

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO FENÔMENO DE CIRCULAÇÃO NATURAL

Gaianê Sabundjian
Delvonei Alves de Andrade
Pedro E. Umbehaun
Walmir M. Torres
Alfredo José Alvim de Castro
Antonio Belchior Jr.
Ricardo Takeshi Vieira da Rocha
Osvaldo Luiz de Almeida Damy
Eduardo Torres

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cid. Univ.
CEP 05508-970 – São Paulo – SP
Tel.: 3816-9165(263)
IPEN/CNEN

gdjian@ipen.br
delvonei@ipen.br
umbehaun@ipen.br
wmtorres@ipen.br
ajcastro@net.ipen.br
belchior@ctm.sp.mar.mil.br
rtvrocha@uol.com.br
osvaldo.damy@poli.usp.br
eduardo.torres@poli.usp.br

Resumo. O objetivo deste trabalho consiste em estudar o fenômeno da circulação natural em circuitos experimentais para aplicação em instalações nucleares. Dada a nova geração de reatores nucleares compactos, que utiliza a circulação natural do fluido refrigerante como sistema de refrigeração e de remoção de calor residual em caso de acidente ou desligamento da planta, houve um crescente interesse na comunidade científica pelo estudo desse fenômeno. Um circuito experimental foi montado no Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, com o objetivo de estudar o fenômeno de circulação natural monofásica e bifásica. Foram realizados experimentos com diferentes níveis de potência no aquecedor e vazão de água de resfriamento no circuito secundário, que originou um banco de dados que será utilizado para validar alguns programas computacionais de termo-hidráulica. Os resultados experimentais obtidos para os regimes monofásico e bifásico são apresentados neste trabalho e também a modelagem proposta para simular os regimes de escoamento com o código RELAP5.

Palavras Chave: RELAP5, Escoamentos Monofásico e Bifásico, Circulação Natural, Circuito Experimental.

1. Introdução

A circulação natural é o regime de operação onde a força motriz do escoamento é a força de empuxo gerada pela diferença de densidades no fluido. Os circuitos operando em regime de circulação natural, também chamados termosifões, têm várias aplicações na engenharia: aquecimento de água através da energia solar, refrigeração em processos químicos, resfriamento de componentes eletrônicos, aplicações na energia geotérmica, reatores nucleares, etc. Um termosifão é um circuito, aberto ou fechado, onde o fluido de trabalho circula entre uma região quente e uma região fria. O fluido, na região do aquecedor, é aquecido provocando uma diminuição de sua densidade e o fluido na região do trocador de calor é resfriado. O desequilíbrio hidrostático entre os ramais verticais do circuito gera uma vazão de circulação. Em reatores nucleares o fenômeno de circulação natural é importante para a remoção de calor residual no caso de perda de alimentação das bombas do circuito primário e em operações a baixa potência, como mostram (Bastos, 1992; Lavrador, 1994; Bastos, 1994; Torres, 1994).

A motivação deste trabalho é o de estudar a fenomenologia da circulação natural em instalações nucleares. Este estudo se faz necessário, pois a nova geração de reatores nucleares compactos utiliza a circulação natural do fluido refrigerante como sistema de refrigeração e de remoção de calor residual em caso de acidente ou desligamento da planta. Outra aplicação dos resultados gerados deste circuito experimental é a validação dos modelos que existem dentro do código RELAP5 (The RELAP5 Development Team, 1995), quando da simulação de sistemas do resfriamento do núcleo de um reator nuclear durante seu desligamento.

2. Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é o de estudar a fenomenologia da circulação natural em circuitos experimentais com aplicação em instalações nucleares.

Este estudo envolve os dois tipos de escoamento do fluido refrigerante dos reatores nucleares, que são o escoamento monofásico, no caso da operação normal, e bifásica no caso de algum transitório ou acidente que ocorra na planta. A aplicação principal dos resultados gerados neste circuito experimental será na elaboração de um banco de dados para a validação do código RELAP5, quando da utilização desse programa na simulação do sistema de circulação natural em reatores nucleares. O RELAP5 é um programa computacional muito utilizado na simulação de transitórios e de acidentes em plantas nucleares, além de ser muito utilizado nos institutos da CNEN, para fins de licenciamento das usinas nucleares existentes no país. Por esta razão é que existe a necessidade de validar o código RELAP5 com base em dados experimentais para se ter confiabilidade em seus resultados.

3. Circuito de Circulação Natural

O circuito experimental foi montado no Departamento de Engenharia Química, da Escola Politécnica da USP no final dos anos 80, com o objetivo de gerar informações para uma melhor compreensão do fenômeno de circulação natural: mono e bifásica (XI ENFIR, Tema Especial, 1997). No entanto, ele foi desativado nos meados dos anos 90, pois o sistema de aquisição de dados já tinha se tornado obsoleto. Foi então que, no início de 2004 o circuito foi retomado, onde foram realizadas:

- Manutenção e remontagem do circuito;
- Instalação dos termopares para leitura dos dados;
- Desenvolvimento de software em LabView 7.0 (National Laboratory, 2003) para aquisição dos dados.

