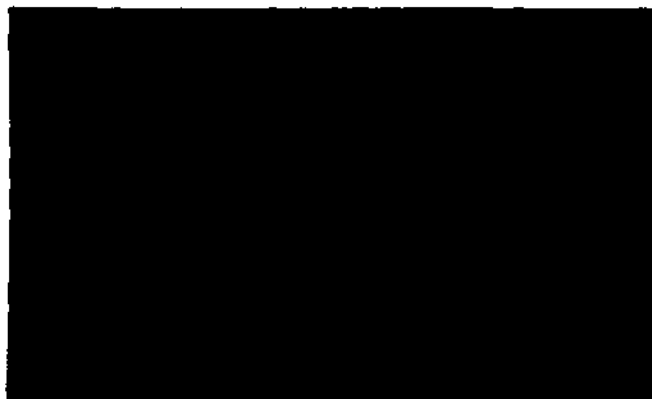


Laboratório de  
Computação  
Científica



**PEDIDOS DE CÓPIAS DEVEM SER ENVIADOS AO  
REQUEST FOR FREE COPIES SHOULD BE ADDRESSED TO:**

Laboratório de Computação Científica  
Departamento de Informática e Documentação  
Rua Lauro Müller, 465  
C. P. 58016  
22290 - Rio de Janeiro, RJ  
Brasil



ISSN 0101 6113

LABORATÓRIO NACIONAL DE COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA - LNCC  
ABRIL DE 1985

LNCC-- 019/85.

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA FRENTE DE  
REMOLHAMENTO PELO MÉTODO DOS  
ELEMENTOS FINITOS\*

Jaime Folescu\*\*

Augusto C. Galeão

Eduardo G.D. do Carmo\*\*

\* A ser apresentado no COBEM 85, S. José dos Campos, dez. 85.

\*\*Programa de Engenharia Nuclear, COPPE/UFRJ, C.P. 68509, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21944 Rio de Janeiro, RJ.

## RESUMO

Neste trabalho desenvolve-se um modelo para o estudo do fenômeno do remolhamento que ocorre num reator PWR após o acidente de perda de refrigerante. O problema transiente da condução de calor no revestimento da vareta combustível é formulado variacionalmente, adotando-se condições de contorno que procuram simular a interação térmica do revestimento com o refrigerante e com o combustível. Soluções numéricas são obtidas utilizando-se o método dos elementos finitos para a discretização espacial, e uma variante do esquema de Crank-Nicolson para a integração no tempo. Alguns resultados numéricos são apresentados mostrando a evolução da frente de remolhamento.

## ABSTRACT

"An Finite Element Model for the Quench Front Evolution Problem"

In this work a model for the rewetting problem associated with the loss of coolant accident in a PWR reactor is proposed. A variational formulation for the time-dependent heat conduction problem on fuel rod cladding is used, and appropriate boundary conditions are assumed in order to simulate the thermal interaction between the fuel rod cladding and the fluid. A numerical procedure which uses the finite element method for the spatial discretization and a Crank-Nicolson-like method for the step-by-step integration is developed. Some numerical results are presented showing the quench front evolution and its stationary profile.

## SUMÁRIO

Neste trabalho desenvolve-se um modelo para o estudo do fenômeno de remolhamento que ocorre num reator PWR após o acidente de perda de refrigerante. O problema transiente da condução de calor no revestimento da vareta combustível é formulado variacionalmente, adotando-se condições de contorno que procuram simular a interação térmica do revestimento com o refrigerante e com o combustível. Soluções numéricas são obtidas utilizando-se o método dos elementos finitos para a discretização espacial, e uma variante do esquema de Crank-Nicolson para a integração no tempo. Alguns resultados numéricos são apresentados mostrando a evolução da frente de remolhamento.

## INTRODUÇÃO

Nos reatores tipo PWR, um dos componentes vitais para a segurança da planta é o circuito primário, responsável pela refrigeração do núcleo do reator. Por isso mesmo, no licenciamento de centrais nucleares é obrigatória a análise do acidente de perda de refrigerante (LOCA). Este acidente, causado pela ruptura da tubulação do circuito primário e a perda, em um tempo extremamente curto, do refrigerante nele contido, conduz a um aumento da temperatura do revestimento da vareta combustível, quer pelo calor armazenado nas pastilhas, quer pela geração de calor por decaimento dos produtos de fissão.

