

## 6 Comentários Finais

No presente trabalho foi realizada uma adaptação de um código numérico desenvolvido anteriormente no Departamento de Engenharia Mecânica para a simulação de escoamento bifásico isotérmico no regime intermitente ao longo de tubulações, utilizando o Modelo de Dois Fluidos uni-dimensional. Originalmente, o código só permitia a solução de escoamentos horizontais ou leventente inclinados, tendo sido introduzido um módulo para a solução de escoamentos verticais. Adicionalmente, duas relações de fechamento foram introduzidas de forma a ampliar a região em que o sistema de equações é bem posto. A discretização do sistema de equações foi realizada utilizando o método de volumes finitos, e o sistema de equações foi resolvido de forma sequencial com um procedimento semelhante ao método PRIME.

Como primeira relação de fechamento para o sistema das equações do Modelo de Dois Fluidos 1D, considerou-se o parâmetro de fluxo de quantidade de movimento, visando levar em consideração na modelagem a não uniformidade da velocidade na seção transversal. A segunda relação de fechamento considerada foi de salto de pressão devido à curvatura da interface entre as fases. Foi realizada uma análise da influência das relações de fechamento na determinação da região onde o sistema é bem posto. Investigou-se também o efeito dos parâmetros de fechamento na solução do sistema de equações, visando a obtenção de solução única, independente da malha.

Inicialmente, validou-se a introdução no código dos termos de fechamento analisando-se o escoamento horizontal intermitente e comparando-se com os resultados das simulações realizadas por Montini (2011). A seguir, investigou-se o escoamento intermitente ao longo de tubulações verticais para duas configurações, para as quais dados experimentais encontram-se disponíveis (van Hout *et al.*, 2001; Rodrigues, 2009 e Rodrigues *et al.*, 2010).

## 6.1 Conclusões

As comparações realizadas tanto para o escoamento horizontal como para o escoamento vertical permitiram validar as implementações realizadas no código numérico.

Confirmou-se que o parâmetro de fluxo de quantidade de movimento para a fase gasosa amplia a região em que o sistema de equações é mal posto para escoamentos horizontais, não sendo conveniente a sua utilização. O mesmo comportando também foi observado para o escoamento vertical. Porém, recomenda-se que mais estudos sejam realizados, introduzindo o parâmetro na solução do sistema de equações, uma vez que a determinação da região em que o sistema de equações é bem posto é realizada de forma aproximada, considerando propriedades constantes e fração de líquido de equilíbrio do escoamento anular.

O parâmetro de fluxo de quantidade de movimento do líquido contribui para ampliar a região em que o sistema de equações é bem posto, tanto para escoamentos horizontais quanto verticais. No entanto, cuidado deve ter tomado para não introduzir um parâmetro muito elevado, o qual pode amortecer todas as perturbações, e eliminando o comportamento intermitente do escoamento, resultando em um escoamento permanente.

Nota-se que os comentários acima são válidos quando se considera um valor constante para o parâmetro de fluxo de quantidade de movimento. No entanto, sabe-se que grandes variações na forma do perfil de velocidades podem ocorrer durante o escoamento intermitente, como por exemplo na frente e na cauda do pistão de líquido.

A presença da curvatura da interface na seção transversal contribui de forma negativa com relação a ampliação da região onde o sistema de equações é bem posto. Somente na presença de pequenos comprimentos de onda, o salto de pressão amplia a região onde o sistema de equações é bem posto. Para os casos analisados, a presença do salto de pressão não apresentou contribuição na estabilização do sistema de equações, contribuindo para a obtenção de uma solução convergente com o refinamento da malha.

A comparação realizada entre os dados numéricos obtidos com o Modelo de Dois Fluidos e os dados experimentais de dois conjuntos de experiências foi positiva, indicando a capacidade deste modelo de prever escoamentos intermitentes.

## 6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se a investigação na influência do parâmetro de fluxo de quantidade de movimento da fase gasosa na solução do escoamento intermitente vertical.

Sugere-se ainda um estudo mais detalhado da presença do salto de pressão para comprimento de ondas pequenas. Recomenda-se ainda, que o salto de pressão seja sempre incluído na modelagem, não só para auxiliar a estabilizar o sistema de equações, mas para eliminar a introdução da hipótese simplificadora, i.e., considerando o salto de pressão nulo.

Recomenda-se investigar outras combinações de velocidades superficiais, outras configurações de tubulações, assim como outras combinações de fluidos, realizando sempre que possível comparações com dados experimentais.

Outra sugestão consiste em desenvolver um modelo para estimar o parâmetro de distribuição de fluxo de quantidade de movimento, evitando a especificação de uma constante arbitrária.

Frequentemente o escoamento de pelo menos uma das fases encontra-se no regime turbulento. Dessa forma, outra forma de se estabilizar o sistema de equações, poderia ser através da utilização de uma viscosidade turbulenta.