3.1. Descrição do Circuito de Circulação Natural

O circuito experimental é formado por tubos e equipamentos em vidro Pyrex da Corning montado em forma retangular, com 2600 mm de altura e 850 mm de largura, Fig. 1. A fonte quente é um aquecedor elétrico situado na parte inferior de uma seção vertical do circuito. A fonte fria é um trocador de calor com espiras helicoidais e encontra-se na parte superior da seção vertical oposta à seção do aquecedor. O volume total de água no circuito, incluindo tanque de expansão e linha de surto é de, aproximadamente, 12 litros. O tanque de expansão, previsto para absorver as variações de densidade do fluido no circuito é conectado em um ponto intermediário da seção horizontal inferior. O bocal superior do tanque de expansão permanece aberto, mantendo-o à pressão ambiente. O circuito não possui isolamento térmico, a menos da base do aquecedor, possibilitando assim a visualização do escoamento.

A potência elétrica aplicada nas resistências é controlada com um variador de tensão alimentado com corrente alternada. São medidas as temperaturas em 16 pontos do circuito, com termopares do tipo T, quatro dos quais estão dispostos na superfície dos tubos (TP) e os demais se encontram no interior dos mesmos (T) nas posições apresentadas na Fig. 1a. Estes dados são registrados por um sistema de aquisição de dados instalado em um microcomputador, com uma taxa de amostragem compatível com o fenômeno. A Fig. 1b mostra uma foto lateral do circuito.

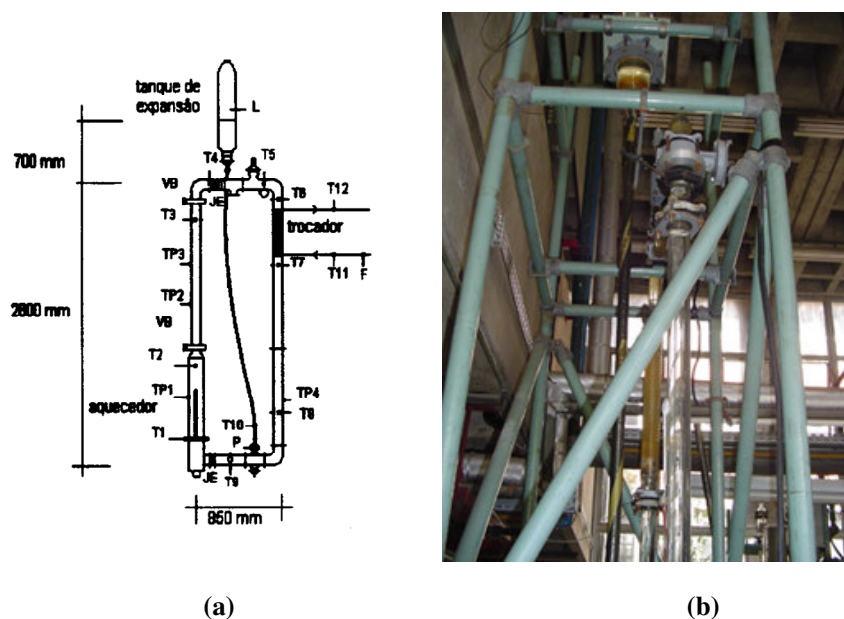


Figura 1. Esquema usado no circuito de circulação natural e a direita vista lateral do circuito

3.2 Instrumentação e sistema de aquisição de dados

Para a medição da potência elétrica, mede-se a tensão aplicada nas resistências com o auxílio de um voltímetro de 3 ½ dígitos. As medições são feitas a cada 15 minutos durante todo o ensaio. Como a vazão de água de resfriamento, este parâmetro é constante e dispensa a aquisição contínua de seu valor.

São medidas as temperaturas, do fluido do circuito primário, em 12 pontos ao longo do circuito primário nas posições indicadas por T1 e T12 na Fig. 1. Para a introdução dos termopares tipo T, marca Omega, foram feitas juntas especiais a base de borracha com envelope de teflon como mostra a Fig. 2. Os termopares foram colocados entre duas partes de borracha e introduzidos até o interior do tubo por meio de um orifício no envelope de teflon.

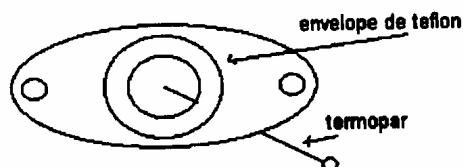


Figura 2. Juntas de borracha para instalação dos termopares

As medidas de temperatura da água de resfriamento na entrada e saída do trocador são feitas com termopares tipo T, marca Omega, instalados com bocais na tubulação de PVC.

