

"ANÁLISE DE TRANSIENTES NO REATOR IEA-R1".

José Gláucio Motta Garone

e

Paulo José Knob

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

SUMÁRIO

A fim de se predizer o curso e as consequências de um acidente de reatividade, os vários processos físicos que possam ocorrer durante o transiente e as relações entre eles, foi feito um estudo teórico de transientes devido a inserção de reatividade que poderiam advir no reator IEA-R1.

Para isso utilizou-se o código PARET, especialmente desenvolvido para essa finalidade e que prediz o curso de acidentes não destrutivos em núcleos pequenos.

O núcleo do reator foi dividido em 2 regiões cada uma delas com diferentes gerações de potência, fluxo de refrigerante, parâmetros hidráulicos e representados por uma simples placa com o respectivo canal de refrigeração.

Os transientes analisados foram devido à inserção rápida de reatividade para o reator crítico a 100 w e 2 Mw considerando a atuação e a não atuação do sistema de desligamento.

## 1. Introdução

Dentre todos os acidentes postulados em instalações nucleares, o de inserção de reatividade merece especial atenção já que as conseqüências de tal acidente, poderão afetar a integridade do núcleo do reator havendo a possibilidade de liberação de produtos de fissão.

A análise deste tipo de acidente é necessária principalmente quando se trata de postular o Máximo Acidente Crível da instalação, uma vez que esse tipo de acidente pode ser de maiores proporções do que acidentes de falta de refrigeração.

O objetivo do trabalho é de examinar o problema da integridade do núcleo do reator IEA-R1 devido à inserção de reatividade resultando de acidente hipotéticos.

Esta integridade depende essencialmente da temperatura nas placas combustíveis que por sua vez depende da potência máxima alcançada e da energia liberada durante o transiente.

Neste trabalho são analisados acidentes envolvendo inserção rápida de reatividade de 1,5\$ para o reator crítico em potência de 100 w e 2 Mw. Foram analisados os dois casos considerando a atuação do sistema de scram e a falha do mesmo sistema.

## 2. Cinética do Reator

A potência do reator é calculada através da solução numérica da equação de cinética puntual:

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = \left[ \frac{\rho(t) - \beta}{\Delta} \right] \phi(t) + \sum_{i=1}^I \lambda_i C_i(t) + S(t) \quad (1)$$

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta f_i}{\Delta} \phi(t) - \lambda_i C_i(t) ; i = 1, 2, \dots, I \quad (2)$$

fazendo as substituições,

$$r(t) = \frac{\rho(t)}{\beta} \quad (3)$$

$$W_i(t) = C_i(t) \frac{\Delta \lambda_i}{\beta f_i} \quad (4)$$

As equações de cinética puntual dadaspor (1) e (2) ficam,

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = \frac{\beta}{\Delta} \left\{ [r(t)-1] \phi(t) + \sum_{i=1}^I f_i W_i(t) \right\} + S(t) \quad (5)$$

$$\frac{dW_i(t)}{dt} = \lambda_i \phi(t) - \lambda_i W_i(t) , \quad i=1,2,\dots,I \quad (6)$$

onde:

- $\phi(t)$  : potência do reator
- $\rho(t)$  : reatividade do sistema
- $\beta$  : fração efetiva de nêutrons atrasados
- $\Delta$  : tempo de geração de nêutrons prontos.
- $\lambda_i$  : constante de decaimento para o grupo  $i$
- $C_i$  : concentração dos precursores de nêutrons atrasados do grupo  $i$
- $f_i$  : fração de nêutrons atrasados do grupo  $i$ ,  $\beta_i/\beta$
- $S_t$  : fonte

Um outro parâmetro de fundamental importância nos cálculos de transientes é o cálculo da liberação de energia,  $E(t)$ . Esta grandeza é determinada a partir de:

$$\frac{dE(t)}{dt} = \phi(t) \quad (7)$$

Nos cálculos realizados para o reator IEA-R1 foram analisados a variação da potência em função do tempo, e a liberação de energia durante o transiente, para o reator crítico a 100 w e a 2 Mw. As Figuras 1 e 2 mostram o comportamento dessas duas grandezas, considerando a atuação do sistema de desligamento automático do reator quando a potência atinge 12 Mw com um tempo de atuação de 0,025 segundos.

