



XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG  
Paper CREEM2010-SF-18

## ESTUDO DE MALHAS PARA SIMULAÇÃO CFD DE VENTILAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES CONSTRUÍDOS

**Ronaldo Horácio Cumplido Neto, Álvaro Messias Bigonha Tibiriçá,  
Marcelo Pereira Coelho e Júlio Cesar Costa Campos**

Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal Viçosa  
Campus Universitário – Viçosa – Minas Gerais – CEP 36570-000

E-mails: ronaldo.neto@ufv.br, alvaro.tibirica@ufv.br, marcelopcoelho@gmail.com e julio.campos@ufv.br

### Introdução

A utilização da Mecânica dos Fluidos Computacional (CFD – *Computer Fluid Dynamics*) para o cálculo dos fluxos de ar em ambientes construídos tem sido tema de trabalhos de diversos autores (Visagavel e Srinivasan, 2009; Stamou *et al.*, 2008; Cheong *et al.*, 2003; Bojic *et al.*, 2002). No entanto, as aplicações de CFD em problemas de ventilação natural são limitadas pelo custo computacional oriundo principalmente do tamanho e das inconsistências entre as malhas geradas para os diferentes domínios computacionais, como por exemplo, os domínios interno e externo (Wang e Wong, 2009). Este trabalho busca investigar a geração de malhas para este tipo de problema: o tipo de malha, o tamanho dos elementos e as dimensões do domínio externo em relação ao interno. Objetiva-se encontrar parâmetros que permitam obter resultados estáveis para este tipo de simulação. Para tanto, o problema é investigado através de simulações CFD no software ANSYS CFX 11.0.

As análises CFD para fluxo de ar baseiam-se na solução numérica de equações diferenciais parciais para a Quantidade de Movimento e a Conservação da Massa (Bojic *et al.*, 2002). Essas equações são resolvidas numericamente para uma série de volumes finitos elementares (Método dos Volumes Finitos) acoplados, obtidos através da discretização dos domínios. Quando se trabalha com mais de um domínio, a estrutura da interface entre os domínios é essencial para que a solução das equações seja estável e culmine em resultados coerentes. É neste contexto que a geração das malhas mostra-se fundamental para obtenção de resultados realísticos.

### O problema investigado

A simulação da ventilação natural em ambientes construídos pode ser dividida em duas partes: o fluxo de ar na atmosfera (escoamento externo) e o fluxo de ar no interior do ambiente construído (escoamento interno). O modelo mais simples de fluxo de ar atmosférico é laminar (sem turbulência) e uniforme até as imediações do ambiente construído. Ao redor do ambiente construído o fluxo atmosférico é perturbado pela edificação, o que implica em um novo perfil de velocidade (diferente do perfil de velocidade na atmosfera) na(s) entrada(s) do domínio interno, o ambiente construído. Essa situação traz as seguintes questões a este tipo de simulação: Qual tamanho deverá ter o domínio externo em relação ao domínio interno para que as perturbações ao redor do ambiente construído sejam totalmente desenvolvidas? Qual o tipo e o tamanho dos elementos em cada domínio para que o tempo computacional não seja demasiadamente longo e para que os resultados sejam coerentes?

### Metodologia e Resultados

Para investigar as questões colocadas, utilizou-se um ambiente com dimensões 3 m x 5 m x 3 m, com aberturas opostas de 2 m x 1 m (Fig. 1a), como o descrito em Wang e Wong (2009). Um perfil linear de velocidades com 1/4 de inclinação e velocidade nula na superfície foi usado para o escoamento externo como condição de contorno em uma das faces do domínio atmosférico. Na face oposta foi imposta condição de pressão relativa zero. Inicialmente, adaptaram-se as dimensões do domínio externo e o posicionamento do domínio interno propostos por Visagavel e Srinivasan (2009) para simulação bidimensional. Essas dimensões foram variadas, buscando-se a menor dimensão cujo escoamento em torno do domínio interno ficasse totalmente desenvolvido (Fig. 1b). Concomitantemente à variação das dimensões do domínio externo, foram geradas malhas com diferentes refinamentos. Diferentes configurações foram simuladas, variando posição e dimensão dos domínios, e tipo e tamanho dos elementos das malhas.