De modo a estimar as perdas de calor para o meio, foram instalados quatro termopares na superfície dos tubos. As posições estão indicadas por TP1 a TP4 na Fig. 1.

Todo o equipamento empregado para a aquisição de sinais é da marca *National Instruments* e consiste essencialmente de dois módulos condicionadores de sinal com dois blocos terminais para até 8 termopares e uma placa de aquisição de dados instalada no micro computador. Por meio do programa LabView 7.0, fixa-se a taxa de amostragem, configura-se a tela e o formato da planilha na qual os dados serão registrados.

Todos os termopares foram conectados, através de fios de cobre comum até dois módulos condicionadores de sinal..

3.3 Procedimento experimental

As seguintes condições iniciais são definidas para cada experimento: inventário de água no circuito, caracterizado pelo nível no tanque de expansão, temperatura da água no circuito que deve ser homogênea e próxima à ambiente.

As condições de contorno para o experimento são: vazão de água de resfriamento, potência elétrica aplicada às resistências e abertura das válvulas borboleta.

Após o enchimento do circuito até um nível pré-definido de água no tanque de expansão e a verificação da homogeneidade da temperatura ao longo do circuito, com auxílio do sistema de aquisição de dados, o circuito encontra-se operacional. Abrem-se completamente as válvulas borboleta, fixa-se a vazão de água de resfriamento para então ligar-se as resistências elétricas, no nível de potência desejada. Opera-se o circuito até que o sistema atinja uma situação de regime permanente.

4. Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho envolve basicamente a obtenção dos dados experimentais de operação do circuito de circulação natural em regime monofásico e bifásico e a modelagem do circuito com o programa RELAP5 que será utilizado para reproduzir os resultados experimentais

Foram realizados experimentos em regime monofásico e bifásico, variando-se a potência dissipada no aquecedor e vazão de água de resfriamento. Estes testes foram efetuados com o objetivo de compreender o comportamento do sistema, em regime de circulação natural monofásico e bifásico, e gerar dados para a validação do código RELAP5. A utilização de um circuito em vidro permite a visualização do escoamento nas diversas regiões do circuito e possibilita a identificação das instabilidades de escoamento por analogia às descritas na literatura.

4.1 Código RELAP5

A análise termo-hidráulica utilizada para o estudo de acidentes em reatores nucleares, é feita com o uso de algumas ferramentas computacionais sofisticadas, sendo que um dos códigos computacionais mais utilizados é o RELAP5. A maioria destes programas possui uma filosofia realista (*best estimate*) e todos foram desenvolvidos para simular acidentes e transitórios em reatores refrigerados a água leve do tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*) e sistemas associados.

O código RELAP5, versão MOD3.2.2gama, tem a capacidade de simular acidentes de perda de refrigerante primário por pequena ou grande ruptura (LOCA – *Loss of Coolant Accident*), acidentes de perda de potência elétrica, acidentes de perda de água de alimentação, acidentes de perda de vazão etc. A análise do comportamento termo-hidráulico durante um destes acidentes ou transitório se aplica tanto para o circuito primário como para o secundário de uma instalação nuclear. O primeiro passo para simulação de um sistema com o RELAP5 requer a nodalização do mesmo em componentes hidrodinâmicos. Na modelagem procura-se fazer a representação geométrica mais realista possível através de componentes próprios do código, tais como: PIPE para tubulações, BRANCH para bifurcações ou T's, VALVE para válvulas, PUMP para bombas, SEPARATOR para separadores de vapor e outros. Além dos dados geométricos da planta, que fazem parte dos dados de entrada do código RELAP5, deve-se representar também as estruturas de troca de calor entre dois ou mais componentes ou com o ambiente, os sistemas de controle, a geração de calor no reator e os dados dos materiais que constituem a planta.

Para a simulação de uma instalação nuclear com o código RELAP5 é necessária uma grande quantidade de informações. Além disto, existe a necessidade de uma quantidade razoável de operações matemáticas para os cálculos da geometria dos componentes.

O Código RELAP5 além de simular transitório e acidentes termo-hidráulico pode ser utilizado também para a análise do comportamento de tubulações contendo água/vapor e para a estimativa de perdas de carga.

4.1.1 Modelos do RELAP5

O código RELAP5 será utilizado para a análise de interações de sistemas e não para simulações detalhadas de escoamento em componentes. O código possui um modelo de sete equações de conservação, sendo três para cada uma das fases (líquido e vapor), uma equação adicional para gases não condensáveis e uma equação adicional para o tratamento do boro solúvel. Além disso, o programa conta com uma aproximação da equação de conservação de movimento para fluxo transversal e um modelo de fluxo reverso. Este último utiliza uma solução de condução bidimensional.

