

## 6 Comentários Finais

No presente trabalho investigou-se a eficiência de um misturador em amortecer golfadas, isto é, sua eficiência em evitar a presença de grandes bolhas de gás na sucção de bombas multifásicas. Diferentes configurações foram investigadas e uma nova configuração foi proposta.

O escoamento bifásico turbulento foi modelado com o Modelo de Dois Fluidos e com o modelo de turbulência  $\kappa-\omega$  SST. Diferentes graus de complexidade referentes à interação entre as fases foram testados. O escoamento foi resolvido numericamente com o programa comercial CFX, o qual é baseado no Método de Volumes Finitos.

Um conjunto inicial de configurações foi investigado, as quais foram baseadas em um protótipo desenvolvido pelo CENPES, Petrobras. Nas experiências realizadas, o único parâmetro medido foi a queda de pressão através do misturador, não tendo sido possível identificar qual a melhor configuração do misturador. No entanto, somente a solução numérica permitiu avaliar a eficiência do misturador.

Visando validar a metodologia empregada, comparou-se os resultados das previsões numéricas para a queda de pressão com dados experimentais. Para todos os casos analisados (diversas configurações geométricas e pares de vazões ar/água), o erro médio absoluto na queda de pressão através do misturador foi inferior a 30%. Este resultado indica que o escoamento foi resolvido de forma adequada.

Com a análise simplificada, considerando um escoamento de gás com bolhas monodispersas, observou-se que o diâmetro das bolhas pode influenciar em até 8 % no valor previsto para o diferencial de pressão no misturador.

Apesar dos modelos monodispersos, gerarem resultados, para o diferencial de pressão, próximos aos observados experimentalmente, assim como a formação de um nível praticamente estável de líquido no espaço anular, estes modelos não são completamente satisfatórios para se analisar o escoamento no interior do misturador. Eles não capturam os efeitos de coalescência e quebra de bolhas, importantes para se verificar a eficácia do misturador em condicionar o escoamento

para os equipamentos de bombeio. Assim, com estes modelos, não é possível verificar a eficiência do misturador para lidar com as grandes bolhas de Taylor presentes nos escoamentos intermitentes com golfadas.

Com a análise realizada, conclui-se que além da força de arraste, recomenda-se considerar a presença da força de sustentação, em especial na presença de bolhas grandes.

Os modelos polidispersos apresentam um custo computacional muito mais elevado, porém mostraram uma melhor concordância com os diferenciais de pressão medidos experimentalmente. E, também foi possível, uma vez que estes modelos consideram os efeitos de coalescência e quebra de bolhas, investigar a quebra das bolhas grandes, presentes na entrada do misturador, em bolhas menores. Além de ser possível verificar a coalescência das bolhas no interior do misturador, principalmente na região do topo.

O estudo numérico realizado com as configurações geométricas experimentadas, levou à proposta de uma nova configuração, e mostrou que quanto mais afastados forem os furos superiores dos inferiores mais líquido poderá ser acumulado no espaço anular entre os cilindros. Isto permitirá que o misturador consiga lidar por mais tempo com a chegada de somente gás, garantindo maior segurança para um equipamento de bombeio instalado à jusante.

Outro ponto é que, a depender das condições de entrada, uma alteração na proporção entre as áreas abertas aos fluxos no topo e na base do misturador, podem fazer uma grande diferença no tamanho das golfadas às quais o misturador conseguirá lidar.

Os resultados observados, com o modelo de escoamento polidisperso, mostraram que o projeto do misturador analisado é viável, apresentando bolhas de pequeno diâmetro na saída, mesmo nas regiões de alta fração de ar. Porém, recomenda-se uma otimização na distribuição e no tamanho dos furos deve ser feita, de acordo com a aplicação desejada, ou seja, conhecendo-se bem as condições de entrada esperadas pode-se, com pequenas alterações na configuração, melhorar significativamente a eficiência do misturador.

## 6.1

### Sugestão de trabalhos futuros

Diversas são as sugestões para trabalhos futuros. Uma primeira sugestão consiste em realizar um experimento, utilizando as mesmas configurações testadas neste trabalho, no qual seja possível identificar a distribuição da fração de ar, assim como os diâmetros das bolhas no plano de saída. Estes resultados podem ser úteis para auxiliar numa melhor validação da modelagem com relação a seleção dos modelos interfaciais. As experiências deveriam ser realizadas para diferentes padrões de escoamento na entrada, onde haveria um controle dos parâmetros das golfadas ou bolhas dispersas na entrada.

A eficiência do misturador na presença de hidrocarbonetos nas fases líquida e gasosa através do misturador, em vez de ar/água também deve ser investigada.

Uma vez que a solução numérica de um misturador com dimensões reais pode ser facilmente obtida, após a ampliação da validação da metodologia com dados laboratoriais, sugere-se investigar o escoamento em um protótipo, com dimensões próximas a de um equipamento real. Recomenda-se avaliar a influência de se incluir efeitos de compressibilidade do gás, no caso de se ter grandes variações de pressão nas condições de escoamento de um equipamento real.

Outro aspecto a ser considerado é a influência da troca térmica, já que o equipamento deverá ser instalado no leito marinho, com temperatura externa na ordem de 4°C e interna próxima a 100°C.

Um ponto que não foi avaliado no presente trabalho, mas que deverá ser considerado no projeto de um misturador a ser usado em equipamentos de bombeio de petróleo é a presença de sólidos. No misturador analisado percebe-se a presença de pontos de estagnação de fluidos, na base do espaço anular, que tenderiam a ser regiões de acúmulo de sólidos. Em última instância, estes sólidos acumulados poderiam levar ao entupimento do misturador. Dessa forma, recomenda-se investigar, numericamente, outras geometrias para a região externa ao cilindro interno que não permitam o acúmulo de sólidos.