Para evitar que a temperatura do revestimento aumente excessivamente, o que poderia causar a fusão do revestimento e conseqüentemente a liberação de produtos radioativos para a contenção, entra em ação o Sistema de Refrigeração de Emergência injetando água no núcleo. No entanto, acima de um certo valor da temperatura da superfície do revestimento, chamada temperatura de Leidenfrost ( $\theta_L$ ), o refrigerante não consegue fazer contato com a mesma. Como, durante um LOCA, as temperaturas no revestimento são geralmente maiores que  $\theta_L$ , o remolhamento só se processará, efetivamente, na região do revestimento cuja temperatura já tenha sido abaixada até esse limite. À medida em que o refrigerante molha o revestimento, estabelece-se uma frente de remolhamento, à montante da qual o revestimento já foi molhado e à jusante da qual ele está seco. A frente de remolhamento atinge, após algum tempo, uma velocidade e um tamanho que se manterão praticamente constantes até o final. Após atingir essa condição, a frente de remolhamento passa a ser denominada de frente estacionária.

A maioria dos trabalhos publicados [1-3], nesta área, procuraram caracterizar a frente estacionária. Para isso, adotaram um modelo térmico para o revestimento, desacoplado do fluido, fixando um perfil de transferência de calor com o fluido e trabalhando com um referencial móvel com a frente (velocidade constante). Com isso, eliminaram a dependência com o tempo e obtiveram soluções semi-analíticas (desenvolvimento em série) para o campo de temperaturas no revestimento. No trabalho [4] esse acoplamento é considerado e o método de diferenças finitas é empregado para a obtenção de soluções numéricas.

Nesse trabalho, baseado em [5], simula-se desde o aparecimento da frente de remolhamento até o estabelecimento da frente estacionária, com o que leva-se em conta os efeitos provenientes da entrada e saída do refrigerante. Admitindo-se que a injeção de água no núcleo é feita por baixo, a simulação do aparecimento da frente é conseguida mediante a definição de um coeficiente de transferência de calor no contorno inferior

da vareta. O problema transiente da condução de calor no revestimento da vareta combustível é resolvido no domínio bi-dimensional mostrado na figura 1a. Para simular a interação térmica entre a superfície do revestimento e o fluido a ela adjacente, assume-se, ao longo da vareta, um certo perfil para o coeficiente de transferência de calor (fig. 1b).

Soluções numéricas desse problema são obtidas usando-se o método dos elementos finitos para a discretização do domínio espacial, e uma variante do esquema de Crank-Nicolson para o avanço da solução no tempo.

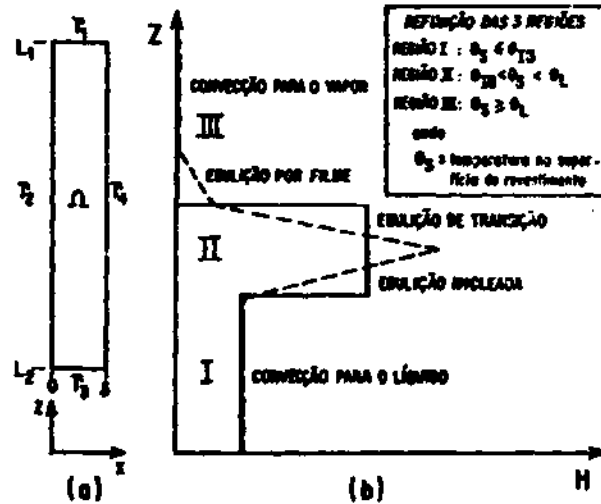


Fig. 1. a) Domínio de definição do problema. b) Aproximações para o perfil do coeficiente de transferência de calor

## FORMULAÇÃO DO PROBLEMA - DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Os limites inferior e superior da frente de remolhamento são os pontos do revestimento que estão respectivamente à temperatura de ebulição incipiente ( $\theta_{1B}$ ) e à temperatura de Leidenfrost ( $\theta_L$ ). Para simular o aparecimento da frente, estabeleceu-se um coeficiente de transferência de calor constante ( $h_f$ ) no contorno inferior da vareta. Esta transferência de calor faz com que a temperatura na parte inferior da vareta diminua. A partir do instante em que as temperaturas, nesta região do revestimento, se tornarem menores que  $\theta_L$ , a vareta começará a ser molhada, passando a existir uma transferência de calor no contorno lateral, entre a vareta e o refrigerante. A frente de remolhamento estará total-

mente formada quando aparecer na parte inferior do revestimento a temperatura  $\theta_{FB}$ .

