

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA CONVECÇÃO NATURAL TURBULENTA UTILIZANDO MODELO LES EM OPENFOAM

Lucas Krebs Gonçalves, Marcus Vinícius Canhoto Alves

INTRODUÇÃO

A transferência de calor por convecção natural é caracterizada pela ausência de um agente externo que promova o fluxo do fluido. Nesse tipo de fluxo, a força motriz (e única fonte de movimento) é o desequilíbrio da força gravitacional devido às diferenças de densidade dentro do fluido. A diferença de densidade pode ser gerada por diversos fatores, sendo os gradientes de temperatura internos a causa mais comum, seguidos pelos gradientes de concentração de espécies. Alguns autores dividem esse fenômeno em duas classes representando os extremos: cavidades aquecidas pelas superfícies superior e inferior com as laterais termicamente isoladas e cavidades onde as laterais estão em diferentes temperaturas e as superfícies superior e inferior são adiabáticas. As duas classes são necessárias para o entendimento e solução de diversos problemas na engenharia que envolvem a circulação de fluidos, entretanto, nesse estudo serão avaliadas as de segunda classe. A escolha da cavidade retangular é devido a possibilidade de diversas aplicações da engenharia serem simplificadas para essa geometria, como por exemplo: cavidades de coletores solares, fluxo de ar em salas e outras estruturas de construção, como paredes duplas e janelas com vidros duplos, resfriamento de equipamentos eletrônicos e fornos. Nesse contexto, esse estudo tem como objetivo simular o problema de convecção natural do problema exemplo de Tian e Karayiannis (2000) no OpenFOAM e validar seu modelo de turbulência Large Eddy Simulation (LES) para este tipo de simulação.

DESENVOLVIMENTO

Com base no experimento realizado por Tian e Karayiannis (2000), foi utilizado o software OpenFOAM (Open Field Operation and Manipulation), um software comercial de código aberto para simulações CFD, para realizar as simulações numéricas. A geometria definida foi similar à do experimento com alteração na dimensão z , uma caixa de comprimentos $L1 = 750 \text{ mm}$, $L2 = 750 \text{ mm}$ e $L3 = 5 \text{ mm}$, pois, foi testado uso de condições periódicas nas paredes paralelas ao fluxo do escoamento dentro da caixa a fim de reduzir o tamanho da malha e, consequentemente, reduzindo o custo computacional. As condições de contorno das paredes reais foram impostas como: a superfície da esquerda mantida a 323 K, a superfície da direita a 283 K e, as outras duas, adiabáticas. A temperatura interna inicial da cavidade é 303 K, a média das superfícies com temperaturas constantes. O modelo de turbulência utilizado, LES, utiliza as equações de Navier-Stokes para resolver as grandes escalas turbulentas enquanto modela as menores, sendo necessário utilizar uma malha mais refinada. É uma abordagem que tem maior custo computacional que o modelo Reynolds-Average Navier-Stokes (RANS), e menor que o Direct Numerical Simulation (DNS). Foram realizadas 3 simulações no supercomputador Ada Lovelace do CENAPAD/SP com diferentes densidades de malha: 512x512x8, 512x512x16 e 512x512x32, para avaliar a convergência dos resultados e refino de malha.

RESULTADOS

Os primeiros resultados apresentaram problemas com o balanço de energia, como visto na figura 1, a temperatura ao longo do tempo para um ponto próximo da parede mais fria, a temperatura decai continuamente, mostrando que não é observada a conservação da energia.

reinicialização da simulação. O problema foi identificado na forma como a troca de dados é realizada quando um a paralelização do caso foi realizada com o algoritmo *scotch*. Após uma modificação no código ser implementada, corrigindo o problema, os três casos foram simulados novamente sendo o resultado de temperatura para o mesmo ponto (próximo da parede fria) da malha 512x512x32 é mostrado na figura 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o problema na implementação das condições de contorno paralelizadas das simulações tenha sido corrigido, ainda é necessário simular mais tempo para que seja possível realizar a análise comparativa com o estudo de Tian e Karayiannis (2000), portanto este é um resultado preliminar e o trabalho continua em andamento.

Palavras-chave: convecção natural turbulenta; CFD; LES; transferência de calor numérica.

ILUSTRAÇÕES

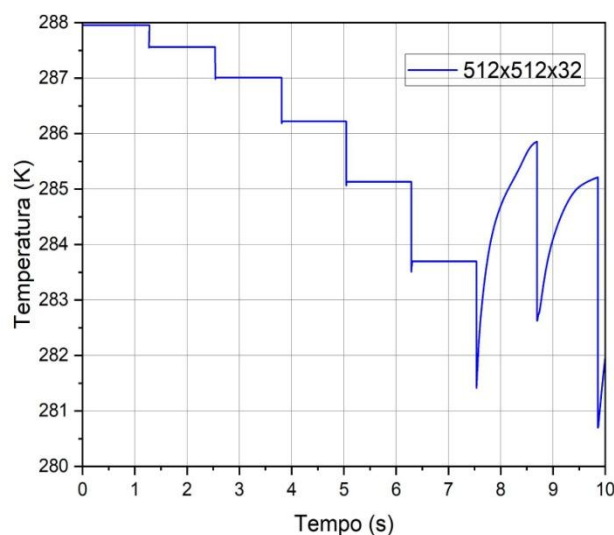


Figura 1. Resultado da malha de 512x512x32.

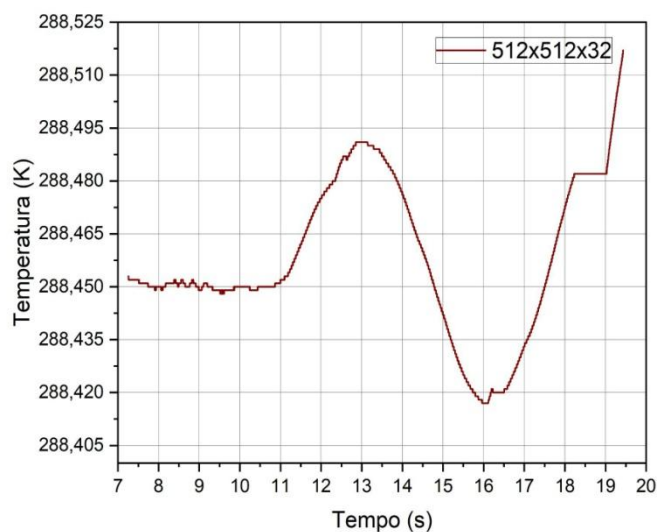


Figura 2. Resultado da malha de 512x512x32.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TIAN, YS; KARAYIANNIS, TG. Low turbulence natural convection in an air filled square cavity: part i: the thermal and fluid flow fields. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, Elsevier, v. 43, n. 6, p. 849–866, 2000.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Lucas Krebs Gonçalves

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC (IC)

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Marcus Vinícius Canhoto Alves

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia Mecânica

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia Mecânica / Fenômenos de Transporte

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Simulação numérica da convecção natural turbulenta em cavidades retangulares.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4059-2022