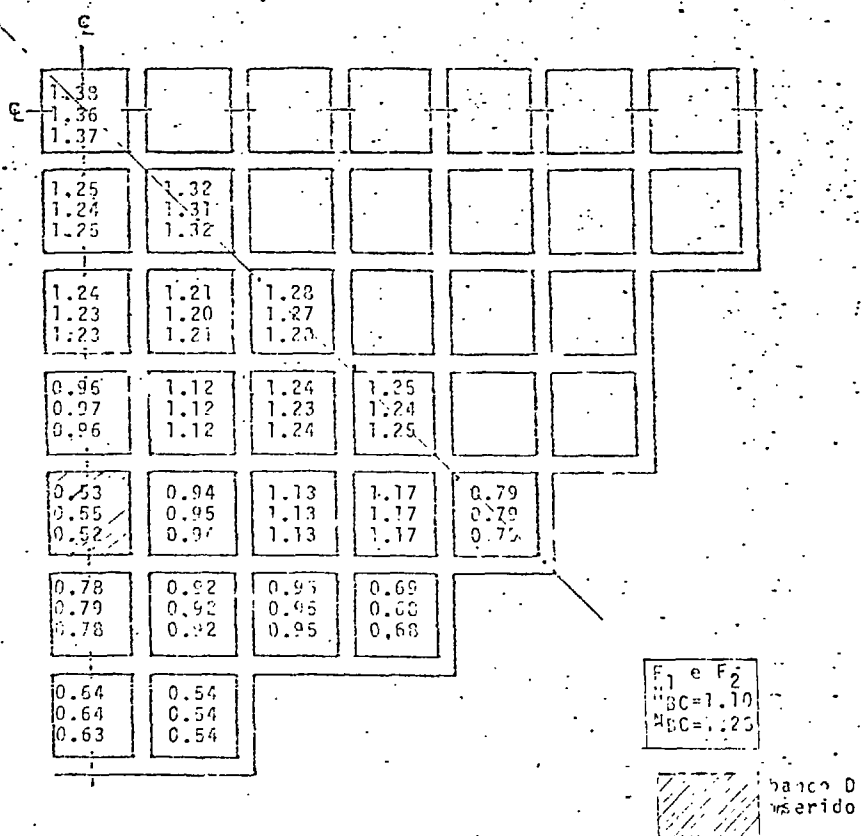


Função		Nº de conjuntos
banco de controle	D	4
	C	5 (33FL)
	B	4 (4PL)
	A	8
	S	12
comprim. parcial	PL	4

X: nº de barras de veneno queim.
 1S: 1 barra c/fonte primária
 4S: 4 barras c/fonte secundária