Considera-se que a frente estacionária está estabelecida, a partir do instante em que a velocidade e o tamanho da frente de remolhamento assumem valores que se mantêm praticamente constantes. Para se saber a velocidade e o tamanho da frente deve-se conhecer a distribuição espacial e temporal da temperatura no revestimento da vareta combustível. Assim sendo, é necessário resolver a equação da condução de calor dependente do tempo no revestimento.

**Hipóteses Utilizadas.** No modelo desenvolvido são utilizadas as seguintes hipóteses:

i) Admite-se simetria axial e portanto o domínio de definição do problema é a região bidimensional  $\Omega$  (fig. 1a).

ii) A temperatura no contorno superior do revestimento (fronteira  $\Gamma_1$ ) é considerada conhecida e fixa no tempo, sendo seu valor igual à temperatura inicial do revestimento.

iii) Admite-se que, no contorno entre o combustível e o revestimento (fronteira  $\Gamma_2$ ), se possa ter fluxo prescrito não-nulo. Deste modo, pode-se considerar, ainda que de forma simplificada, os efeitos do calor que continua a ser gerado no combustível pelo decaimento dos produtos de fissão, e também a redistribuição do calor acumulado no combustível durante o funcionamento normal do reator.

iv) Os fenômenos termo-hidráulicos que governariam os diferentes mecanismos de transferência de calor, entre o revestimento e o refrigerante, não são considerados. Este problema é tratado de modo aproximado, de forma que o efeito térmico do refrigerante sobre o revestimento é indiretamente levado em conta pelo estabelecimento apriorístico de uma certa distribuição de fluxo de calor entre ambos (fronteira  $\Gamma_3$ ). Para modelar o perfil do coeficiente de transferência de calor, entre o revestimento e o refrigerante, foram utilizados dois tipos de aproximações que são mostrados na figura 1b.

Convém observar que, em qualquer das duas aproximações adotadas, a despeito da escolha prévia do mecanismo de transferência de calor entre o revestimento e o refrigerante, a distribuição da função  $H(z, t)$ , que depende do conhecimento da posição da frente de remolhamento e do seu comprimento, só pode ser determinada uma vez resolvido globalmente o problema de condução de calor no revestimento. Em outras palavras, esta condição de contorno, que introduz uma não-linearidade no problema, traduz, ainda que de forma aproximada, a interação revestimento-refrigerante.

v) As propriedades materiais do revestimento irão depender da aproximação usada para o perfil do coeficiente de transferência de calor entre o revestimento e o refrigerante. No caso da primeira aproximação (linha cheia na fig. 1b) as propriedades materiais serão consideradas constantes por região, enquanto que, na segunda aproximação (linha tracejada) elas serão consideradas variáveis com a posição axial.

De acordo com as hipóteses anteriores, o problema a ser analisado é descrito por:

- Equação da condução de calor (regime transiente)

$$\text{div}[-K(z, t)\nabla\theta(x, z, t)] + \rho(z, t)c_p(z, t)\dot{\theta}(x, z, t) = 0; \quad \text{em } \Omega \times [0, T] \quad (1)$$

onde  $\theta(x, z, t)$  é o campo de temperatura do revestimento, e  $K(z, t)$ ,  $\rho(z, t)$  e  $c_p(z, t)$  representam respectivamente a condutividade térmica, a densidade e o calor específico do material do revestimento.

- Condição Inicial

$$\theta(x, z, 0) = \theta_0(x, z) \quad (2)$$

onde  $\theta_0(x, z)$  é o campo de temperatura inicial do revestimento.

- Condições de Contorno

$$(i) \theta(x, z, t)|_{z=L_1} = \bar{\theta}(x, t) \quad \text{em } \Gamma_1, \quad (3)$$

onde  $\bar{\theta}$  é a temperatura prescrita na face superior do revestimento.

$$(ii) -K(z, t) \frac{\partial\theta(x, z, t)}{\partial x} \Big|_{x=0} = \bar{q}_0(z, t) \quad \text{em } \Gamma_2, \quad (4)$$

onde  $\bar{q}_0$  é o fluxo de calor prescrito entre o combustível e o revestimento.

$$(iii) -K(z, t) \frac{\partial\theta(x, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=L_2} = -H_F[\theta_{EF} - \theta(x, L_2, t)] \quad \text{em } \Gamma_3, \quad (5)$$

onde  $\theta_{EF}$  é a temperatura de entrada do refrigerante.

$$(iv) K(z, t) \frac{\partial\theta(x, z, t)}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = H(z, t)[\theta_F(z, t) - \theta(\delta, z, t)] \quad \text{em } \Gamma_4, \quad (6)$$

onde  $\theta_F(z, t)$  é a temperatura do refrigerante e  $\delta$  é a espessura do revestimento.

