



# DESENVOLVIMENTO DE UMA MODELAGEM DA CENTRAL NUCLEAR DE ANGRA 1 NO CÓDIGO RELAP5: REGIME PERMANENTE A PLENA POTÊNCIA



*Adolfo R. Hamers, Claúbia Pereira, Antonella L. Costa, Maria Auxiliadora F. Veloso*

*Universidade Federal de Minas Gerais*

*Departamento de Engenharia Nuclear*

## RESUMO

A proposta deste trabalho é apresentar uma modelagem termo-hidráulica detalhada para a usina nuclear Angra 1 utilizando o código RELAP5. O modelo compreende todo o circuito primário e secundário incluindo a válvula de vapor principal localizada na parte superior do gerador de vapor, antes das linhas de vapor. O modelo utiliza cinética pontual para o cálculo da potência fornecida ao fluido pelo combustível nuclear no vaso de pressão do reator. São apresentados os componentes hidráulicos e estruturas de calor que foram modelados em detalhes. Os testes iniciais do modelo geraram resultados de cálculo estacionário em boa concordância com os dados disponíveis da planta e são apresentados neste trabalho.

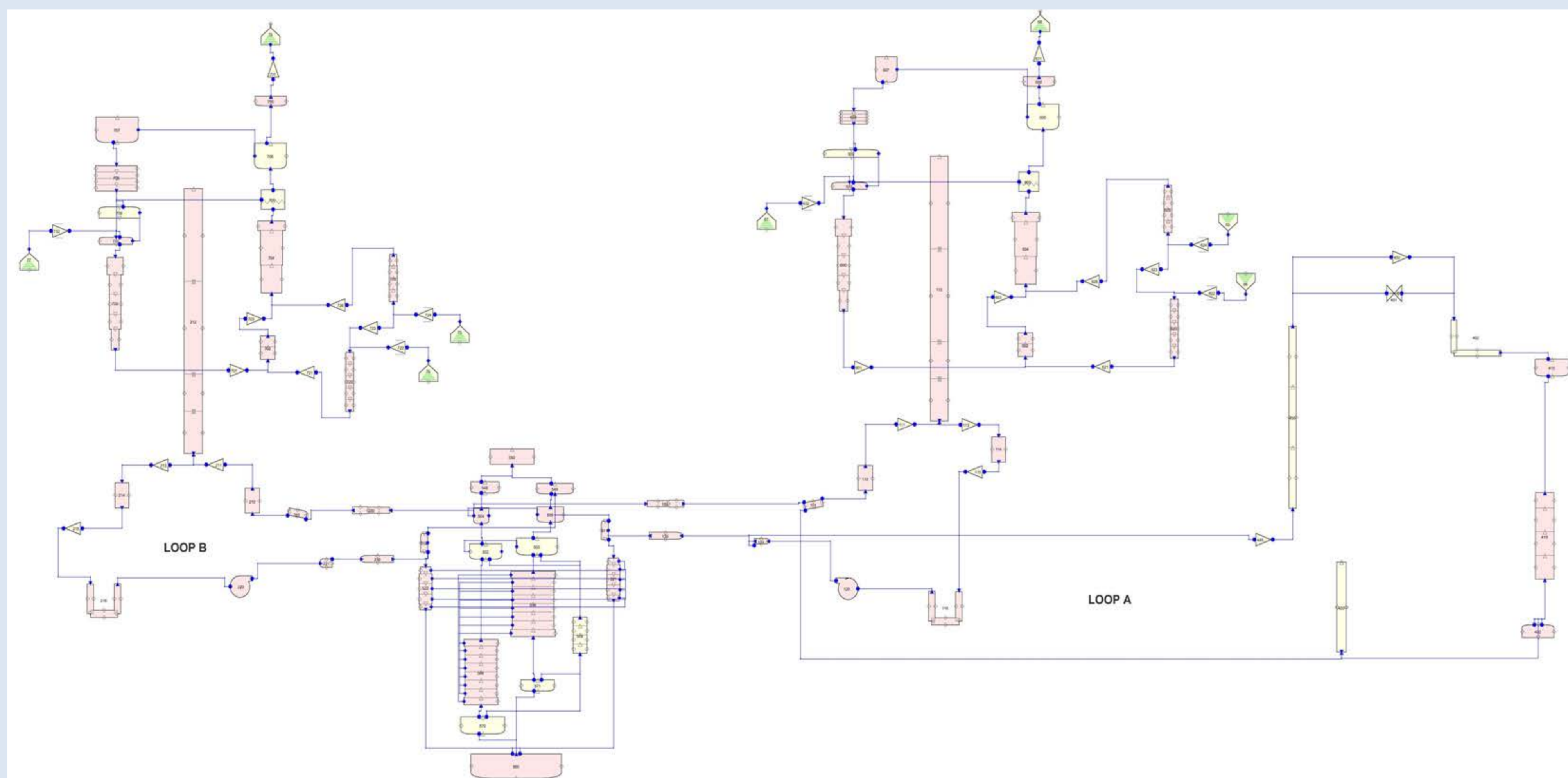
## MODELO DE ANGRA 1

O modelo na fase atual está completo, com modelagem hidráulica dos componentes termo-hidráulicos do primário e do secundário. No primário foram incluídos os dois loops de refrigeração com seus devidos componentes e o pressurizador está representado no loop A. O núcleo foi dividido em duas partes para melhor representar a distribuição de calor devido à distribuição de potência. O secundário também foi representado pelo gerador de vapor. Do ponto de vista da transferência de calor, o modelo inclui todas as estruturas passivas da planta, ou seja, as estruturas dos tubos de refrigeração, o modelo para a transferência de calor para a contenção, a estrutura de calor dos tubos em U do gerador de vapor com o seu isolamento. A estrutura metálica do vaso está modelada sem transferência de calor para a contenção.

