

ANÁLISE TEÓRICA DOS EXPERIMENTOS GE-8-21 e GE-1004-3
COM O CÓDIGO TERMOHIDRÁULICO ATHLET

Anibal N. Gebrim
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
05508-900 Cidade Universitária - Travessa R 400 - São Paulo

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar a influência de obstáculos na simulação de escoamento de fluidos em estado bifásicos. Os dois experimentos escolhidos para serem simulados, pertencem a uma série de testes realizados pela General Elétrica, com intuito de observar movimentos de nível de mistura e fração de vazios em caso de 'blowdown'. A testes são estruturalmente diferenciados por uma placa perfurada localizada no vaso de pressão. Verificou-se que somente com a alteração artificial na velocidade relativa das fases, os resultados teóricos do teste que contém a placa, concordaram com os resultados experimentais.

INTRODUÇÃO

A influência de estruturas e de obstáculos precisa ser melhor detalhada nos modelos de escoamento de fluidos em estado bifásico. Uma das dificuldades, é achar correlações apropriadas para determinar a diferença de velocidade entre as fases (modelos de 'drift'), em torno do espaço onde o movimento do fluido é alterado pela presença de corpos rígidos. Normalmente, a influência de estruturas e obstáculos na maioria dos sistemas de cálculos termohidráulicos, é feita através dos modelos de perda de carga por variação de geometria. Estes modelos, como será visto neste trabalho, não conseguem representar muito bem o fenômeno simulado.

Programas de cálculos que utilizam modelos com três, quatro ou cinco equações de conservação (1 ou 2 equações de conservação de massa, 1 ou 2 equações de conservação de energia e 1 equação de conservação de momento para a mistura), necessitam dos modelos de drift para determinar as velocidades das fases. Este é o caso do programa de cálculo ATHLET/DRUFAN utilizado neste trabalho. O programa de cálculo ATHLET vem sendo desenvolvido pelo GRS (Gesellschaft für Reaktorsicherheit) localizado em Garching na Alemanha.

Neste trabalho são analisados dois experimentos desenvolvidos pela General Elétrica, de número GE-8-21-1 e GE-1004-3. Estes testes foram realizados para estudar a distribuição de vazios e movimentos de nível de mistura após um acidente de depressurização.

O teste 8-21-1 contém uma placa perfurada no vaso de pressão e um estrangulador na linha de depressurização, para, respectivamente, limitar a vazão e a pressão. O teste 1004-3 é conduzido sem a placa perfurada.

Através de diferentes tipos de nodalizações e modelos de 'drift', tentou-se levar em conta o efeito da placa na simulação. Porém mostrou-se que com o programa de cálculo ATHLET, o efeito da placa não é simulável.

Ajustando artificialmente a velocidade relativa, conseguiu-se obter os resultados corretos.

DESCRIÇÃO dos EXPERIMENTOS

O experimento que é descrito na referência [1], é composto por um vaso de pressão, um aquecedor localizado no solo e um tanque de condensação. O vaso cilíndrico tem um volume de 0.28 m³, um diâmetro de 0.31 m e uma altura de 4.3 m. Para simular a depressurização, o experimento dispõe de uma saída a 3.9 m de altura. O diâmetro do tubo descarga é de 4.9 cm. O

fenômeno de depressurização é obtido com a abertura de uma válvula no final desta linha.

Para limitar a vazão interna, o experimento contém uma placa perfurada de 109 orifícios. Cada orifício tem um diâmetro de 0.14 cm. Na linha de descarga é colocado um estrangulador de 0.9 cm de diâmetro para limitar o decréscimo da pressão.

O experimento GE-1004-3 foi conduzido sem a placa perfurada.