No caso em estudo, o fluxo de calor entre o revestimento e o refrigerante é uma função seccionalmente contínua. É esperado, portanto, que numa pequena região da superfície do revestimento, próxima à frente de remolhamento, desenvolvam-se acentuados gradientes de temperatura. Assim, do ponto de vista de soluções numéricas, é mais conveniente a utilização de uma formulação variacional.

**Formulação Variacional.** Define-se o espaço de variações admissíveis  $V_0$  como sendo igual a

$$V_0 = \{\theta \in L_2(\Omega); (\nabla\theta)_i \in L_2(\Omega); \theta|_{\Gamma_1} = 0; i=1, 2\}; \quad (7)$$

e o conjunto de funções admissíveis  $K_0$  como sendo:

$$K_0 = \{\theta \in L_2(\Omega); (\nabla\theta)_i \in L_2(\Omega); \theta|_{\Gamma_1} = \bar{\theta}; i=1, 2\}, \quad (8)$$

onde  $L_2(\Omega)$  é o espaço das funções quadrado-integráveis em  $\Omega$ , e  $\Gamma_1$  é o contorno de  $\Omega$  com temperatura prescrita.

A formulação variacional do problema, equivalente à obtenção da solução fraca do problema de condução de calor, consiste na determinação do elemento  $\theta(x, t) \in K_0$  que satisfaz a condição inicial (2), e que para cada tempo  $t \in [0, T]$  verifica a forma variacional

$$\int_{\Omega} (K\nabla\theta \cdot \nabla\bar{\theta} + \rho c_p \frac{\partial\theta}{\partial t} \bar{\theta}) d\Omega - \int_{\Gamma_2} \bar{q}_0 \bar{\theta} d\Gamma - \int_{\Gamma_3} (H_F \theta_{EF} - H_F \theta) \bar{\theta} d\Gamma - \int_{\Gamma_4} (H\theta_F - H\theta) \bar{\theta} d\Gamma = 0; \quad \forall \bar{\theta} \in V_0 \quad (9)$$

de maneira tal que:

$$\theta - \bar{\theta} \in V_0; \quad \forall \bar{\theta} \in K_0. \quad (10)$$

**Modelo Discreto-Soluções Aproximadas.** Seja  $V_0^j$  um subespaço de dimensão finita de  $V_0$  e  $\{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_j\}$  uma base desse subespaço. O subespaço  $V_0^j$  é construído pelo método dos elementos finitos. Para isto, a região  $\Omega$  é particionada em triângulos que não se sobrepõem. Em cada triângulo, o campo de temperatura é aproximado por:

$$\theta^e(x, z, t) = \sum_{j=1}^3 L_j(x, z) \theta_j^e(t) \quad (x, z) \in \Omega^e, \quad (11)$$

onde  $L_j(x, z)$  são as funções de interpolação local e  $\theta_j(t)$  são os valores nodais da temperatura.

A união, para um dado nó  $i$  da malha, das  $L_j(x, z)$  de todos os elementos a que este nó pertence, irá fornecer a função de interpolação global associada ao nó  $i$ , e que corresponde justamente à componente  $\phi_i$  da base do espaço  $V_0^h$ . Adotando-se em cada elemento uma interpolação linear,  $V_0^h$  fica definido como:

$$V_0^h = \{ \theta^h \in C^0; \theta^h|_{\Omega^e} \in P^1; \theta^h|_{\Gamma_i} = 0 \}, \quad (12)$$

onde  $P^1$  é o espaço dos polinômios de grau menor ou igual a 1, e  $C^0$  designa o espaço de funções contínuas.