Para o reator a 100 w (Figura 1) observa-se que a potência máxima atingida é de 128 Mw enquanto que com o reator a 2 Mw (Figura 2) a potência máxima atingida é de 16 Mw.

Isso é devido ao fato de que para de 100 w a excursão de

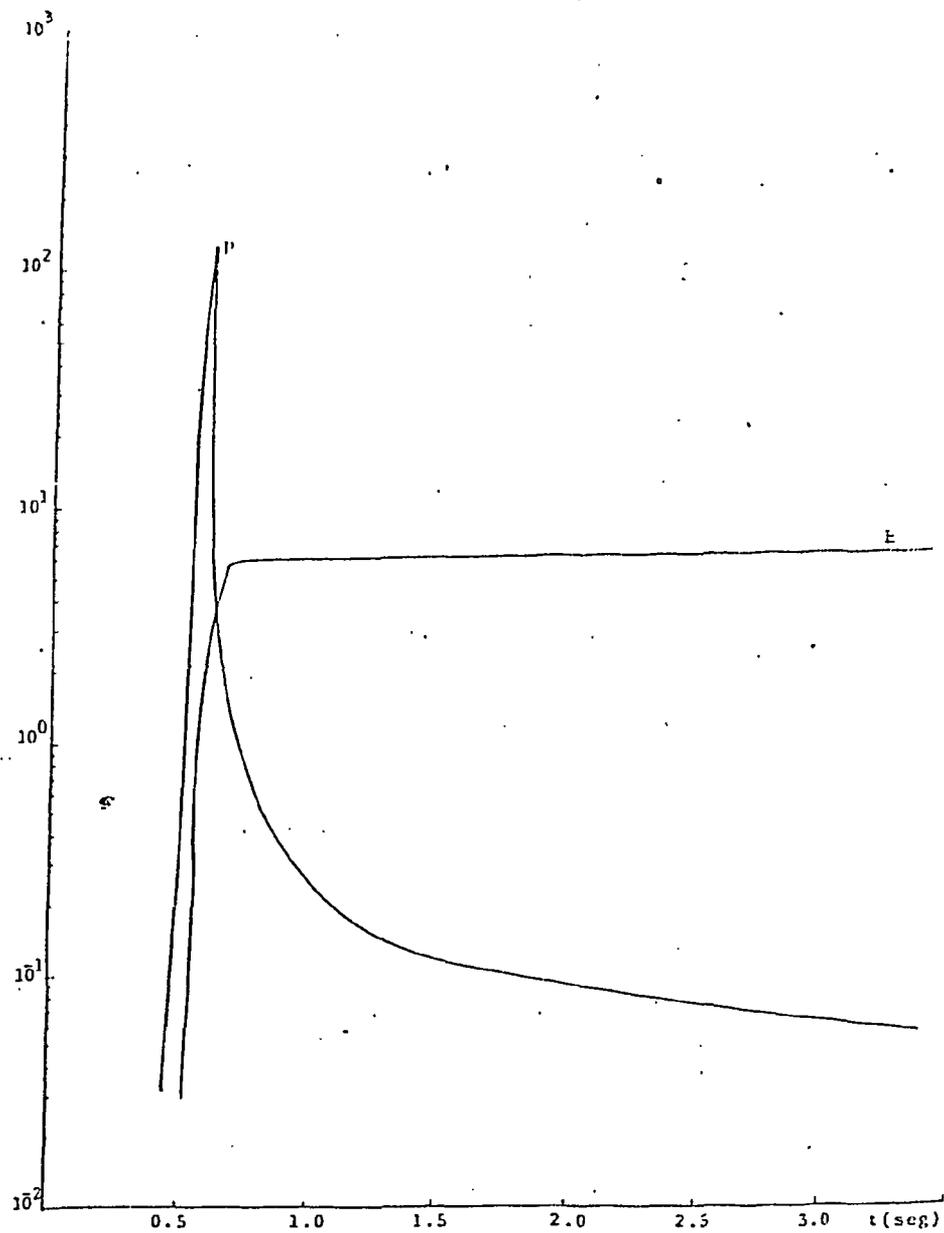


Figura 1 - Potência (Mw) e Energia liberada (Mw-seg).  
Potência de Operação 100 w. Reatividade 1,5\$.  
Com scram.