## REGIME ESTACIONÁRIO

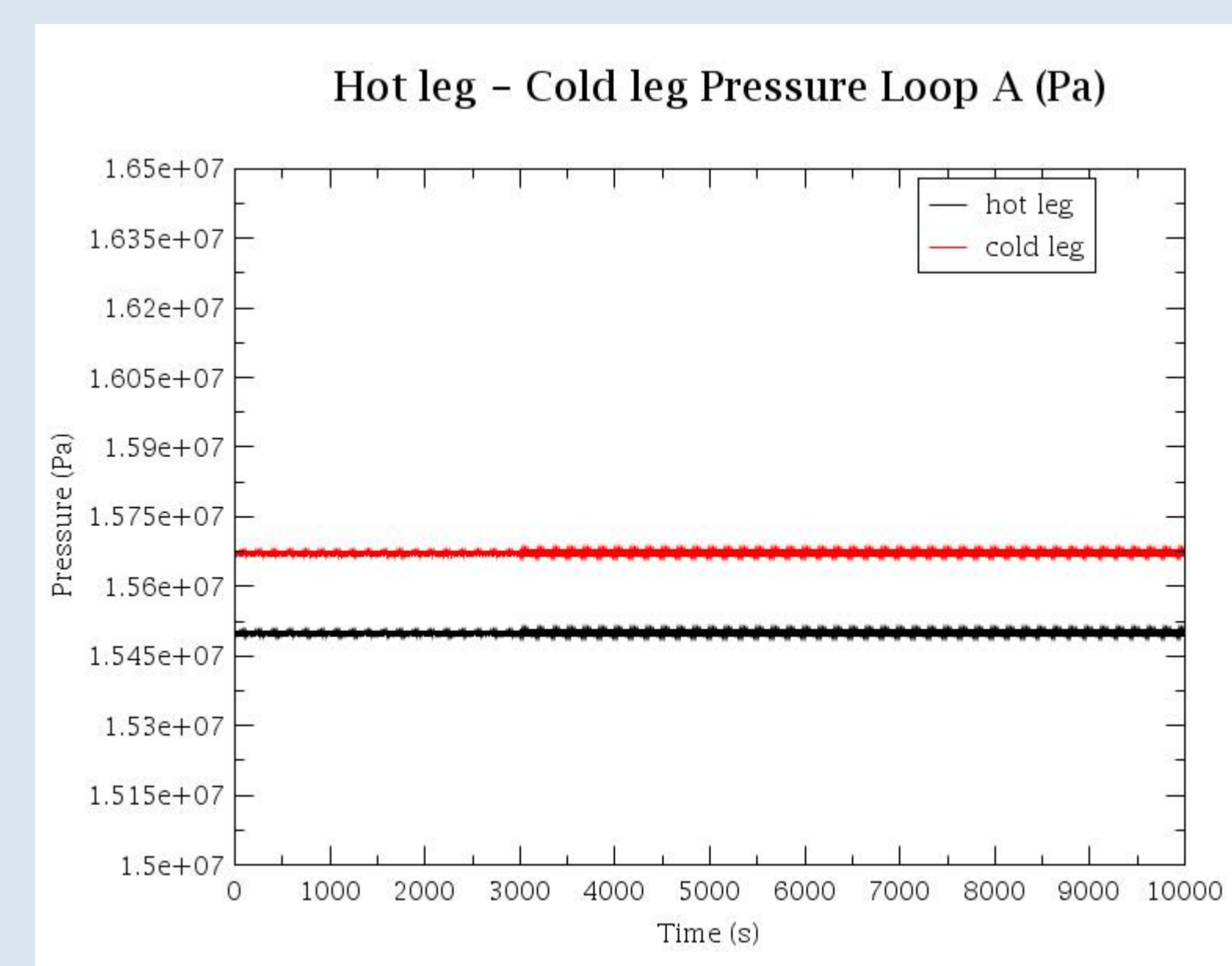
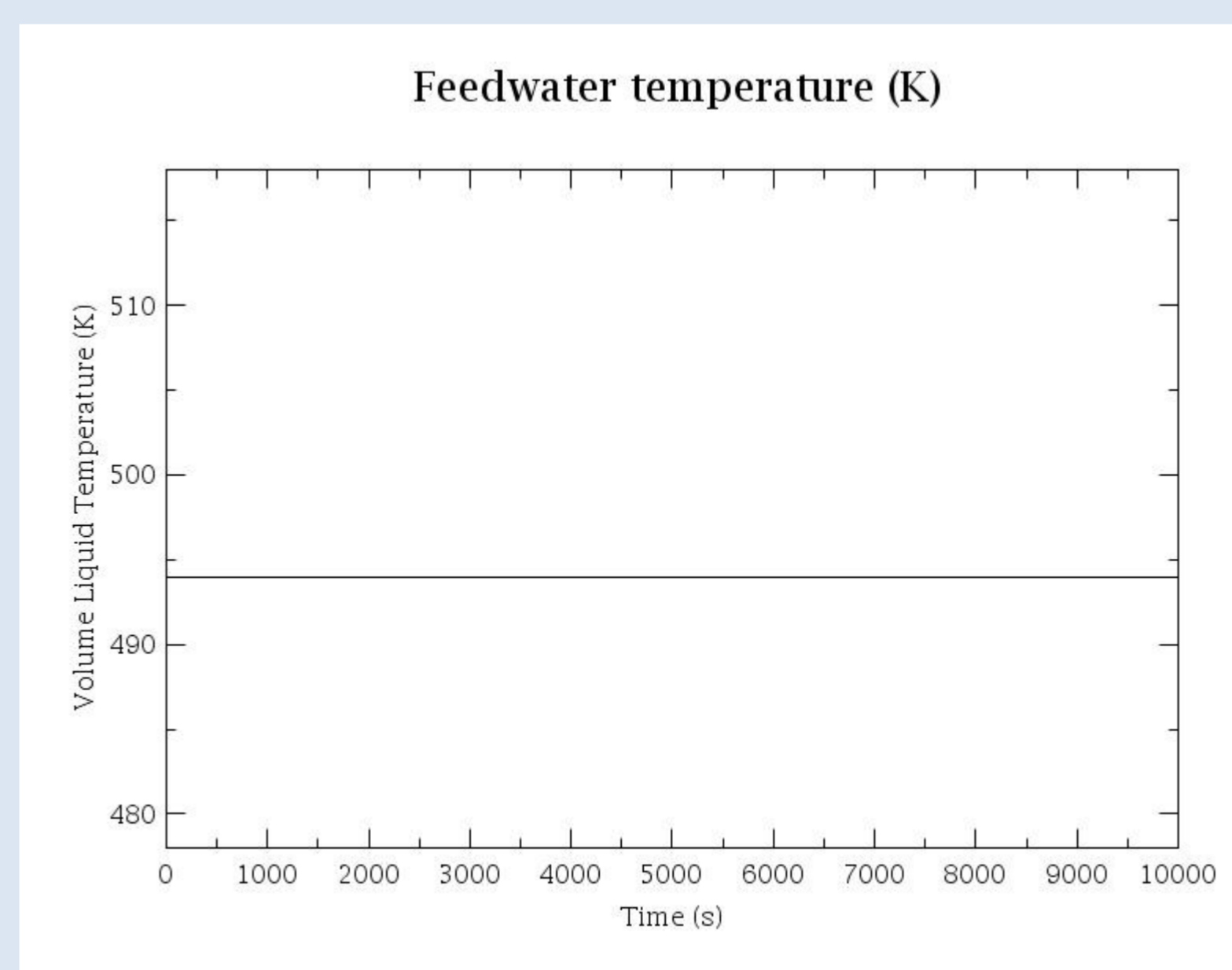
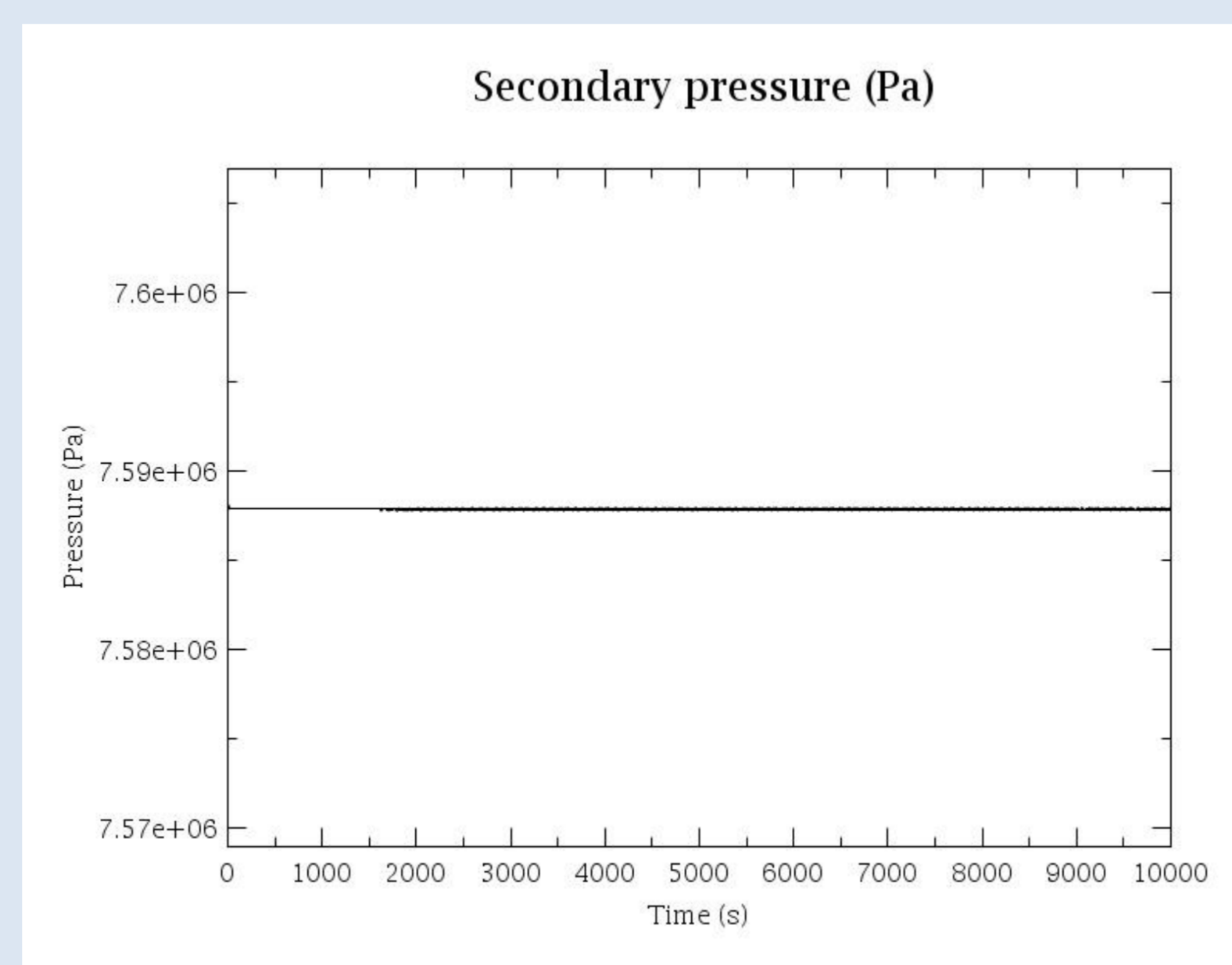