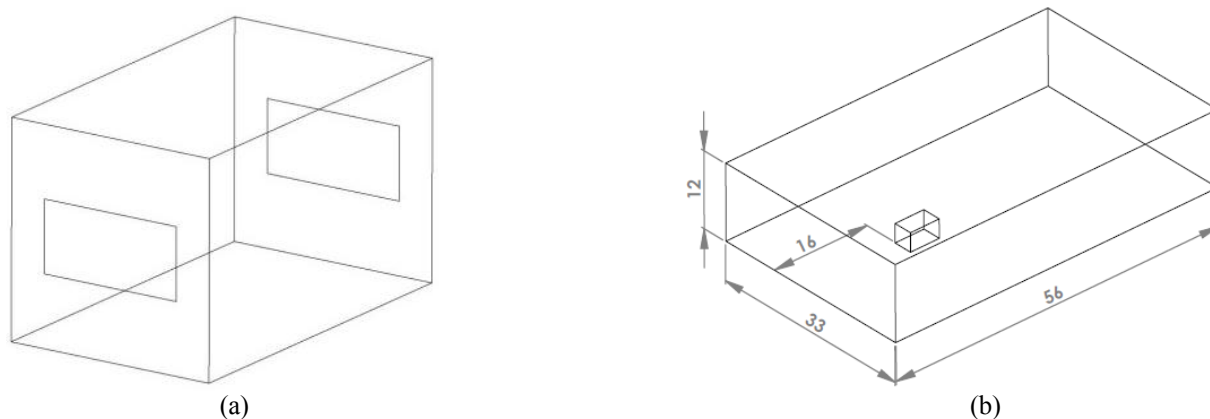


Figura 1 – (a) Geometria do ambiente interno; (b) dimensões do ambiente externo (em metros).

Dentre as configurações de malhas geradas, a que apresentou resultados coerentes (convergência, estabilidade e simetria dos resultados) com menor tempo de simulação possui as características descritas na Tab. 1. A Figura 2 mostra a malha gerada para o domínio externo, a interface entre as malhas dos domínios externo e interno e os contornos de velocidade obtidos com a configuração mostrada na Tab. 1.

Tabela 1 – Dados das malhas interna e externa que apresentaram resultados coerentes com menor tempo de simulação.

Malha	Tipo	Número de Elementos	Número de Nós	Tamanho médio dos elementos
Interna	Hexadominante	45183	49014	0,1 m
Externa	Hexadominante	317676	305991	0,4 m

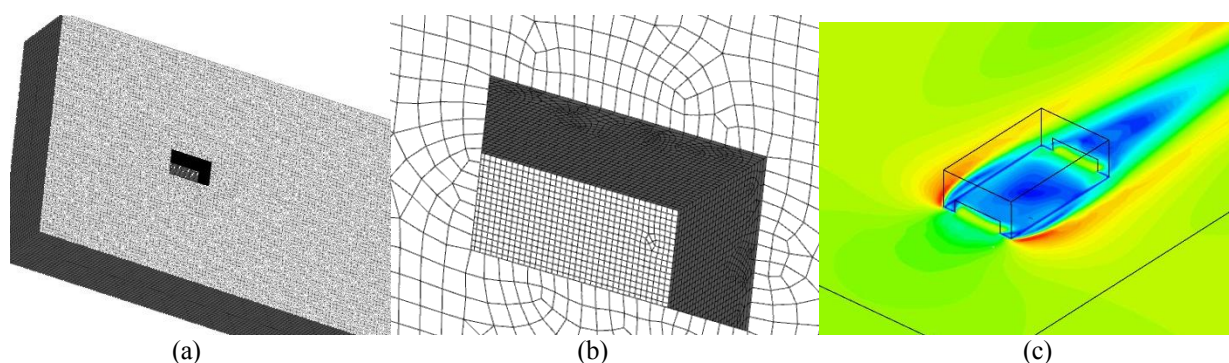


Figura 2 – Ilustrações relativas à configuração descrita na Tabela 1: (a) malha do domínio externo; (b) interface entre a malha do domínio interno e externo; (c) contornos de velocidade obtidos.

## Conclusões

Foram simulados, no software ANSYS CFX 11.0, diferentes configurações de malhas visando obter resultados (convergência, estabilidade e simetria) com menor esforço computacional para sistemas de ventilação natural em ambientes construídos. Foi encontrada uma configuração (Tab. 1) com resultados similares aos encontrados na literatura (Wang e Wong, 2009; Visagavel e Srinivasan, 2009) e com esforço computacional menor que o descrito por Wang e Wong (2009) para situação análoga.

## Referências Bibliográficas

- Bojic, M.; Yik, F.; Lo, T. Y. (2002). "Locating air-conditioners and furniture inside residential flats to obtain good thermal comfort". *Energy and Buildings*, v. 34, p. 745-751.
- Cheong, K. W. D.; Djunaedy, E.; Chua, Y. L.; Tham, K. W.; Sekhar, S. C.; Wong, N. H.; Ullah, M. B. (2003) "Thermal comfort study of an air-conditioned lecture theatre in the tropics". *Building and Environment*, v. 38, p. 63-73.
- Stamou, A. I.; Katsiris, I.; Schaelin, A. (2008). "Evaluation of thermal comfort im Galatsi Arena of the Olympics 'Athens 2004' using a CFD Model". *Applied Thermal Engineering*, v. 28, p.1206-1215.
- Visagavel, K.; Srinivasan, P. S. S. (2009). "Analysis of single side ventilated and cross ventilated rooms by varying the width of the window opening using CFD". *Solar Energy*, v. 83, p. 2-5.
- Wang, L.; Wong, N. H. (2009). "Coupled simulations for naturally ventilated rooms between building simulation (BS) and computational fluid dynamics (CFD) for better prediction of indoor thermal environment". *Building and Environment*, v. 44, p. 95-112.