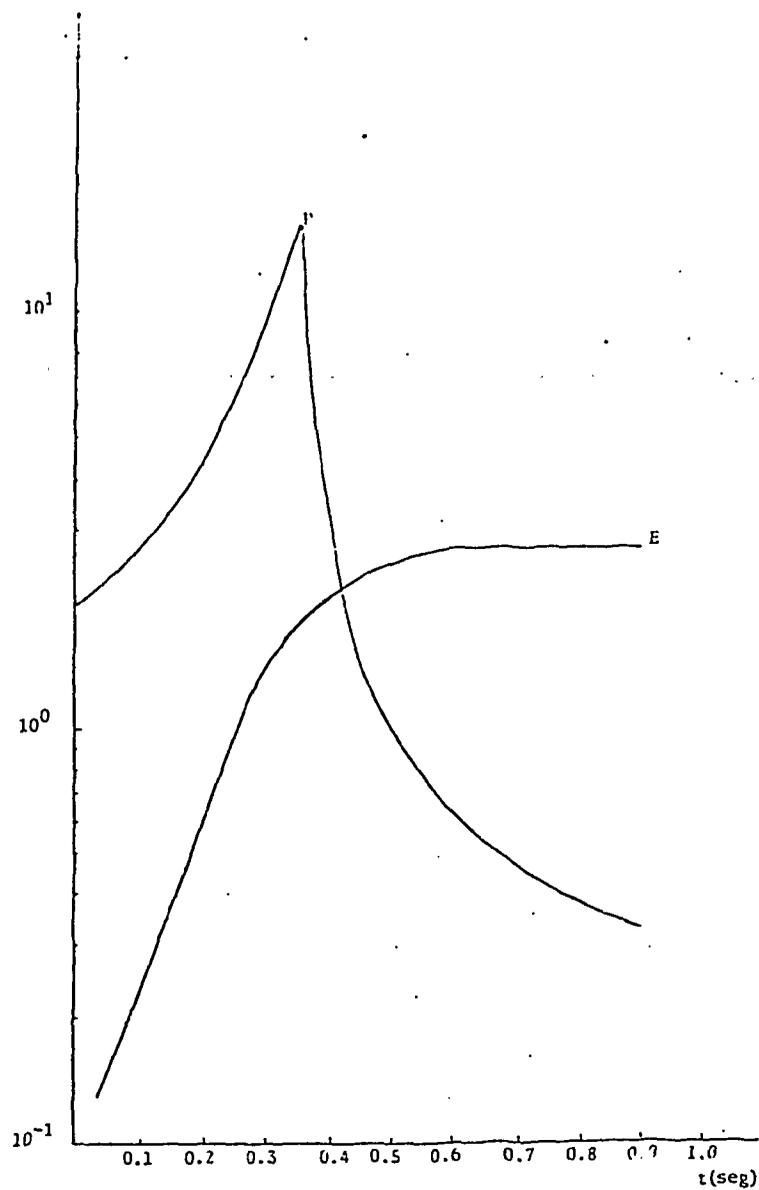


Figura 2 - Potência (Mw) e Energia liberada (Mw-seg).  
Potência de Operação 2 Mw. Reatividade 1,5%.  
Com Scram.

potência é muito mais acentuada do que para 2 Mw, porque os efeitos de realimentação de temperatura do moderador são menores para 100 w do que para 2 Mw e com isso durante o tempo de atuação do sistema de desligamento (0,025 s) a potência atinge esse valor elevado.

Mesmo atingindo este alto valor de potência a energia total liberada durante o transiente é baixa (6 Mw-seg), isto devido ao fato de que o tempo de excursão é muito pequeno.

No caso de 2 Mw a energia total liberada é menor ainda, sendo neste caso de aproximadamente 2,8 Mw-seg.