As condições iniciais para o teste GE-8-21-1 foram :
pressão no compartimento de vapor : 7.0 Mpa
temperatura inicial : 285.0 ° C
nível de mistura : 2.07 m
vazão : 0.0 Kg/s
placa perfurada : 2.438 m

As condições iniciais para o teste GE-1004-3 foram :
pressão no compartimento de vapor : 6.9 Mpa
temperatura inicial : 285.0 ° C
nível de mistura : 3.16 m
vazão : 0.0 Kg/s

RESULTADOS

Para a análise dos experimentos da General Elétrica foi utilizado o programa de cálculo ATHLET Mod1.0 F.

Utilizou-se de 10 segundos de transitório nulo para a estabilização dos cálculos iniciais.

Para a análise do teste 8-21-1 usou-se de três diferentes nodalizações. A primeira nodalização com 12 volumes de controle é mostrada na Figura 1. Nas Figuras 2 e 3 são comparados os resultados teóricos e experimentais para o nível de mistura e a pressão.

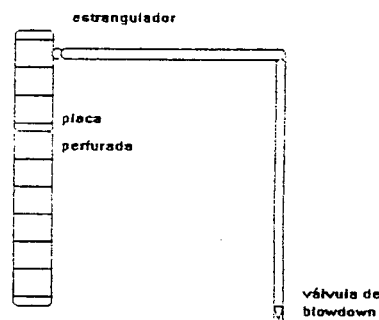


Figura 1 : Teste GE-8-21-1 dividido em três módulos e discretizado em 12 volumes de controle.

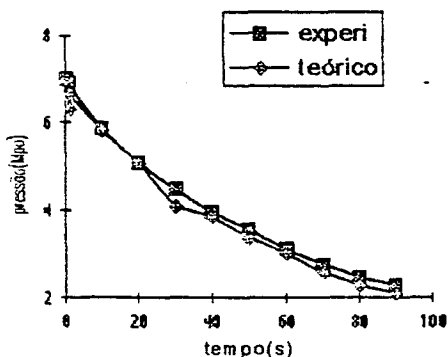


Figura 2 : Comparação dos resultados experimentais e teóricos da pressão.

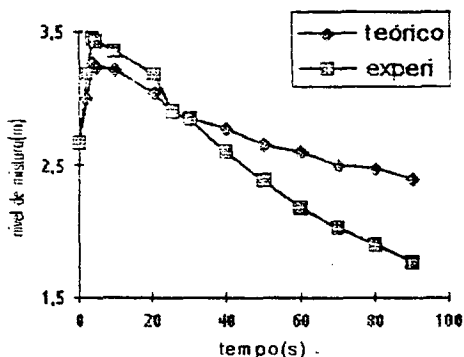


Figura 3 : Comparação entre os resultados teóricos e experimentais do nível de mistura.

Para a segunda nodalização utilizou-se de 24 volumes de controle (Figura 4). Os resultados são idênticos aos das Figuras 2 e 3 e por isso não serão apresentados aqui.

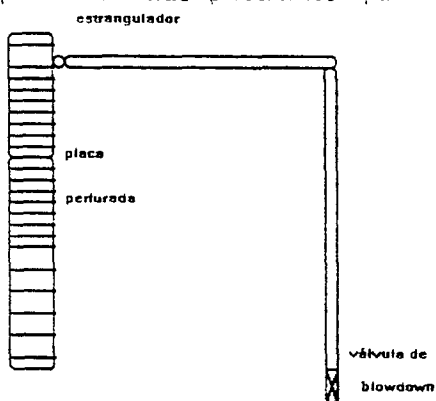


Figura 4 : Teste GE-8-21-1 dividido em três módulos e discretizado em 24 volumes de controle.

Para a terceira nodalização o vaso de pressão foi dividido em três objetos (Figura 5). Os resultados teóricos e experimentais para o nível de mistura e pressão são idênticos aos das Figuras 2 e 3.

