

Dicas e Conclusões

Tópicos Especiais em Sistemas Térmicos: CFD

Professor: Adriano Possebon Rosa

Laboratório de Energia e Ambiente
Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade de Brasília

Sumário

- 1 Algumas Dicas
- 2 Próximos Passos
- 3 Artigo Científico

Definição do Problema.

- Antes de simular o problema, tenha um planejamento completo, com todas as etapas da solução.
- Algumas perguntas que devem ser respondidas: **1)** A simulação de CFD é apropriada para o problema em questão? **2)** Os objetivos da análise estão claramente definidos? **3)** Quais são os requisitos de precisão? **4)** Quais quantidades locais ou globais são necessárias na simulação? **5)** Quais são as físicas importantes no problema? **6)** A geometria está bem definida? **7)** As condições de contorno estão bem definidas? **8)** Qual é o nível de recursos computacionais necessário para realizar as simulações? **9)** O problema é permanente ou transiente? **10)** Há simetrias no problema?

Compreenda bem a física do problema.

- Entender os fenômenos físicos é crucial para aplicar CFD.
- Um dia na biblioteca evita uma semana de simulações erradas.
- CFD é uma ferramenta. Só isso. O resultado gerado por um software CFD está errado até que se prove o contrário.
- Um usuário de CFD deve possuir um bom conhecimento de Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor, um conhecimento geral sobre metodologias numéricas e um conhecimento aprofundado sobre o problema que está sendo resolvido.

Escolha o software adequado.

- Muitas opções.
- Pesquise para ver qual software mais se adéqua ao seu problema.
- Busque por trabalhos similares e veja qual software foi utilizado.

Malha é MUITO importante.

- Um bom resultado em CFD depende de uma boa malha.
- Gaste um bom tempo gerando e avaliando a malha.
- Atenção especial nas regiões próximas às paredes.
- Vários tipos: estruturada e não estruturada; tetra, hexa e poliedros.
- Você pode usar um software e gerar a malha com outro.
- Cobertor curto: a malha deve ser refinada, mas o problema tem que rodar em um tempo razoável (precisão X custo computacional).
- Critérios: *non-orthogonality*, *skewness*, *aspect-ratio* ...

Comece simples.

- Se você vai resolver o escoamento em torno de um carro de Fórmula 1, comece com um cilindro 2D. Depois vá para um perfil de asa. Depois
- Se você vai resolver o escoamento de uma gota de ferrofluido viscoelástico em um campo magnético gerado por 20 ímãs próximo a um buraco negro, comece com o escoamento 2D entre placas. Depois inclua uma gota. Depois
- Entenda e valide cada caso. Acrescente um efeito por vez. Assim, se der problema, você sabe que foi o novo efeito que causou o problema.

Validação e Verificação

- Validação: resultados experimentais.
- Verificação: resultados teóricos.
- Compare seus resultados com resultados analíticos, *benchmarks* numéricos e resultados experimentais.
- Ninguém vai acreditar nas suas simulações e você não vai publicar o seu artigo se não tiver uma validação ou verificação.
- Teste de convergência de malha também é fundamental.

Simulação: comece simples (de novo).

- Utilize métodos simples e robustos para rodar os primeiros casos.
- *Upwinding* é sempre um problema. Comece com o de primeira ordem. Mas é importante usar um método de segunda ordem nos resultados finais.
- Em malhas que não são muito boas, o termo difusivo pode dar problema. Veja as condições de não ortogonalidade.
- Se o problema é permanente, utilize simulações em regime permanente, pois elas são mais rápidas.

Turbulência

- Veja quais são os modelos adequados ao seu problema.
- Começar com o $k - \epsilon$ quase sempre é uma boa ideia. Depois mude para um modelo mais apropriado.
- Muito cuidado com as regiões próximas às paredes. Utilize funções de parede e valores de y^+ adequados.
- Se o problema é muito complexo (descolamento, recirculação, ...), use $y^+ < 1$ e modelos de turbulência adequados.

Processamento

- Acompanhe os resíduos em tempo real.
- Veja se há convergência nos valores dos resíduos e também em valores significativos da simulação (velocidade ou pressão em um ponto, por exemplo).
- Em simulações transientes, acompanhe o número de Courant. É recomendável que ele esteja abaixo de 1. Em simulações muito complexas, o Courant talvez precise ser mantido abaixo de 0.2 ou 0.1.

Pós-processamento

- Antes de gerar os resultados finais, faça várias verificações das suas simulações. Veja se massa e energia se conservam. A vazão de entrada é igual à vazão de saída? Existe algum ponto com valores estranhos de velocidade ou pressão? A temperatura no interior do domínio está dentro dos limites? A fração volumétrica está entre 0 e 1? Descontinuidades nos valores das variáveis podem ser um indicativo de problema numérico.
- Faça gráficos qualitativos (coloridos, bem bonitos) e gráficos quantitativos (bonitos também).
- Faça vídeos.

- Geralmente, nos artigos, nós colocamos primeiro os gráficos qualitativos, para mostrar como é o escoamento, e depois gráficos quantitativos, com resultados de interesse. Por exemplo: no problema de convecção natural, primeiro nós mostramos gráficos de velocidade e temperatura, e depois os gráficos de troca de calor em função de Ra .

Documentação

- Documente bem todos os seus passos. Comente os códigos. Isso vai ser importante para garantir transparência e reprodutibilidade.
- É possível disponibilizar seus códigos e resultados (no *github*, por exemplo). Muitas revistas hoje recomendam isso.

Sumário

- 1 Algumas Dicas
- 2 **Próximos Passos**
- 3 Artigo Científico

Algumas coisas que não vimos neste curso:

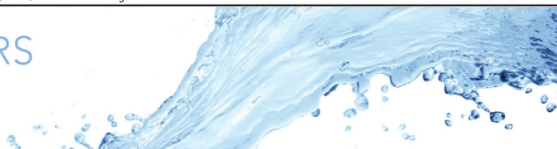
- fluidos não newtonianos;
- escoamentos multifásicos;
- malha adaptativa;
- malha móvel;
- interação fluido-estrutura;
- reações químicas e combustão;
- inteligência artificial.

Próximos passos:

- python (para automatizar as simulações, para fazer gráficos e para analisar os resultados);
- pyFoam (ver se vale a pena (parece que sim));
- aprofundar o estudo na teoria relacionada ao seu problema/projeto;
- aprofundar o estudo nas ferramentas que serão utilizadas no seu problema/projeto;
- escrever o artigo (em inglês).

Sumário

- 1 Algumas Dicas
- 2 Próximos Passos
- 3 Artigo Científico



On the rheology and magnetization of dilute magnetic emulsions under small amplitude oscillatory shear

Rodrigo F. Abdo^{1,2,†}, Victor G. Abicalil^{1,†}, Lucas H.P. Cunha^{3,4,†} and Taygoara F. Oliveira^{1,†}

¹Laboratory of Energy and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Brasília, Brasília, DF 70910-900, Brazil

²Federal Institute of Brasília - Estrutural Campus, Brasília, DF 71250-000, Brazil

³Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Rice University, Houston, TX 77005, USA

⁴Center for Theoretical Biological Physics, Rice University, Houston, TX 77005, USA