A seguir são analisadas as mesmas excursões anteriores sendo que não há a atuação do sistema de desligamento automático do reator.

No caso de 100 w (Figura 3), a potência atinge o máximo de 970 Mw no instante 0,625 seg; sendo que logo depois nota-se a diminuição da potência, isto devido aos efeitos de temperatura e expansão da água e Doppler. A energia total liberada é de aproximadamente 20 Mw-seg.

No caso de 2 Mw (Figura 4) a potência máxima atinge um valor bastante inferior ao caso anterior. Neste caso a potência máxima é de 130 Mw e a energia total liberada de cerca de 17 Mw-seg.

### 3. Cálculo de Temperatura no Encamisamento

Duas temperaturas são críticas para considerações de segurança do núcleo do reator; a primeira, é a temperatura de 582 °C no encamisamento que é a temperatura de fusão do alumínio, que resultaria, conseqüentemente na liberação de produtos de fissão das placas combustíveis.

A segunda temperatura é de 260 °C que corresponde ao início das alterações de determinadas propriedades físicas do alumínio. Nesta temperatura poderá ocorrer a deformação das placas combustíveis, e portanto, resultar na inutilização do elemento que as contém, apesar de não significar, necessariamente na liberação de produtos de fissão.

A Figura 5 mostra a temperatura na superfície do encamisamento para os casos estudados. Os casos onde não ocorre a atuação do sistema de desligamento corresponde a temperaturas maiores.