O modelo hidrodinâmico é baseado no modelo de volumes de controle para o fluido. Estes volumes de controle podem ser considerados como tubos de corrente com junções de entrada e saída. Propriedades escalares como pressão, energia, densidade e fração de vazio são representadas pela média dentro do volume de controle e são localizadas no ponto central do mesmo. Por outro lado, propriedades vetoriais, tais como, as velocidades são localizadas nas junções.

O modelo de escoamento do RELAP5 utiliza um modelo de escoamento bifásico, não homogêneo e de não equilíbrio. Este modelo é baseado numa formulação unidimensional de tubos de corrente na quais as propriedades do escoamento são assumidas constantes sobre a seção transversal. Os volumes de controle são incrementos finitos do escoamento e podem ter uma junção na entrada ou saída (junções normais) ou na lateral (junções de fluxo transversal). A variação do diâmetro do tubo de corrente é especificada através da área transversal do volume, as áreas das junções e através do uso de opções de mudança de área das junções. O cálculo dos coeficientes de perda de carga considera a variação na área da seção transversal no volume. A velocidade média é utilizada na equação de conservação da quantidade de movimento, no cálculo da transferência de calor e da fricção na parede. No caso de mudança de área abrupta são modelados os efeitos de turbulência e separação de escoamento.

O modelo de transferência de calor também é baseado numa aproximação unidimensional para o cálculo das temperaturas e fluxos de calor. Os condutores de calor são conectados aos volumes hidrodinâmicos simulando o fluxo de calor perpendicular ao escoamento. A estrutura de calor é termicamente conectada ao volume hidrodinâmico através de um fluxo de calor que é calculado através de uma correlação de transferência de calor por convecção. As estruturas de calor são usadas para simular paredes de tubos, elementos aquecidos, combustíveis nucleares e qualquer superfície de troca de calor.

Sistemas de controle podem também ser simulados. Estes são processos que podem ser definidos em termos das variáveis do sistema através de operações algébricas ou lógicas.

4.2 Desenvolvimento do trabalho

Estes passos serão apresentados de forma sucinta a seguir.

- Reinstalação dos termopares;
 - Após a calibração, os termopares foram recolocados no circuito experimental seguindo o arranjo presente na Fig. 1.
- Realização de pequenos experimentos.
 - Foram realizados alguns pequenos experimentos no circuito para verificação da consistência dos dados obtidos pelo sistema de aquisição. Por meio deles verificou-se que a qualidade da água que circula no circuito primário influenciou substancialmente nos resultados obtidos.

Assim, foram propostas as seguintes soluções:

- Qualidade da água que circula no circuito primário: a água do circuito foi substituída por água desmineralizada.
- Qualidade do circuito com ácido.

- A fim de evitar que impurezas presentes prejudicassem os futuros experimentos, o circuito foi submetido a um processo de limpeza com ácido clorídrico.
- Confeção do manual do usuário
 - Para que se possam realizar os experimentos foram confeccionados três manuais:
 - Manual de configuração do sistema de aquisição;
 - Manual do programa de aquisição;
 - Manual de operação do circuito de Circulação Natural.

O circuito experimental apresentou também alguns problemas que tiveram de ser sanados gradativamente, tais como:

- Reparo de vazamentos do circuito para verificação do funcionamento do aquecedor no circuito em operação (sem instrumentação);
- Reparo do sistema elétrico que alimenta o aquecedor (tanto do variável quanto do fixo);
- Substituição das juntas para inserção dos termopares nos pontos fixados.

Após estes reparos, iniciou-se a elaboração do software para coleta de dados através do sistema de aquisição. O software foi desenvolvido utilizando-se o programa LabView 7.0 da National Instruments, que possui recursos adequados para interface com a instrumentação além de oferecer interface homem-máquina simples e confiável. A janela de interface pode ser vista na Fig. 3.