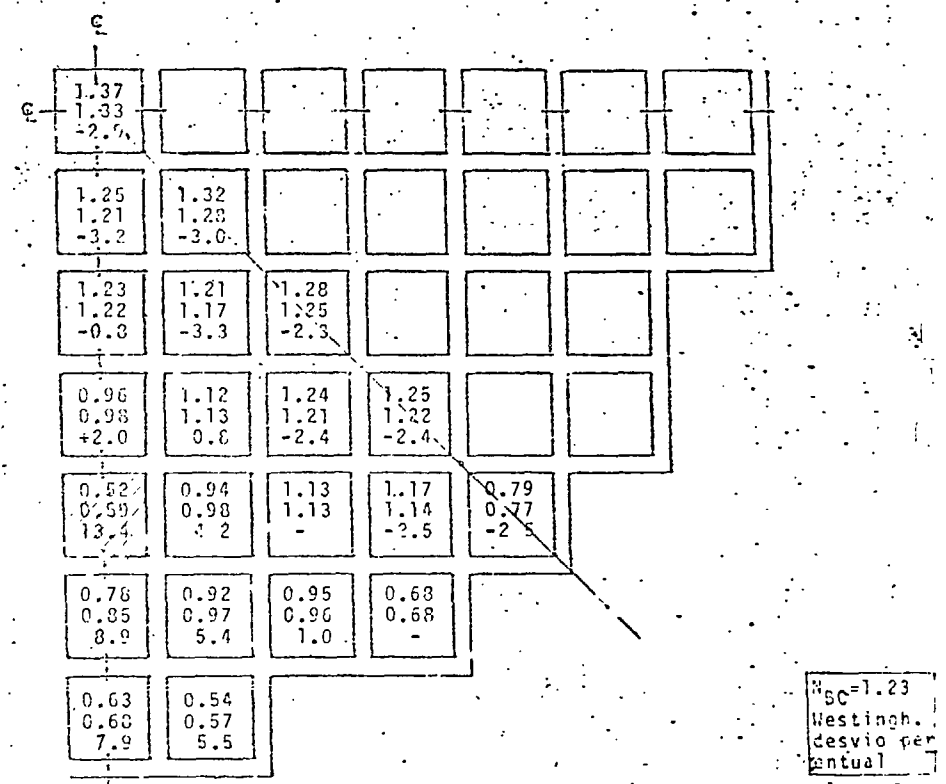
Carregamento do núcleo de Angra I

Figura 4



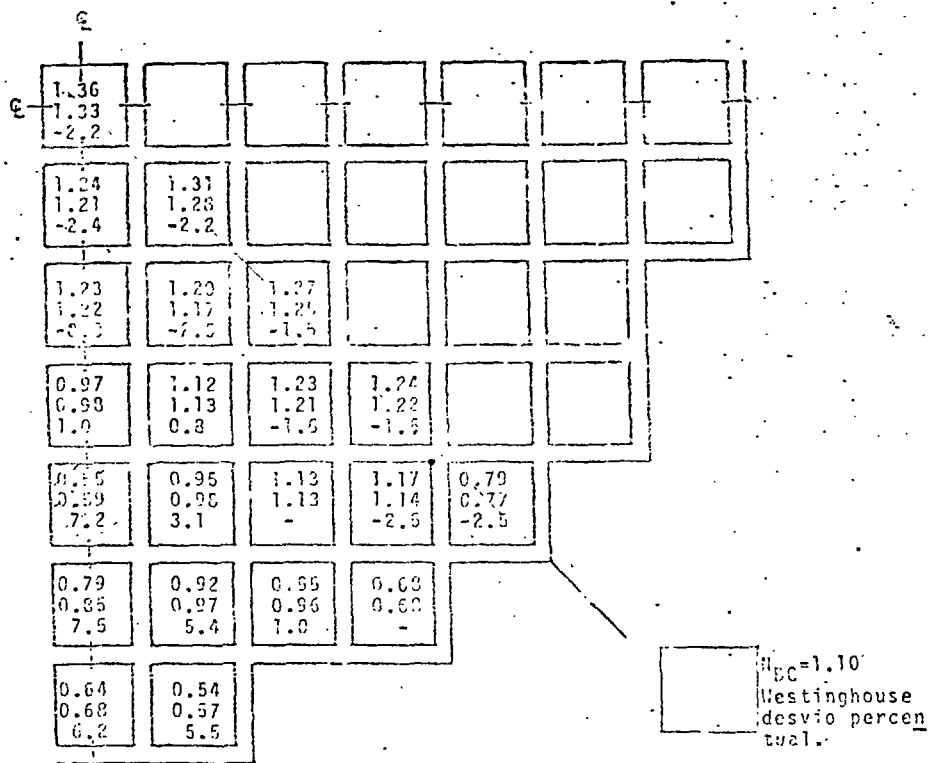
Distribuição de potência normalizada, núcleo Angra I, banco D inserido Xe eq (1060ppm)

Figura 5



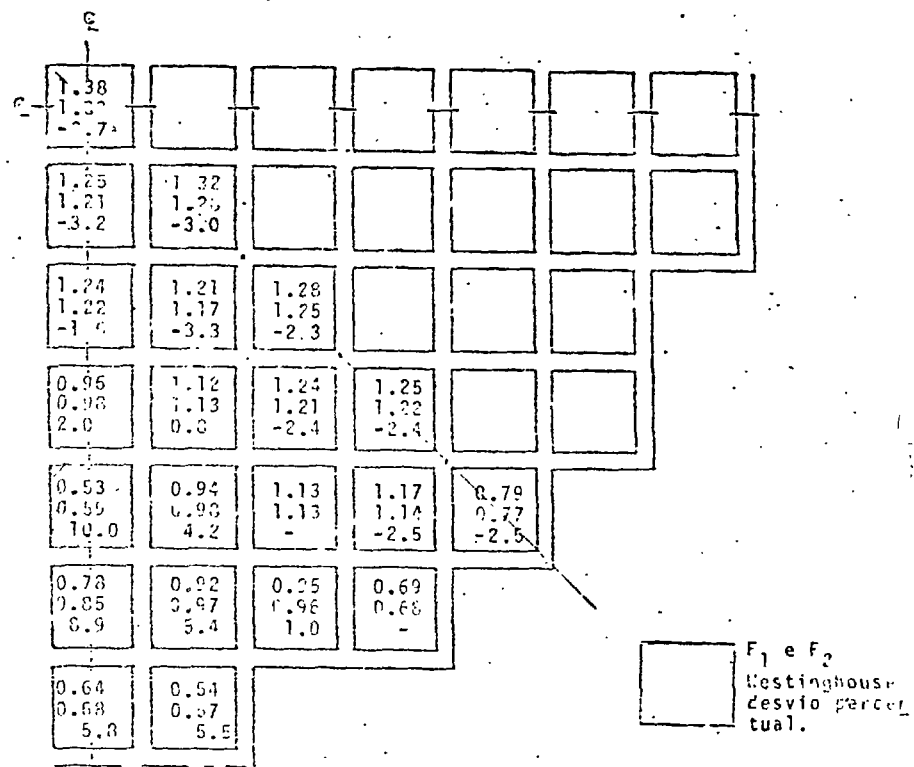
Distribuição de potência normalizada, núcleo Angra I, banco D inserido, Xe eq (1060ppm)

Figura 6



Distribuição de potência normalizada, núcleo Angra I, banco D inserido, Xe eq (1060ppm)

Figura 7



Distribuição de potência normalizada, núcleo Angra I banco D inserido, Xe eq (1060 ppm)

Figura 8