Usando-se, para o campo de temperatura, a aproximação  $\theta^h = \sum_{i=1}^N \phi_i(x, z)\theta^i(t)$ , e utilizando-se o método de

Galerkin na forma variacional (9), chega-se a um sistema de equações diferenciais de 1ª ordem, que pode ser escrito matricialmente como:

$$[C](\dot{\theta}) + [K](\theta) = (F), \quad (13)$$

onde  $[C]_{ij} = \int_{\Omega} \rho c \phi_i \phi_j d\Omega$ ;  $i, j=1, 2, \dots, N$ ,

$$[K]_{ij} = \int_{\Omega} k \nabla \phi_i \cdot \nabla \phi_j d\Omega + \int_{\Gamma_3} H_F \phi_i \phi_j d\Gamma + \int_{\Gamma_4} H\theta_i \phi_j d\Gamma;$$

$$i, j=1, 2, \dots, N,$$

$$(F)_i = \int_{\Gamma_2} \bar{q}_0 \phi_i d\Gamma + \int_{\Gamma_3} H_F \theta_{EF} \phi_i d\Gamma + \int_{\Gamma_4} H\theta_F \phi_i d\Gamma;$$

$$i=1, 2, \dots, N,$$

$$(\theta)^T = (\theta^1, \theta^2, \dots, \theta^N) \text{ e } (\dot{\theta})^T = (\dot{\theta}^1, \dot{\theta}^2, \dots, \dot{\theta}^N).$$

A determinação dos parâmetros  $\theta^i$ , a partir dos quais fica caracterizado  $\theta^h$ , exige a integração do sistema de equações (13). Utilizando-se o esquema de Crank-Nicolson obtém-se

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\Delta t} [C]_{n+1} + \frac{1}{2\Delta t} [C]_n + \frac{1}{2} [K]_{n+1} (\theta_{n+1}) &= \\ &= \left[ \frac{1}{2\Delta t} [C]_{n+1} + \frac{1}{2\Delta t} [C]_n - \frac{1}{2} [K]_n \right] (\theta_n) + \\ &+ \frac{1}{2} (F_{n+1}) + \frac{1}{2} (F_n), \end{aligned} \quad (14)$$

onde levou-se em conta que  $[C]$ ,  $[K]$  e  $(F)$  dependem do campo de temperatura e, portanto, implicitamente, do instante considerado. Na expressão anterior, o índice  $(n+1)$  indica valores a serem avaliados no instante de cálculo  $t_{n+1} = (n+1)\Delta t$  e o índice  $n$  corresponde a valores conhecidos no instante anterior  $t_n = n\Delta t$ .

Como o sistema de equações (14) é não-linear, uma linearização é feita pelo seguinte esquema iterativo:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\Delta t} [C]_{n+1}^{(k)} + \frac{1}{2\Delta t} [C]_n + \frac{1}{2} [K]_{n+1}^{(k-1)} (\theta_{n+1}^{(k)}) &= \\ &= \left[ \frac{1}{2\Delta t} [C]_{n+1}^{(k-1)} + \frac{1}{2\Delta t} [C]_n - \frac{1}{2} [K]_n \right] (\theta_n) + \\ &+ \frac{1}{2} (F_{n+1}^{(k-1)}) + \frac{1}{2} (F_n), \end{aligned} \quad (15)$$

onde o índice  $k$  indica a iteração que está sendo realizada. Assim, fixado o instante de tempo, repete-se o processo iterativo até que a convergência desejada seja alcançada, quando, então, um novo instante de tempo é considerado.

O método de Crank-Nicolson, dependendo do passo de integração utilizado, conduz a uma resposta oscila-

tória. Para isto ser evitado seria necessário utilizar um intervalo de tempo muito pequeno para o avanço da solução, o que aumentaria muito o tempo de processamento. Para se contornar este problema, adotou-se o procedimento proposto em [6], que consiste em assumir que o valor calculado  $\theta_{n+1}^*$  é apenas uma previsão que será

utilizada para o cálculo final de  $\theta_{n+1/2} = (\theta_{n+1}^* + \theta_n)/2$ ,

o qual será a partida para o cálculo, no próximo passo, do valor final de  $\theta_{n+1}$ . Desta maneira, obtém-se um algoritmo incondicionalmente estável e que elimina o caráter oscilatório que existia anteriormente.