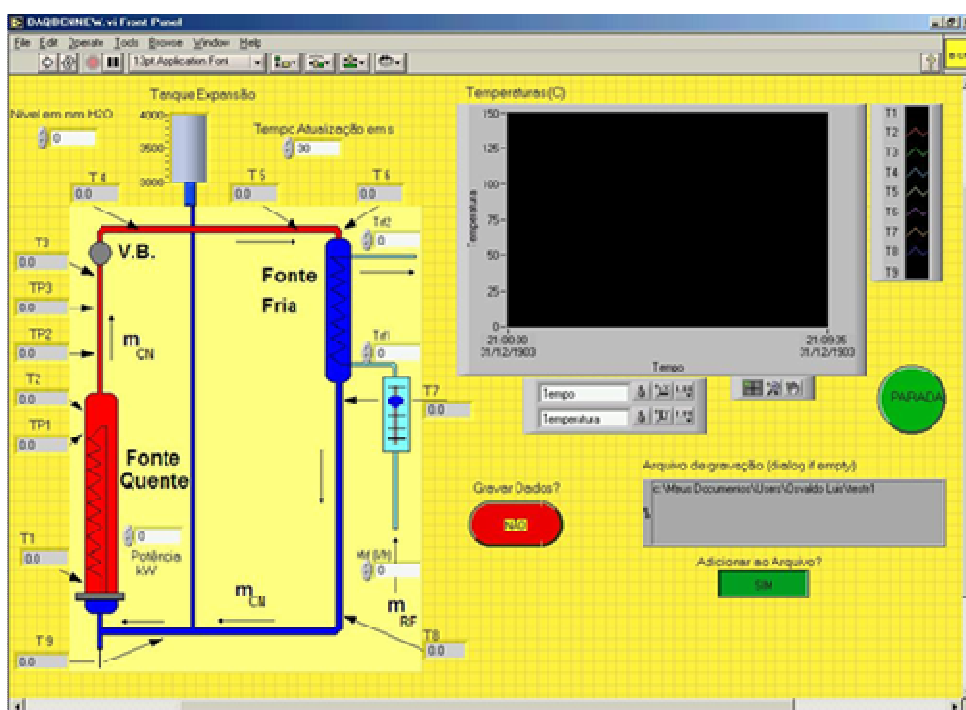


Figura 3. Interface de Aquisição

Com os reparos e a interface já trabalhados, realizou-se a calibração e preparo do sistema de aquisição. Para isso, foi utilizada uma pequena bancada composta por um aquecedor, um termômetro de precisão para referência e o sistema de aquisição para o levantamento da curva de calibração de cada termopar.

Neste ponto, os termopares calibrados e as juntas estavam preparados para serem inseridas no circuito. As juntas foram cuidadosamente perfuradas para permitir o acesso interno aos termopares, sem propiciar vazamentos. Os termopares foram colocados no circuito segundo o arranjo apresentado na Fig. 1.

Após os intensivos trabalhos na realização de reparos e preparo do circuito, e eliminados todos os vazamentos e problemas nas ligações elétricas, foi possível o uso do circuito e controle do aquecedor.

O software desenvolvido para coleta de dados foi capaz de receber e tratar as informações provenientes do sistema de aquisição e também realizar a calibração dos instrumentos, de modo a garantir a consistência dos dados de aquisição.

A operacionalização do circuito experimental possibilita a realização de diversos experimentos

5. Resultados experimentais

Nesta etapa, foram obtidas as curvas experimentais de temperatura do circuito de circulação natural operando nos dois regimes de escoamento. Os pontos de medição dessas curvas são apresentados na Fig. 1 e foram escolhidos de forma a melhor descrever o comportamento termodinâmico do sistema.

A Fig. 4 mostra a simulação experimental da transição do escoamento monofásico e para o bifásico no circuito de circulação natural, e devido à utilização de um circuito construído em pirex pode-se visualizar, durante a transição, a evolução de alguns tipos de escoamento bifásico, tais como: *single flow*, *bubbly flow*, *slug flow*, etc.