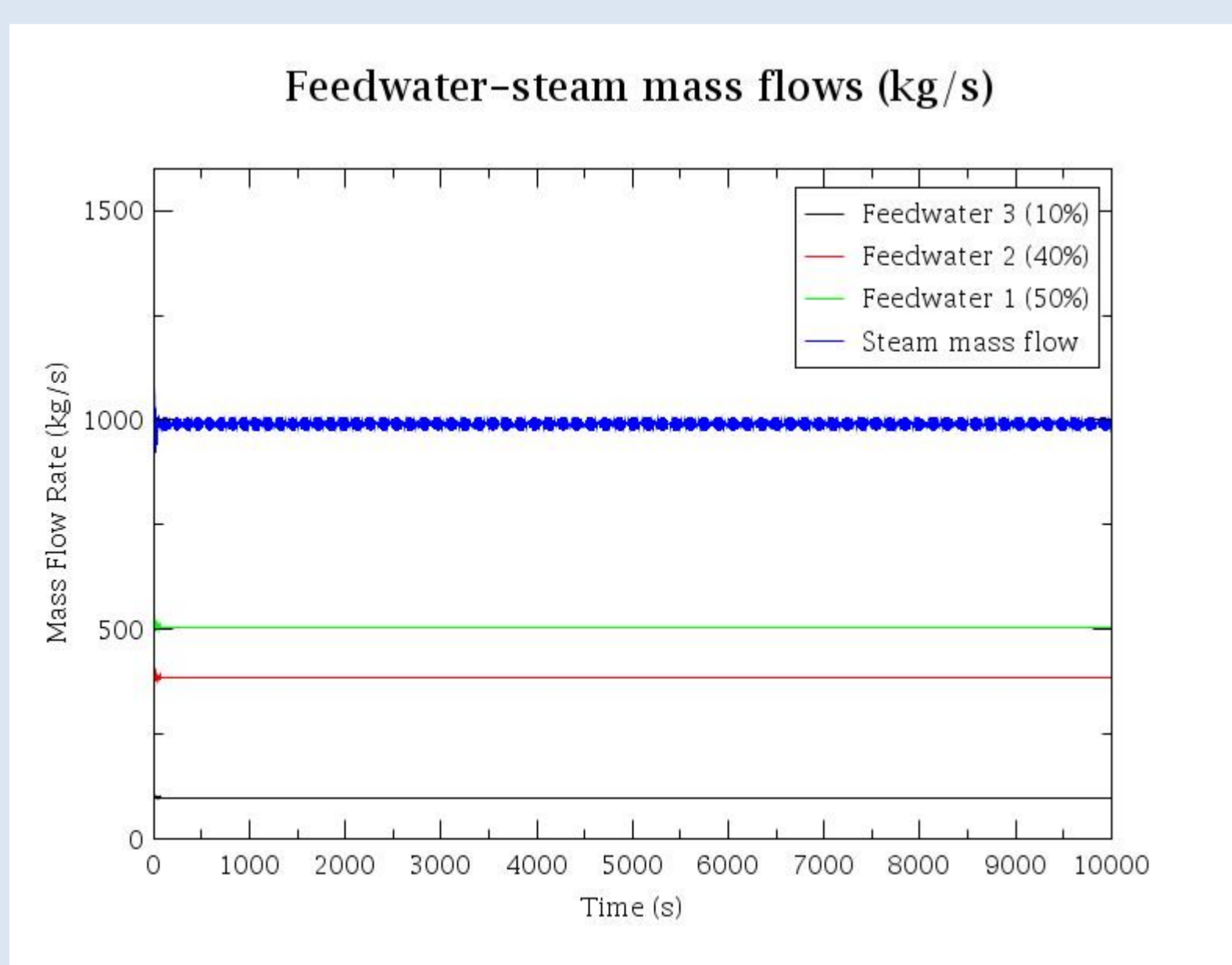
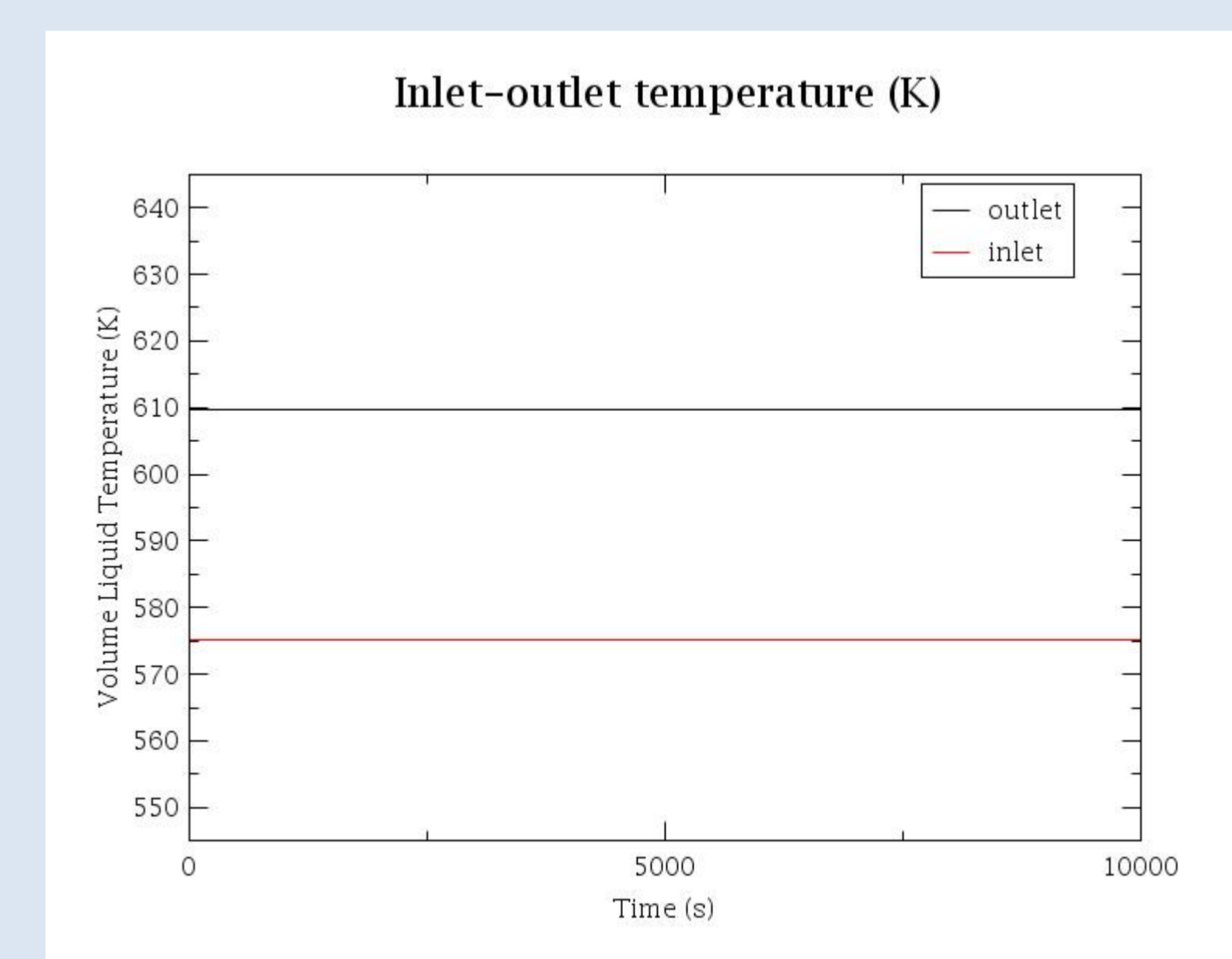
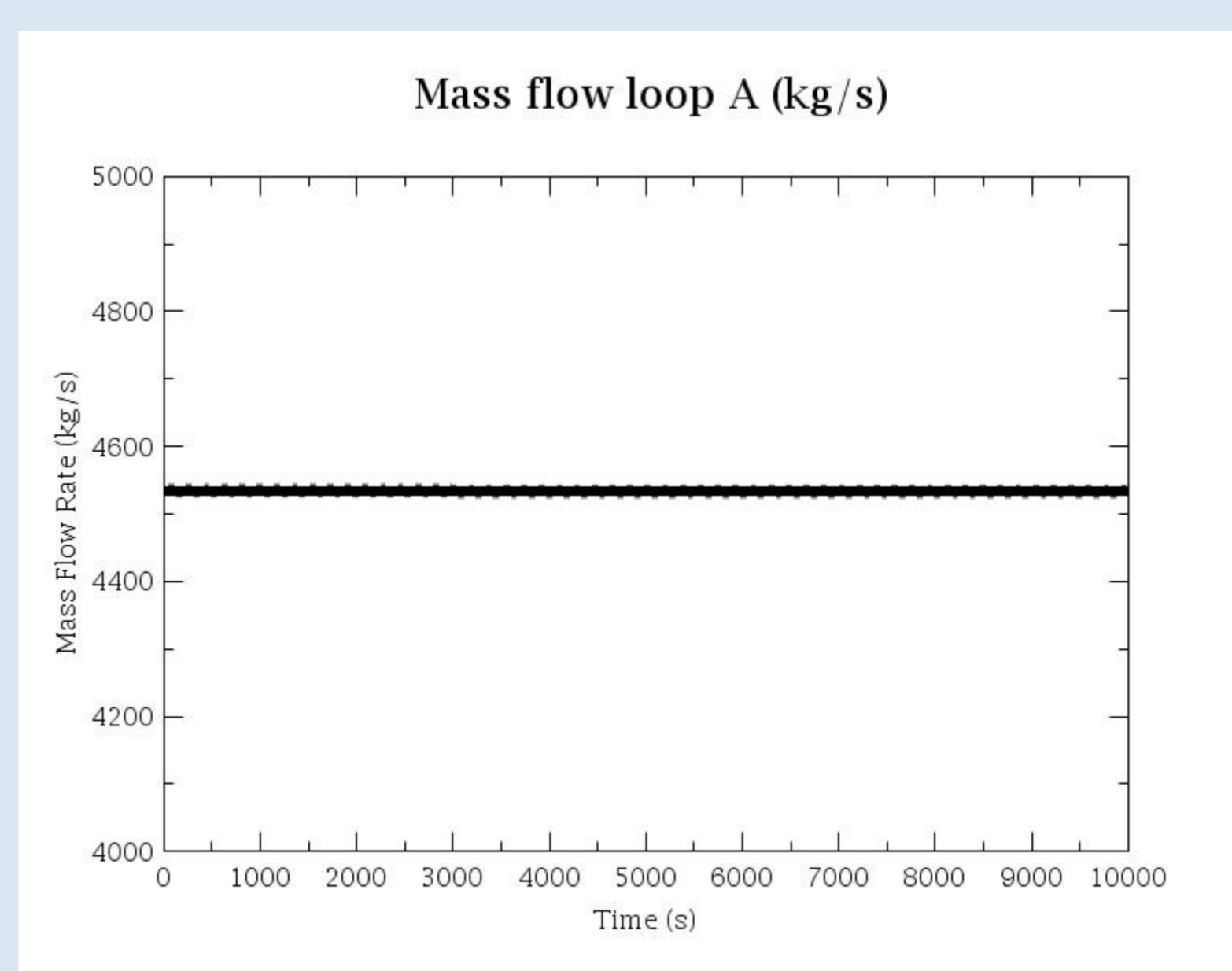
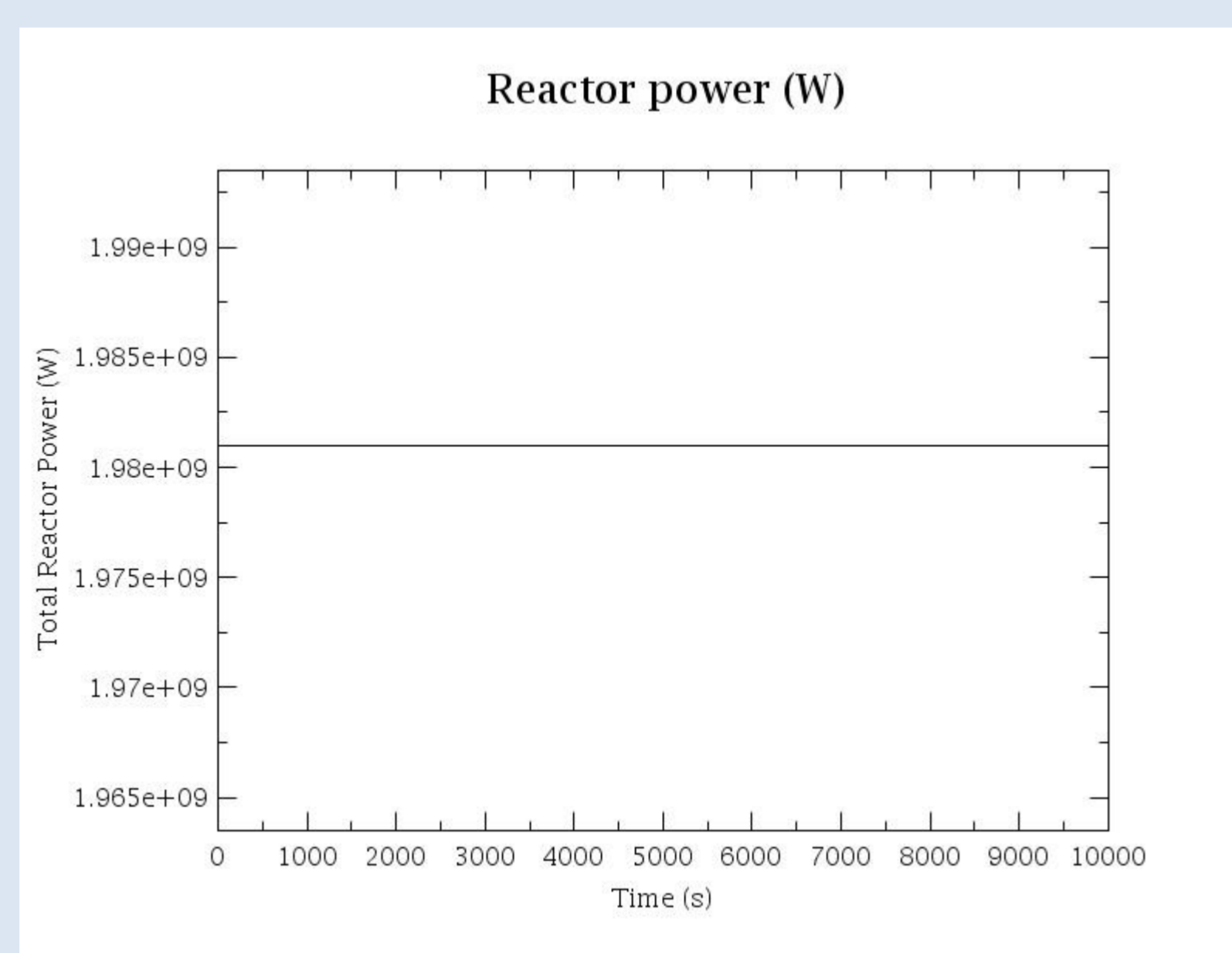
A capacidade do modelo desenvolvido no RELAP5/MOD3.3 (Fig. 1) foi testada reproduzindo o regime estacionário em potência nominal. Como pode ser visto na Tabela 1, os resultados foram satisfatórios. Apesar do gradiente de temperatura calculado no núcleo estar de acordo com o valor nominal, ainda é necessário ajustar certos parâmetros para que o cálculo alcance o mesmo valor de temperatura na entrada do núcleo em relação aos dados de referência. Alguns dados, como por exemplo, das bombas, não estão disponíveis, e dificultam a obtenção de dados mais precisos. Os gráficos representados abaixo demonstram que todos os parâmetros alcançam o estado estacionário ao longo do tempo.