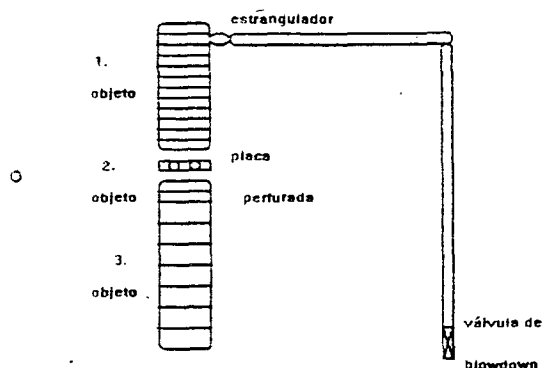


Figura 5 : Teste GE-8-21-1 dividido em cinco módulos e discretizado com 23 volumes de controle.

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados os resultados para diferentes modelos de 'drift', utilizando-se da terceira nodalização. O modelo 'drift 1' na figura é o modelo de 'drift' desenvolvido por Viecez [3], o modelo 'drift 2' é o modelo de Wilson [4] e o modelo 'drift 3' é o modelo de 'flooding' [5]. Estes Modelos estão disponíveis no código ATHLET. Ao contrário de outras correlações que tem uma expressão especial para cada forma de escoamento, as correlações de Viecez e Wilson cobrem um conjunto de formas de escoamento, estas são : em bolhas, pistonado e agitante. Estas duas correlações são apropriadas para baixas velocidades do fluido. A correlação de Viecez cobre uma única faixa de pressão, enquanto que a correlação de Wilson cobre duas faixas distintas de pressão. A principal diferença entre os dois modelos está no uso de diferentes correlações para velocidade de subida de bolhas. Para a última correlação, 'flooding', utilizou-se as expressões que descrevem a limitação de vazão em contra corrente, descritas por Kröning, que é possivelmente um dos fenômenos físicos que devem ocorrer em torno da placa perfurada.

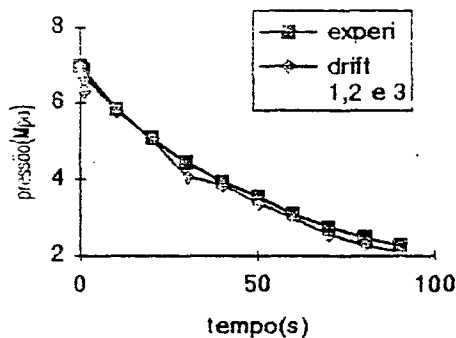


Figura 6 : Curva de pressão para diferentes modelos de 'drift'.

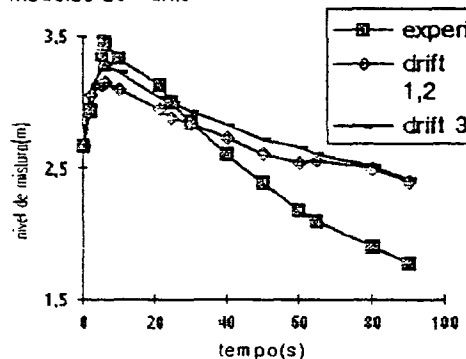


Figura 7 : Curva do nível de mistura para diferentes modelos de drift.

Nas Figuras 8 e 9 são mostrados o resultado que foram obtidos, ajustando-se as velocidades relativas das fases. Utilizou-se os seguintes multiplicadores para as velocidades relativas ($v_r = v_v - v_l$): De 0 à 31 segundos usou-se de um fator de 0.85, de 31 até 41 segundos usou-se um fator de 1.13, de 41 até 47 segundos usou-se um fator de 1.5, de 47 até 60 segundos usou-se um fator de 2. Foram utilizados 12 volumes de controle para discretizar o vaso de pressão e o modelo de drift usado foi o de Vicenz.