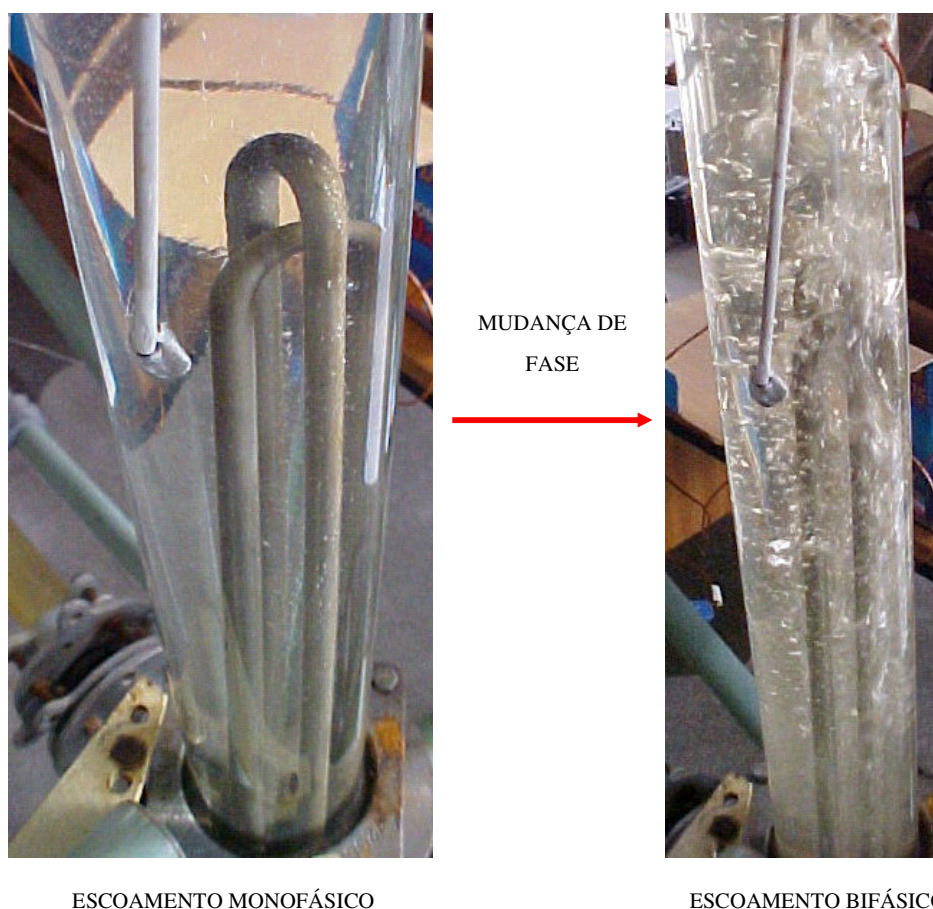


Figura 4. Simulação experimental

Os resultados obtidos da simulação experimental para os escoamentos monofásico e bifásico são apresentados nas Figs. 5 a 10.

Análise do regime monofásico: Os resultados mostrados nas Figs. 5 a 7 referem-se às seguintes condições operacionais:

- Potência dissipada no aquecedor: 4706 W
- Vazão de água de resfriamento: 0,05 kg/s
- Temperaturas iniciais: 20 °C
- Temperatura ambiente 21 °C

A Fig. 5 mostra a evolução das temperaturas na perna quente e na saída do condensador, onde se observa o comportamento oscilatório inicial das temperaturas. A Fig. 6 mostra a evolução das temperaturas dos outros termopares localizados no interior das tubulações. A Fig. 7 apresenta a evolução das temperaturas para os termopares localizados nas paredes do aquecedor, perna quente e perna fria.

Análise do regime bifásico: Os resultados mostrados nas Figs. 8 a 10 referem-se às seguintes condições operacionais:

- Potência dissipada no aquecedor: 6536 W
- Vazão de água de resfriamento: 0.0233 kg/s
- Temperaturas iniciais: 20 °C
- Temperatura ambiente 21 °C

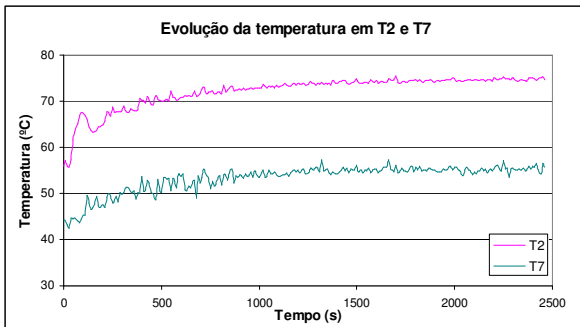


Figura 5. Evolução das temperaturas dos termopares T2 e T7 no experimento monofásico

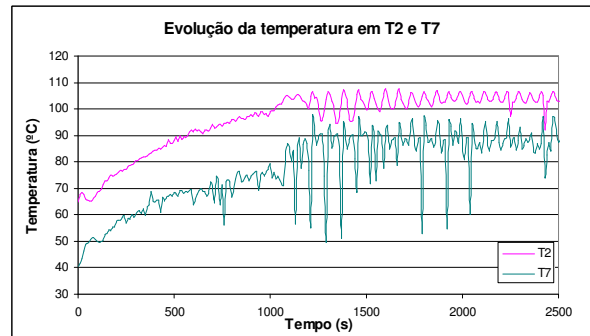


Figura 8. Evolução das temperaturas dos termopares T2 e T7 no experimento bifásico

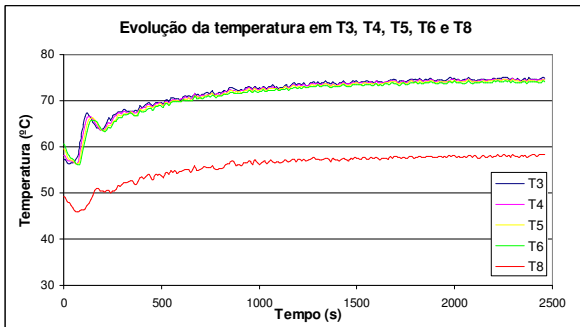


Figura 6. Evolução das temperaturas dos termopares T3, T4, T5, T6 e T8 no experimento monofásico