### RESULTADOS NUMÉRICOS

O modelo desenvolvido na seção anterior foi empregado no estudo do remolhamento de uma vareta combustível, medindo 3.6 metros e com uma espessura de revestimento de 0.6 milímetros. Admitiu-se em todas as análises que a temperatura inicial do revestimento era  $\theta_0 = 500^\circ\text{C}$ , adotando-se um perfil, para o coeficiente de transferência de calor, idêntico ao da figura 1b em linha cheia. Os resultados apresentados a seguir, foram obtidos com uma malha de (6x54) elementos, num total de 220 nós. Na parte inferior da vareta, onde ocorre a formação e estabilização da frente de remolhamento e, portanto, elevados gradientes de temperatura, a discretização envolveu (6x40) elementos, distribuídos numa altura de aproximadamente 20 milímetros.

Na figura 2 é mostrada a variação, com o tempo, da velocidade  $U$  da frente de remolhamento, para diversos valores do coeficiente de transferência de calor  $H_F$  no contorno inferior da vareta. Como pode ser observado, qualquer que seja esse coeficiente, a velocidade da frente, depois de algum tempo, irá alcançar um valor que se mantém constante até o fim do remolhamento. Denomina-se esta velocidade, que independe de  $H_F$ , de velocidade  $\bar{U}$  da frente estacionária. O tempo de estabilização, ou seja, o tempo que a frente demora para atingir um perfil estacionário depende de  $H_F$ . Como era de se esperar, esse tempo é inversamente proporcional a  $H_F$ . A figura 3 confirma que a velocidade  $\bar{U}$  independe de  $H_F$  para qualquer valor de  $B_2$  ( $n^\circ$  de Biot da região da frente de remolhamento).

Na figura 4 é mostrada a variação de temperatura da superfície do revestimento com a posição axial na vareta. Vê-se, claramente, que a temperatura do revestimento sofre uma queda brusca na região da frente de remolhamento. Pode-se observar ainda, nessa figura, que quanto maior for o número de Biot  $B_2$  da região da frente tanto mais acentuada é a queda na temperatura. No caso de  $B_2$  igual a 5, essa redução é muito drástica, e

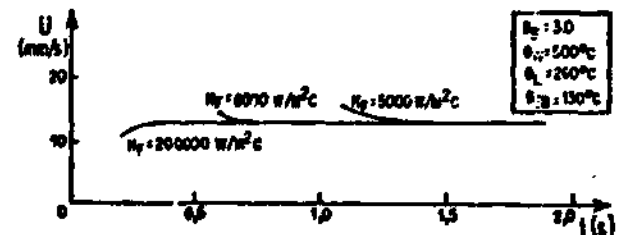


Fig. 2. Evolução da velocidade de remolhamento

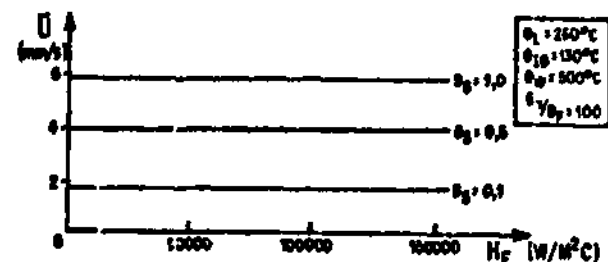


Fig. 3. Velocidade da frente estacionária  $\bar{U}$  x  $H_F$

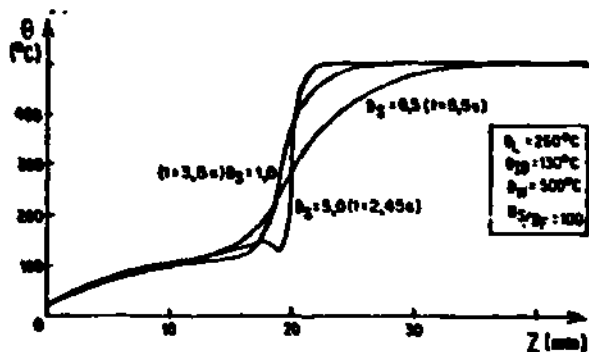
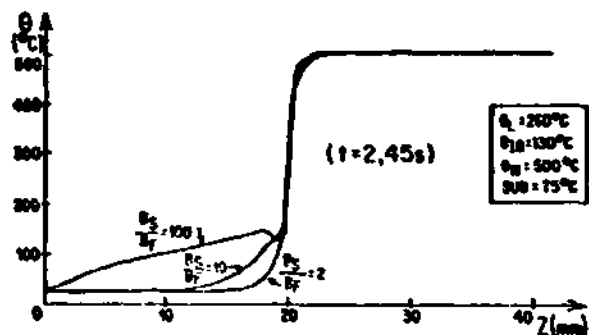


