



SIMULAÇÃO EM CFD DE UM TANQUE DE MISTURA UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE MALHA

Victor Gabriel Santos Silva

João Inácio Soletti

José Luís Gomes Marinho

Sandra Helena Vieira Carvalho

victorgssilva92@gmail.com

jisoletti@gmail.com

jlmarinho@ctec.ufal.br

sandra.ufal@gmail.com

Universidade Federal de Alagoas

Av Lourival Melo Mota, S/N - Tabuleiro dos Martins, 57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil

Resumo. Pequenas melhorias na eficiência do processo de agitação podem resultar em grandes benefícios na redução de investimentos e custos operacionais, principalmente devido ao grande volume de material envolvido. Para estudo e otimização dessa operação, o comportamento local dentro do tanque de mistura pode ser estimado utilizando-se técnicas da Fluidodinâmica Computacional CFD (Computational Fluid Dynamics). O CFD é a denominação conferida ao grupo de técnicas matemáticas, numéricas e computacionais usadas para obter, visualizar e interpretar soluções computacionais para as equações de conservação, de grandezas físicas de interesse em um dado escoamento. No presente trabalho, diversas malhas, desenvolvidas utilizando o software ICEM, para a região que contém o impelidor de um tanque agitado foram comparadas à malha fornecida pelo Ansys. Para todas as malhas, foram realizados estudos de distribuição de pressão e vetores de velocidade do ar no tanque. As malhas não-estruturadas criadas variam em número de elementos hexaédricos, tetraédricos, primas e pirâmides, dependendo dos refinamentos e simplificações da malha. As simulações mostram que a simplificação de núcleo de hexaedros diminui bastante o número de elementos, sem comprometer os resultados. Já a adição de refinamento de camada de prisma não adicionou uma melhora significativa que justificasse o aumento do número de elementos.

Palavras-chave: Agitação e mistura, Fluidodinâmica computacional, Malhas estruturadas e não-estruturadas.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, as indústrias estão cada vez mais competitivas e, para se manter em um mercado como este são necessários vários investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Para isto, as empresas investem em ferramentas computacionais que forneçam resultados precisos e confiáveis. Principalmente, aquelas empresas cujo produto está relacionado com escoamentos de fluidos, isto é, à fluidodinâmica. As equações que regem a fluidodinâmica de escoamentos industriais são de difícil resolução analítica, desta forma a utilização de métodos numéricos, como o CFD (fluidodinâmica computacional), é importante e vem se tornando cada vez mais popular, pois é um método barato e de fácil utilização. Existem diversos programas de simulação hoje em dia no mercado, que possibilitam obter resultados muito satisfatórios (Herckert et al., 2004).

Para uma dada propriedade conservada em um volume de controle, as equações de transporte são válidas para qualquer ponto infinitesimal dentro deste volume. Vale notar que a região do contorno afeta o comportamento da propriedade conservada. Para a solução numérica, o domínio passa a ser discretizado sendo, portanto, composto de vários subdomínios. Este processo é chamado de geração da malha computacional. As equações diferenciais de transporte aplicadas ao escoamento de fluidos, ao serem discretizadas, formam um sistema linear de equações. A forma geométrica dos elementos de malha (subdomínios) afeta diretamente quão bem o domínio está representado e a acurácia da aproximação numérica da discretização das equações a serem resolvidas no espaço. As malhas não estruturadas são mais versáteis, com maior facilidade para adaptar-se e adequada na discretização de geometrias irregulares (Maliska, 2004).

A partir da revisão bibliográfica, a criação de geometria e geração de malha para o impelidor foi considerada como a etapa mais difícil da modelagem. Os cálculos numéricos são feitos a partir da malha, de um elemento ou volume finito para outro. Ela determina o tempo de simulação, a taxa de convergência e a precisão da solução. Tendo isso em vista, foram estudados diferentes tipos de malha e refinamentos de malha na aplicação de um caso de agitação e mistura.

2 METODOLOGIA

O caso estudado é parte da documentação do Ansys 15 e pode ser encontrado no Capítulo 17 do tutorial do software CFX. O exemplo simula a mistura de ar em água num tanque de mistura. O tutorial fornece duas malhas, uma para o tanque e outra para a região que contém o impelidor, sendo que ambas são seções de um quarto da geometria completa e utilizam simetria para obter os valores reais.

2.1 Construção de geometria e malha

Para comparação do efeito da malha nos resultados de pressão e velocidade do ar, foi gerada uma geometria para a região do impelidor semelhante à fornecida pelo exemplo e sobre ela foram construídas 8 malhas, utilizando o software Ansys ICEM. As malhas variam apenas no número de camadas de prisma (1prism, 2prism e 3prism equivalem a 1, 2 e 3 camadas, respectivamente) ou utilização do núcleo de elementos hexaédricos (hxc) e consequentemente no número de elementos de cada tipo (tetraédricos, hexaédricos, prismas e pirâmides), como detalhado na Tabela 1.