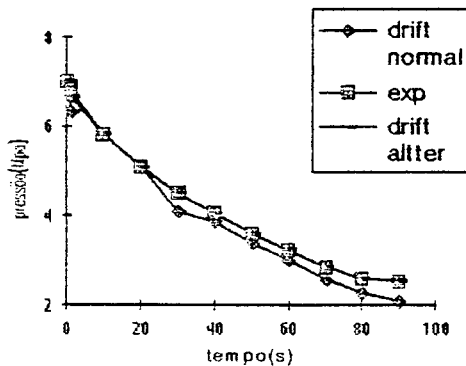


Figura 8 : resultados para a pressão, alterando-se artificialmente as velocidades relativas.

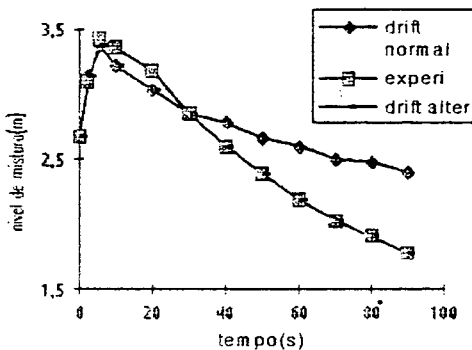


Figura 9 : resultados para o nível de mistura, alterando-se artificialmente as velocidades relativas

Para o teste 1004-3 foi usado somente um tipo de nodalização com 9 volumes de controle (Figura 10). Os resultados são apresentados nas Figuras 11 e 12. Para a figura que mostra o nível de mistura, tem-se somente o resultado experimental a partir de 30 segundos. Os resultados teóricos para todo o período de simulação pode ser visto na Figura 14

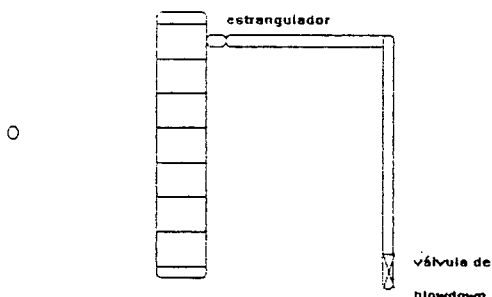


Figura 10 : Teste GE-1004-3 dividido em três módulos e discretizado com 9 volumes de controle.

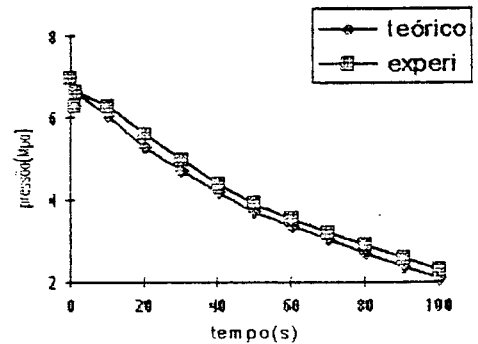


Figura 11: Resultados da pressão para o teste GE-1004-3.

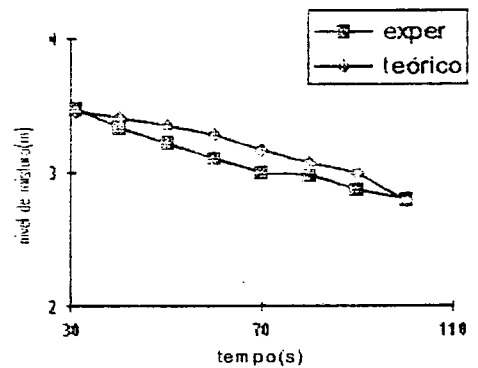


Figura 12 : Resultados do nível de mistura para o teste GE-1004-3.

Abaixo são apresentados os resultados teóricos dos dois testes (Figuras 13 e 14), no intuito de visualizar melhor o comportamento das curvas e tentar observar onde está, se existir, o efeito da placa perfurada na simulação. O modelo de drift 1 foi utilizado nos dois testes e as nodalizações foram de 12 e 9 volumes de controle para, respectivamente, os testes 8-21-1 e 1004-3.