Para potência de 2 Mw a temperatura atingida é de 250 °C en-

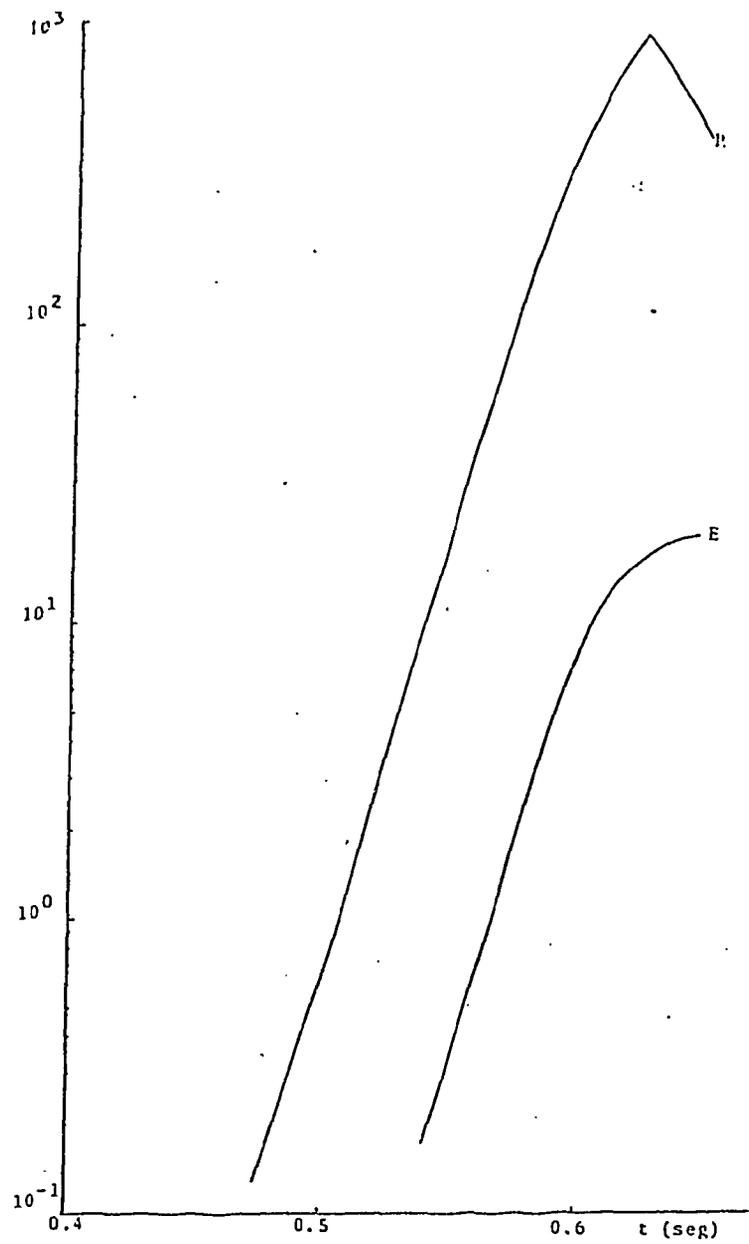


Figura 3 - Potência (Mw) e Energia liberada (Mw-seg).  
Potência de Operação 100 w. Reatividade 1,5\$.  
Sem scram.

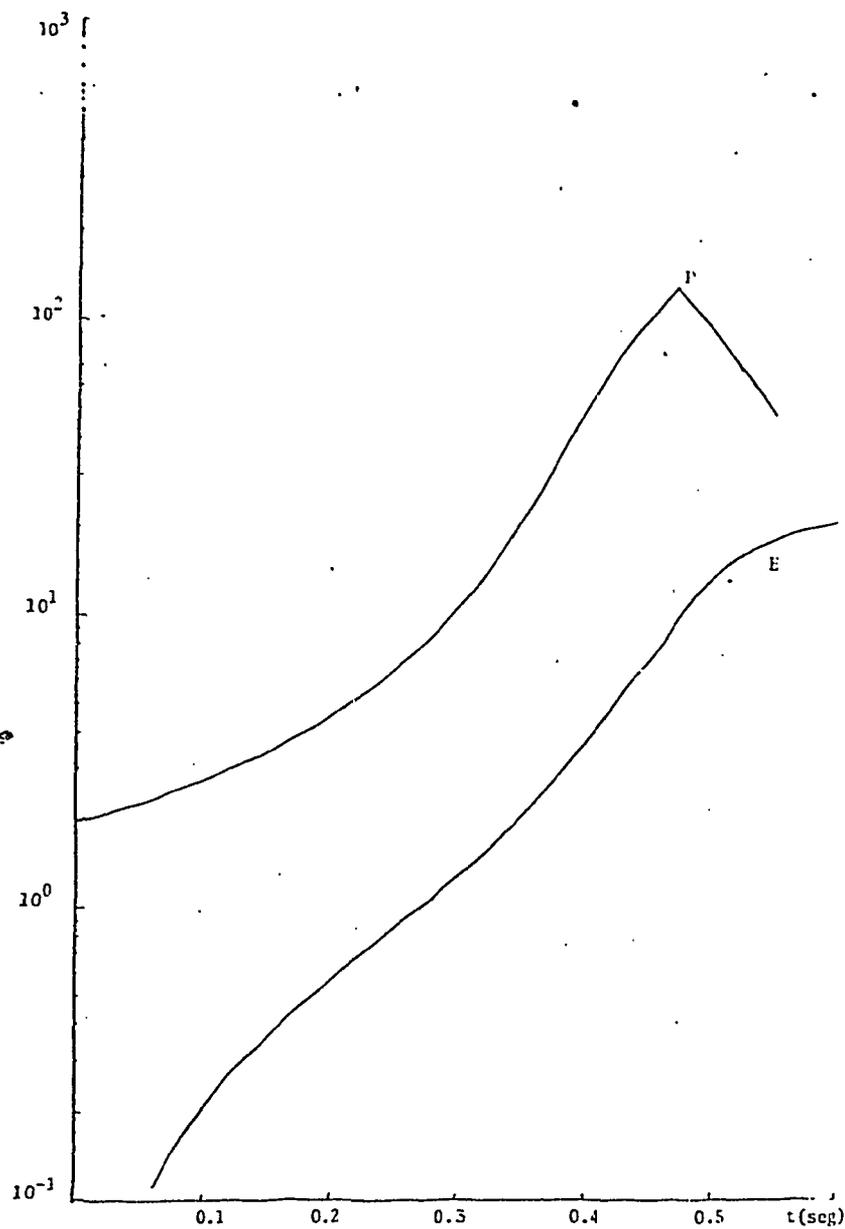


Figura 4 - Potência (Mw) e Energia liberada (Mw-seg).  
Potência de Operação 2 Mw. Reatividade 1,5\$.  
Sem scram.