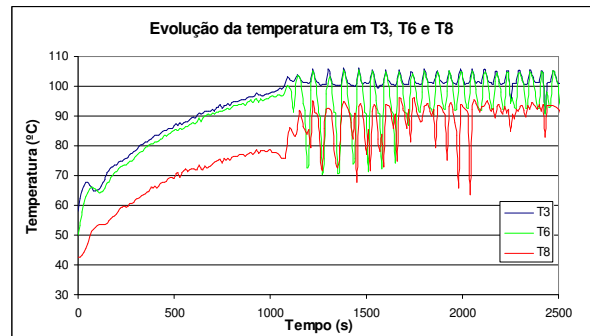


Figura 9. Evolução das temperaturas dos termopares T3, T6 e T8 no experimento bifásico

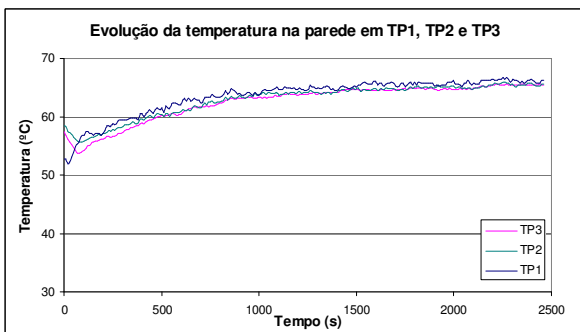


Figura 7. Evolução das temperaturas dos termopares TP1, TP2 e TP3 no experimento monofásico

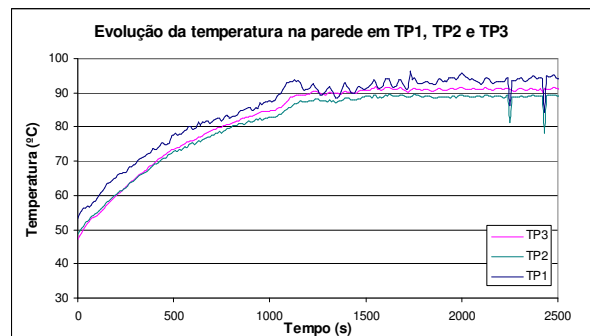


Figura 10. Evolução das temperaturas dos termopares TP1, TP2 e TP3 no experimento bifásico

A Fig. 8 mostra a evolução das temperaturas na perna quente e na saída do condensador, onde se observa o comportamento oscilatório das temperaturas devido ao escoamento bifásico. A Fig. 9 mostra a evolução das temperaturas dos outros termopares localizados no interior das tubulações, que também é oscilatório devido ao regime bifásico e finalmente a Fig. 10 apresenta a evolução das temperaturas para os termopares localizados nas paredes do aquecedor, perna quente e perna fria, que é levemente oscilatório devido à mudança de fase.

A modelagem geométrica do circuito será aperfeiçoada a partir da representada na Fig. 11, que já foi utilizada em outros trabalhos, como mostra (XI ENFIR, 1997), a fim de descrever da melhor forma a fenomenologia do escoamento monofásico e bifásico. A Tab. 1 apresenta a correspondência entre os componentes do código e as respectivas regiões hidráulicas com a Fig. 11, que ilustra os componentes hidrodinâmicos para o código RELAP5.

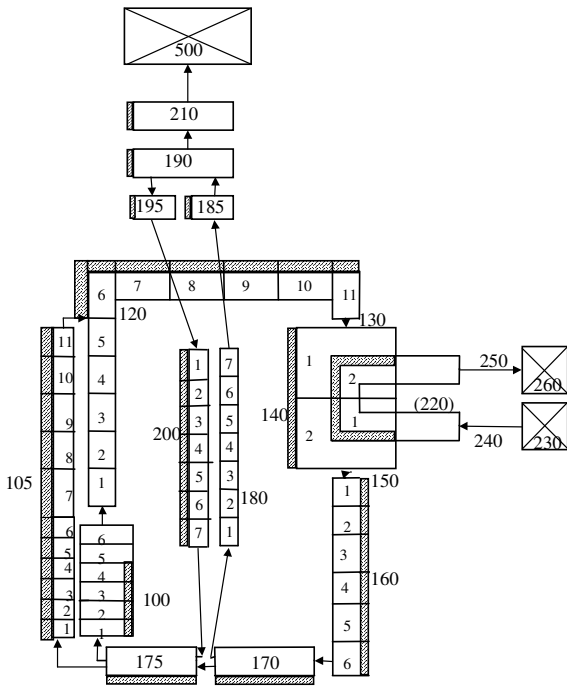


Tabela 1. Correspondência entre os componentes do código e as regiões hidráulicas