Fig. 1. Modelagem de Angra 1 no código RELAP5 desenvolvida no programa SNAP.



Tab. 1. Resultados de cálculo estacionário a plena potência comparados com os dados de referência.

Variável	Valor nominal (FSAR Angra 1)	RELAP5
Reactor power (W)	1.98E9	1.98E9
Hot leg temperature (K)	593.6	615
Cold leg temperature (K)	556.0	575.1
Mass flow rate per loop (kg/s)	4500	4530
Hot leg pressure (Pa)	1.55E7	1.55E7
Cold leg pressure (Pa)	-	1.57E7
Steam mass flow (kg/s)	1000	999
Secondary pressure (Pa)	7.585E6	7.586E6
Secondary feedwater temperature (K)	493.95	493.95
Feedwater mass flow (kg/s)	1000	1000



## CONCLUSÕES

- Uma nodalização para o reator de Angra 1 foi desenvolvida no código RELAP5/MOD3.3;
- O modelo simula o núcleo, vaso de pressão, todo o sistema primário e parte do sistema secundário;
- Simulou-se o estado estacionário a plena potência e os resultados foram comparados aos dados do documento FSAR de Angra 1 com boa aproximação;
- O modelo ainda está em fase de ajuste, principalmente em relação à modelagem mais precisa das bombas de refrigeração, cujos dados não foram encontrados em detalhes no FSAR.
- Quando o modelo estiver totalmente ajustado para o estado estacionário, cálculos de transitórios serão realizados.