6

Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Desenvolveu-se um código numérico para prever escoamentos bifásicos em tubulações longas. Cinco casos foram testados com o objetivo de avaliar o comportamento do modelo diante de situações consideradas críticas. Aplicou-se o modelo também ao caso de *Golfadas Severas (Severe Slug)* em um trecho de tubulação horizontal seguido de outro vertical. A metodologia utilizada baseia-se no *Modelo de Drift* em sua forma unidimensional e transiente.

As equações de conservação de massa das fases líquida e gasosa, assim como a equação de conservação de quantidade de movimento da mistura, foram discretizadas pelo método de volumes finitos, como aproximação *upwind* de primeira ordem para avaliar os fluxos convectivos e Euler implícito de primeira ordem para o termo transiente. O sistema algébrico resultante foi resolvido de forma acoplada pelo método TDMA por blocos.

As equações de conservação que descrevem o *Modelo de Drift* podem ser combinadas de diversas formas, como encontrado na literatura disponível. Observou-se, no entanto, que a escolha da combinação das equações a serem resolvidas é fundamental para o sucesso da metodologia.

Os escoamentos bifásicos podem ocorrer em diversos regimes, sendo o de *Golfadas (Slug)* apenas um deles. Para cada regime de escoamento deve ser aplicada uma correlação adequada para a chamada “*velocidade de Drift*” que representa a diferença entre as velocidades de cada fase. Para os casos teste foram utilizadas correlações simplificadas, como descrito no artigo utilizado para comparação dos dados (Evje e Fjelde, 2003). O caso de *Golfada* analisado neste trabalho também foi comparado com resultados disponíveis na literatura (Andrianov et al., 2007 e Masella et al., 1998). Tendo por objetivo realizar uma comparação entre os resultados, o caso foi definido exatamente como nas referências, inclusive todas as equações de fechamento, i.e., parâmetros da velocidade de escorregamento e fator de atrito.

Nos testes de validação o modelo se comportou de forma satisfatória quanto à estabilidade da solução e apresentou grande proximidade com os resultados do artigo utilizado como referência. O tempo necessário para as soluções de validação do modelo poderiam ser reduzidos caso fosse implementada uma malha variável que reduzisse o refinamento (número de nós) nos locais onde houvesse pouca variação das grandezas analisadas. Apesar da implementação de uma malha variável não aumentar o passo de tempo ela contribui para a redução no número de cálculos a serem executados por passo de tempo. Esta redução no tempo computacional total poderia ocorrer também caso fossem implementados métodos de segunda ordem para a derivada espacial, visto que o número de nós necessários para se obter a mesma resposta de um método de primeira ordem é quatro vezes menor (Capítulo 4).

Na análise da *Golfada Severa*, notou-se que o *Modelo de Drift* é capaz de prever um regime estatisticamente permanente de formação e produção do bolsão de líquido que acumula no trecho vertical da tubulação. A partir da comparação dos resultados, notou-se uma frequência menor de ocorrência de golfadas em relação ao trabalho de Andrianov et al., (2007), além de oscilações nas soluções das grandezas avaliadas. Não foi possível avaliar se as oscilações induziram a uma redução na frequência dos eventos. As equações do *Modelo de Drift* foram combinadas da mesma forma que no artigo utilizado para comparação, porém, Andrianov et al. (2007) utilizaram uma discretização de segunda ordem no tempo e no espaço, além de terem utilizado um algoritmo adaptativo de multiresolução para a solução do sistema algébrico. Pode-se atribuir a presença de oscilações na solução a ordem de discretização do presente trabalho, no entanto, uma análise mais aprofundada precisa ser desenvolvida.

Outros testes de validação, não só numéricos como também experimentais, poderiam ser implementados de modo a ampliar a aplicabilidade do modelo a diferentes regimes de escoamento e configurações de dutos não abordados neste trabalho. Nestes testes poderiam ser implementadas diferentes correlações para a velocidade de *Drift* dependendo do regime de escoamento presente em cada parte do duto. Neste caso, poder-se-ia optar entre a elaboração de um algoritmo para decidir qual regime de escoamento estaria ocorrendo em cada trecho do duto e assim utilizar a correlação adequada ao regime vigente em cada volume de controle discretizado. Uma alternativa à construção de um mapa de fases seria

utilizar a correlação de Chexal e Lellouche (1992) para a velocidade de *Drift*, pois segundo os autores esta é válida para todos os regimes de escoamento.

Algumas sugestões de trabalhos futuros que podem ser implementadas de modo a ampliar a aplicabilidade do modelo são:

- Utilização de esquemas de segunda ordem para discretização espacial e temporal.
- Inclusão da equação da energia para solução não isotérmica;
- Inclusão de equações necessárias para a solução de mais um fluido (escoamento de três fases).
- Inclusão de transferência de massa entre fases.
- Estudo mais detalhado da influência do refinamento da malha e do passo de tempo nos resultados para o caso da Golfada Severa.

Sugestões de casos a serem analisados:

- Análise detalhada da formação de golfadas, com a influência da condição de entrada.
- Desenvolvimento de rotinas de pós-processamento para determinar os parâmetros dos regimes estatisticamente permanente de golfadas, como comprimento, frequência e velocidade de translação.
- Análise do regime de bolhas dispersas.