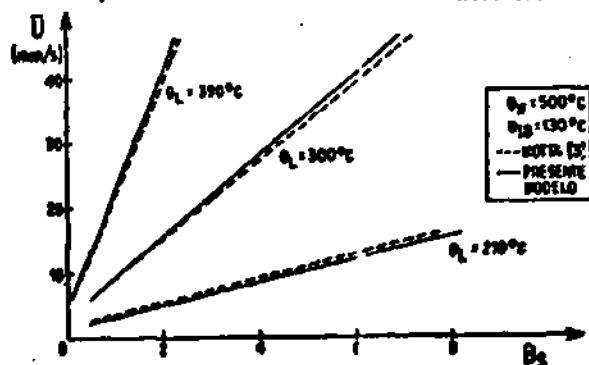
Fig. 4. Temperatura na superfície do revestimento

Fig. 5. Temperatura na superf. do revestimento ( $B_2=5,0$ )

o fluxo de calor axial gerado é muito grande, de forma que o fluxo de calor radial, na região já remolhada, é insuficiente para evitar o aumento de temperatura que se nota à montante da região da frente de remolhamento.

A explicação anterior é justificada na fig. 5, em que se plota-se a temperatura da superfície do revestimento contra a posição axial na vareta, para diversos valores do parâmetro ( $B_2/B_1$ ). Como o valor de  $B_2$  é mantido igual a 5, para diminuir esse parâmetro é necessário aumentar o valor do número de Biot  $B_1$  da região já molhada. Com isso possibilita-se uma maior retirada de calor nessa região. Esperava-se que, com a diminuição desse parâmetro, desaparecesse o aumento de temperatura observado anteriormente à montante da frente de remolhamento, o que de fato ocorreu.

Finalmente, na figura 6 comparam-se os resultados obtidos com o modelo desenvolvido nesse trabalho com os resultados do modelo proposto por Motta [3]. Pode-se observar que existe uma boa concordância entre eles.

Fig. 6. Velocidade da frente estacionária  $x B_2$ 

#### CONCLUSÕES

Com o modelo desenvolvido neste trabalho é possível simular desde o aparecimento de frente de remolhamento até o estabelecimento da frente estacionária.

Como era de se esperar, soluções estacionárias são obtidas como limites de soluções transientes. Vale ressaltar que, assim nesses casos, justifica-se uma análise transiente, pois no intervalo de tempo decorrido

entre a formação e a estabilização da frente de remolhamento podem ocorrer picos de tensões térmicas que poderiam comprometer a integridade do revestimento e que, eventualmente, não seriam detectados por uma análise de tensões baseada no campo de temperaturas da frente estacionária.

Por último, em trabalhos futuros, pretende-se acoplar a esse modelo os fenômenos termo-hidráulicos, de forma a representar mais realisticamente a interação térmica revestimento-refrigerante.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Yeh, H., "An Analysis of Rewetting of a Nuclear Fuel Rod in Water Reactor Emergency Core Cooling", *Nucl. Eng. Des.*, v. 34(1975), p. 317-322.
- [2] Saman, M.E.; Temraz, H.M., "A Three Regions Semi-Analytical Rewetting Model", *Nucl. Eng. Des.*, v. 64 (1981), p. 319-327.
- [3] Motta, A.T., "Análise Bidimensional do Fenômeno do Remolhamento", Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ (1983).
- [4] Arrieta, L.; Yadigaroglu, G., "Analytical Model for Bottom Reflooding Heat Transfer in Light Water Reactors", Univ. of California, Berkeley (1978).
- [5] Folescu, J., "Estudo da Evolução da Frente de Remolhamento num Reator PWR pelo Método dos Elementos Finitos", Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ (1985).
- [6] Galeão, A.C.; Loula, A.F., "Métodos Numéricos em Análise Dinâmica", Monografia do 2º Curso de Mecânica Teórica e Aplicada, LNCC/CNPq, Rio de Janeiro (1984).

#### SUMMARY

In this work a model for the rewetting problem associated with the loss of coolant accident in a PWR reactor is proposed. A variational formulation for the time-dependent heat conduction problem on fuel rod cladding is used, and appropriate boundary conditions are assumed in order to simulate the thermal interaction between the fuel rod cladding and the fluid. A numerical procedure which uses the finite element method for the spatial discretization and a Crank-Nicolson-like method for the step-by-step integration is developed. Some numerical results are presented showing the quench front evolution and its stationary profile.