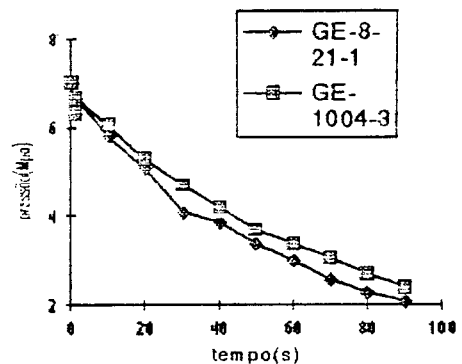


Figura 13 : Comparação dos resultados teóricos da pressão para os testes GE-8-21-1 e GE-1004-3.

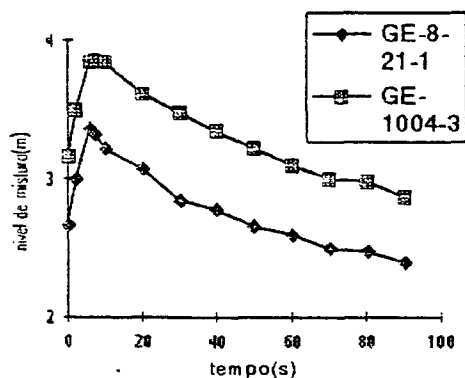


Figura 14 : Comparação dos resultados teóricos do nível de mistura para os testes GE-8-21-1 e GE-1004-3.

CONCLUSÕES

As Figuras 2 e 3 mostram que apesar dos bons resultados teóricos obtidos para a pressão no teste GE-8-21-1, os resultados são ruins para o nível de mistura. Um erro de aproximadamente 0,7 metros em apenas 100 segundos de transiente. Tanto as mudanças na discretização do vaso de pressão, quanto as mudanças dos modelos de 'drift' (Figuras 6 e 7), não ajudaram a melhorar os resultados.

Como se pode notar nas Figuras 8 e 9, foi possível através do ajuste das velocidades relativas ajustar a curva do nível de mistura.

Para o teste 1004-3, os resultados teóricos concordam satisfatoriamente com os resultados experimentais, Figuras 11 e 12.

Através das Figuras 13 e 14, pode-se observar que o comportamento das duas curvas são muito semelhantes, isto induz a pensar que o programa de cálculo ATHLET não leva em conta o efeito da placa na simulação do teste GE-8-21-1.

Uma mudança nos modelos de 'drift' ou um novo modelo com uma separação mecânica ou um modelo como descrito na referência [2] (modelo de poros médios) deve ser desenvolvido para poder melhor observar o efeito de obstáculos na simulação de escoamento bifásico.

REFERÊNCIAS

- [1] G. L. Sozzi, Description of Void Fraction Distribution and Level Swell During Vessel Blowdown Transients, Appendix A, April 1991.
- [2] G. L. Jokomizo, Development of Three-Dimensional Analyse Code for Two-Phase Flow using Two-Fluid Model, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 28(11), pp. 1029-1040, November 1991.
- [3] Mayinger, *Strömung und Wärmeübertragung in Gas-Flüssigkeitsgemischen*, Springer-Verlag, Wien, New York, 1982.
- [4] Wilson, J. F., The Velocity of Rising Steam in a Bubbling Two-Phase Mixture, *Transactions of the ANS*, May 1962/1961.
- [5] Kröning, H., Untersuchungen von Gas-Flüssigkeits-Gegenströmungen in Vertikalen Kanälen, *Dissertation an der TU-Hannover* 1984.

ABSTRACT

In this work was investigated the perforated plate influence in a Blowdown simulation with the thermohydraulic code ATHLET. It was demonstrated that the present model can not make a good description of the movement of mixture level with some obstacle in vertical flow channels. To adjust the mixture level curve was used different nodalization types and drift models, but the theoretical results was not changed. Only with the artificial modification of the relative velocity between the phases the theoretical results agree with the experimental data.