Trecho do Circuito	Nº do Comp.	Tipo de Componente
Aquecedor	100	PIPE
Perna Quente	120	PIPE
Primário do Trocador de Calor	140	PIPE
Perna Fria	160	PIPE
	170	BRANCH
	180	SINGLVOL
Linha de Surto	200	PIPE
Tanque de Expansão	210	PIPE
Secundário do Trocador de Calor	220	PIPE
Água de Resfriamento (Entrada)	230	TMDPVOL
Água de Resfriamento (Saída)	240	TMDPJUN
	250	SINGLJUN
Contenção	260	TMDPVOL
	500	TMDPVOL

Figura 11. Nodalização do Circuito de Circulação Natural para o RELAP5

6. Conclusões

Conclui-se que os resultados experimentais obtidos para o regime monofásico apresentam um comportamento esperado, mostrando que a instrumentação e o sistema de aquisição de dados estão bem ajustados. O mesmo se observa para o escoamento bifásico onde os resultados obtidos se mostraram coerentes, como esperado. No entanto, devido a todo o trabalho que foi realizado para revitalização do circuito de circulação natural, como toda a instrumentação e controle, então, será realizada numa próxima etapa a simulação numérica, lembrando que a nodalização proposta para o RELAP5 será aperfeiçoada para descrever de forma mais realista os escoamentos monofásico e bifásico.

Além disso, para caracterizar melhor o experimento, serão necessários outros resultados experimentais, como por exemplo: distribuição de pressão e vazão no circuito primário, nível e temperatura do tanque de expansão, detalhes geométricos e de materiais dos aquecedores. Todas estas medidas estão sendo providenciadas, para uma próxima etapa do trabalho, através da aquisição de medidores de pressão, vazão e nível, para o Circuito de Circulação Natural.

7. Referências

- IV CEGEN, 1992, Bastos, J. L. F. e Rocha, R. T.V, "Desenvolvimento de um Programa para a Modelagem do Fenômeno de Circulação Natural em Reatores Nucleares", IV General Congress on Nuclear Energy, pp. 107-111, Rio de Janeiro, Brasil.
- Lavrador, M. B., 1994, "Análise Experimental de Circulação Natural em um Circuito Fechado", Dissertação (Mestrado), USP, Brasil.

- Bastos, J. L. F. e Loureiro, L. V., 1995 “Experimental Transient Analysis of Natural Circulation in a Complex Geometry”, *Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics*, pp. 801-806.
- ENCIT 94, Torres, W. M. e Bastos, J. L. F, “Transient Analysis of Natural Circulation in Parallel Loops”, Rio de Janeiro, Brasil.
- The Relap5 Development Team, 1995, “RELAP5/Mod3 Code Manual, NUREG/CR-5535 Report”, , Idaho National Engineering Laboratory, vols. 1-5
- XI ENFIR, 1997, “Tema Especial de Termo-Hidráulica”, XI Encontro Nacional de Física de Reatores e Termo-hidráulica, Poços de Caldas, Brasil.
- LabView 7.0 Express, 2003, National Laboratory, USA.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE NATURAL CIRCULATION PHENOMENA

Gaianê Sabundjian
Delvonei Alves de Andrade
Pedro E. Umbehaun
Walmir M. Torres
Alfredo José Alvim de Castro
Antonio Belchior Jr.
Ricardo Takeshi Vieira da Rocha
Osvaldo Luiz de Almeida Damy
Eduardo Torres

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cid. Univ.
CEP 05508-970 – São Paulo – SP
Tel.: 3816-9165(263)
IPEN/CNEN

gdjian@ipen.br
delvonei@ipen.br
umbehaun@ipen.br
wmtorres@ipen.br
ajcastro@net.ipen.br
belchior@ctm.sp.mar.mil.br
rtvrocha@uol.com.br
osvaldo.damy@poli.usp.br
eduardo.torres@poli.usp.br

Abstract. *The objective of this paper is to study the natural circulation in experimental loops and extend the results to nuclear facilities. New generation of compact nuclear power plants use the natural circulation as cooling and residual heat removal systems in case of accidents or shutdown. Lately the interest in this phenomenon, by scientific community, has increased. The experimental loop, described in this paper, was assembled at Escola Politécnica - USP at the Chemical Engineering Department. It is the goal to generate information to help us with the understanding of the one and two phase natural circulation phenomena. Some experiments were performed with different levels of heat power and different flow of the cooling water at the secondary circuit. The data generated from these experiments are going to be used to validate some computational thermal hydraulic codes. Experimental results for one and two phase regimes are presented as well as the proposed model to simulate the flow regimes with the RELAP5 code.*

Keywords. RELAP5, One and Two Phase Flow, Natural Circulation, Experimental Loop.