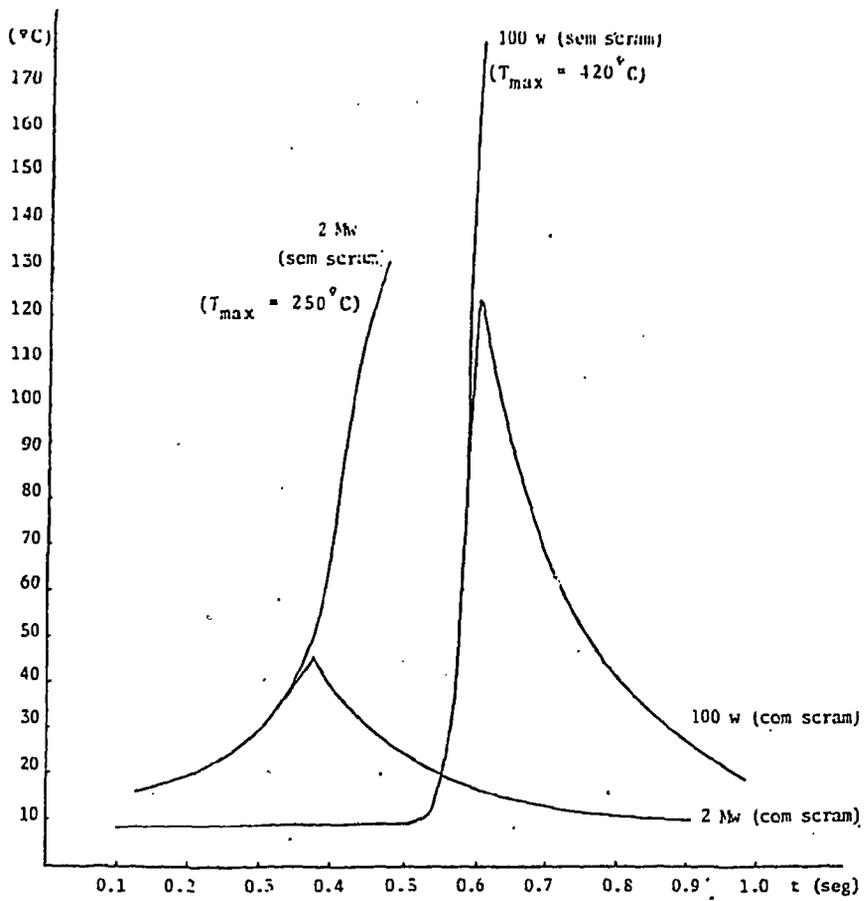


Figura 5 - Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) no Encamisamento, para potência de operação 100 w e 2 Mw.

quanto que para potência de 100 w a temperatura é de 420 °C.

#### 4. Conclusões

Para os casos analisados no reator IEA-R1 é importante observar que num acidente de inserção de reatividade que parta de baixa potência, os efeitos de temperatura no encamisamento, potência máxima atingida e energia liberada no transiente são maiores do que os acidentes que ocorrem a níveis maiores de potência. Isto por que partindo de potências inferiores há menor geração de calor no início da excursão, retardando o efeito de realimentação de reatividade do moderador comparado com potências mais elevadas.

Contudo as temperaturas alcançadas não atingem o ponto de fusão do encamisamento mas atingem valores próximos.

#### 5. Referências Bibliográficas

1. OBENCHAIN, C.F. PARET - A Program for the Analysis of Reactor Transients. Phillips Petroleum Company, IDO - 17282, January 1969.
2. GARONE, J.G.M. Análise Teórica da evolução da temperatura dos elementos combustíveis do reator IEA-R1 sob condições de perda de refrigeração e a relação com sua integridade (IPEN-CNEN/SP, 1983).
3. WOODRUFF, W.L. A Kinetics and Thermalhydraulics Capability for the Analysis of Research Reactors. Nuclear Tech. Vol. 64, Feb. 1984.