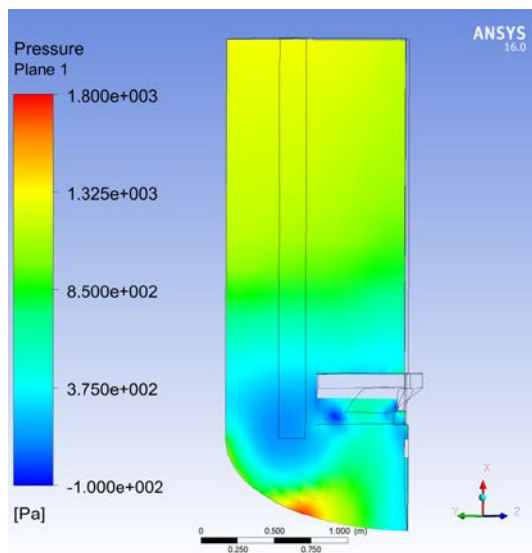
Tabela 1. Especificações das malhas construídas

Malha	Refinamentos	Nº tetra	Nº hexa	Nº prism	Nº pira	Nº nós	Qualidade<0,3
S1	nenhum	6355	0	0	0	1351	0,03%
S2	hxc	3981	62	2	162	1073	0,00%
S3	1prism	6049	0	1110	96	1887	0,52%
S4	hxc/1prism	3748	22	1110	176	1550	1,15%
S5	2prism	5083	0	2022	192	2206	5,51%
S6	hxc/2prism	3582	22	2022	268	2011	2,74%
S7	3prism	4320	0	2782	272	2484	10,15%
S8	hxc/3prism	4072	2	2782	284	2459	5,60%

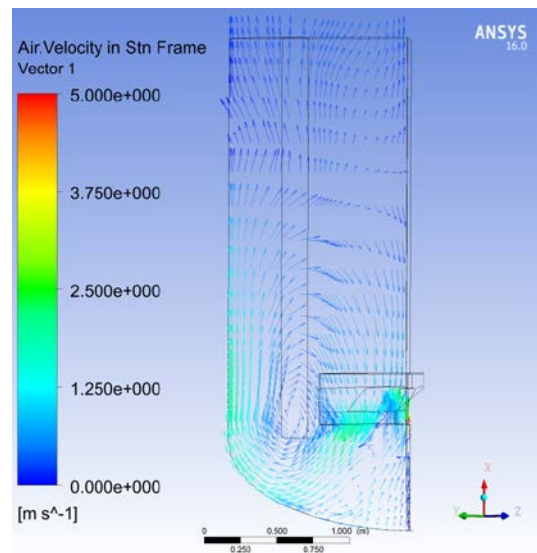
2.2 Obtenção dos resultados

Os resultados foram obtidos utilizando o software Ansys CFX-Pre para definição dos domínios, condições iniciais e de contorno e o software Ansys CFX-Solver Manager para resolução das equações de conservação. Para visualização dos resultados, foi utilizado o software Ansys CFD-Post.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO



(a) Distribuição de pressão



(b) Velocidade do ar

Figura 1. Resultados obtidos utilizando a malha fornecida pelo tutorial

Na Fig.1 (a) podemos ver o resultado de distribuição de pressão ao longo de uma seção plana do tanque e na Fig.1 (b), podemos ver o resultado do campo de vetores de velocidade do ar, utilizando a malha fornecida pelo exemplo do tutorial. Na Fig. 2 podemos ver o resultado da pressão e na Fig. 3 da velocidade do ar para as malhas construídas (S1 a S8 crescente da esquerda para direita e de cima para baixo).

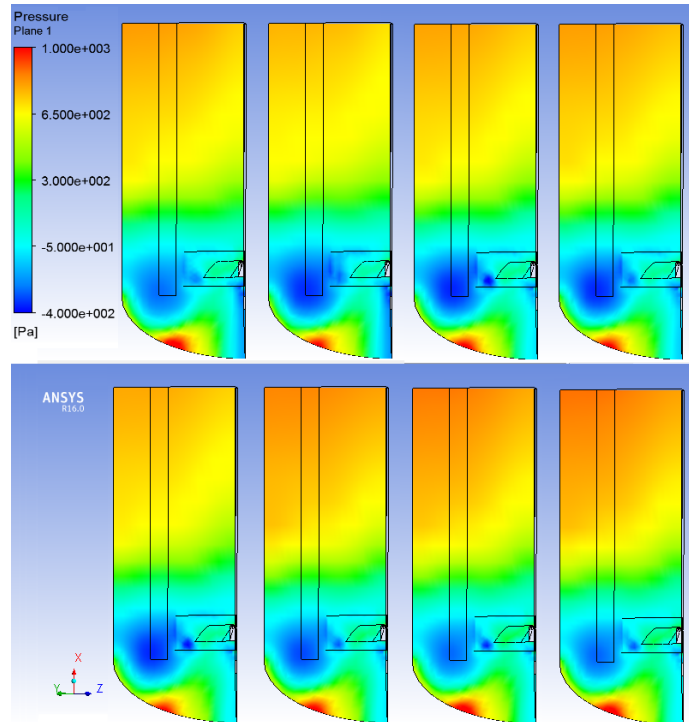


Figura 2. Distribuição de pressão no tanque para diferentes malhas

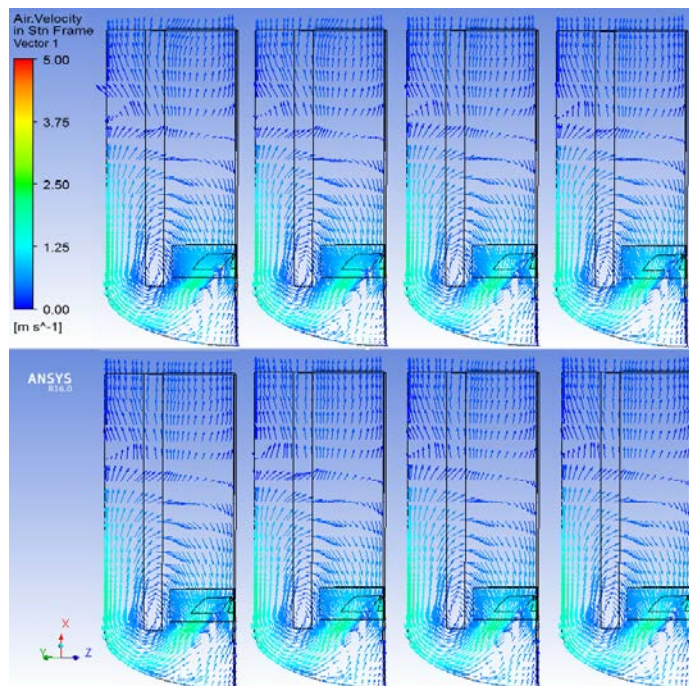


Figura 3. Vetores de velocidade do ar no tanque para diferentes malhas

Podemos perceber que os resultados obtidos para a pressão com as malhas construídas, que ficam em torno de 65 Pa na metade superior do tanque e de -400 Pa no centro do vórtice gerado pela pá do impelidor, não estão dentro do mesmo intervalo dos resultados da malha do exemplo, cerca de 85 Pa na parte superior e -100 Pa no vórtice. O motivo para tanto é que a chamada “pressão”, calculada pelo CFX exclui a pressão hidrostática causada pela gravidade e a pressão de referência (1 atm), sendo assim uma pressão muito mais sensível, tendo em vista que o impelidor construído não foi exatamente igual ao do exemplo. Entretanto podemos ver que a distribuição relativa da pressão no tanque é muito parecida.

Já os resultados de vetores de velocidade do ar foram bastante parecidos, na grande maioria dos pontos não passando de 1,25 m/s, exceto na saída do injetor de ar, onde é igual a 5 m/s, sendo uma condição de contorno. Podemos ver a formação do vórtice na metade inferior, que arrasta parte do ar, até que este chega ao meio do tanque, se desprende da corrente e sobe até ser liberado na superfície da água.

Em geral, as malhas que foram construídas para este trabalho obtiveram resultado bastante semelhante entre si. Entretanto, o uso dos núcleos de hexaedros reduz bastante o número de elementos e também o número de nós, principalmente em malhas com menos camadas de prisma (devido ao espaço livre ser maior), apresentando assim uma redução do esforço computacional para resolver o problema, diminuindo o tempo e robustez necessários. Além do mais alguns softwares como o próprio CFX têm licença limitada pelo número de nós, logo é interessante que seja o mínimo possível. Já as camadas de prismas, em geral utilizadas para obter melhores resultados na parede dos domínios, foram menos eficientes, pelo fato da região do impelidor não possuir paredes tão complexas, portanto não justificando o aumento de elementos e nós causado pelas mesmas.

4 CONCLUSÃO

Os resultados para pressão e velocidade do ar obtidos pelas malhas construídas no software ICEM foram satisfatórios e condizentes com o que era esperado, devido à comparação com o exemplo fornecido pelo manual do Ansys CFX. A diferença entre os intervalos de pressão pode ser explicada pelo fato da pressão calculada não ser a absoluta, mas os gráficos produzidos são bastante similares.

Para este exemplo, onde não há superfícies de parede complexas, o resultado não utilizando camadas de prisma foi semelhante ao obtido quando em uso delas, logo devido ao aumento do número de elementos e nós, não é aconselhável. Já o núcleo de hexaedros conseguiu reduzir o número de elementos e nós da malha, sem causar grandes diferenças nos resultados, portanto seu uso pode ser recomendado.

REFERÊNCIAS

- Herckert, M. G. R., & Neto, A. S., 2004. Fluidodinâmica computacional e suas aplicações. Universidade Federal de Uberlândia.
- Maliska, C. R., 2004. Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional, LTC.