ANÁLISE DO IMPACTO DO TAMANHO E DA POSIÇÃO DAS ABERTURAS NO FLUXO DE AR: ENSAIOS NA MESA D´ÁGUA E SIMULAÇÕES CFD[1]

GULARTE, I. Universidade Federal de Santa Catarina, email: izabella.gularte@gmail.com;
XAVIER, A. C., Universidade Estadual de Maringá, email: anaclaraxavier48@gmail.com;
LUKIANTCHUKI, M. A., Universidade Estadual de Maringá, email: malukiantchuki2@uem.br;
ORDENES, M. Universidade Federal de Santa Catarina, email: martin@arq.ufsc.br

ABSTRACT

Natural ventilation is one of the most important strategies for the passive thermal conditioning of buildings up to 85% of the year for the hottest cities in Brazil. The size, shape and location of the openings in the building have a significant impact on the performance of the internal airflow. Therefore, the objective of this article is to evaluate the impact of the size and position of openings in the internal airflow of buildings. The methodology used is the comparison between experimental tests in the water table and simulation through Computational Fluid Dynamics (CFD). The results indicate that the size and location of openings are very important to the performance of natural ventilation. Besides this, it is possible to note that both tools are very useful to the study of natural ventilation, presenting a compatibility of the physical phenomena and very similar results.
Key-words: natural ventilations, openings, water tables tests, CFD simulation.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, nota-se que muitos problemas relacionados ao conforto do ambiente interno podem ser resolvidos ou até mesmo evitados pelos projetistas (TOLEDO, 1999). Isso torna ainda mais importante o estudo da ventilação natural na formação dos alunos, de forma a criar embasamento científico para que esses princípios sejam aplicados desde a concepção do projeto. Para isso, é necessário o uso de métodos que permitem uma visualização fácil e prática da ventilação natural, visando um melhor entendimento do fenômeno (ARAÚJO, 2011 e CHEN, 2009).

Segundo Etheridge e Sandberg (1996) os programas CFD permitem uma avaliação qualitativa e quantitativa da ventilação natural. No entanto, essas ferramentas são de difícil utilização pelos projetistas, devido ao alto investimento inicial e aos conhecimentos específicos de modelagem computacional. Além disso, implicam em um elevado tempo de processamento dos dados.

Outra ferramenta de estudos de ventilação natural é a mesa d'água, que possibilita a visualização do fluxo de ar em modelos de escala reduzida, apresentando grande potencial de utilização para fins didáticos e práticos. Segundo Toledo e Pereira (2003) as vantagens do equipamento são: a) baixo custo de execução, b) facilidade de operação; c) facilidade de utilização

[1] GULARTE, I.; XAVIER, A. C.; LUKIANTCHUKI, M. A.; ORDENES, M. Análise do impacto do tamanho e da posição das aberturas no fluxo de ar: ensaios na mesa d´água e simulações CFD. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018

de maquetes pelos arquitetos e d) visualização continuada do escoamento. Toledo et al. (2014) ressaltam que, apesar de constatações de que os efeitos são semelhantes aos obtidos em experimentos mais complexos, esses equipamentos são pouco explorados para a visualização do fluxo de ar.
Com todas essas ferramentas disponíveis, Fortuna (2000) ressalta que o uso de métodos numéricos não significa que as análises experimentais e teóricas devem ser descartadas. Em um projeto que envolva escoamento dos fluidos é comum que as técnicas se complementem, comparando os resultados entre si. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi comparar, por meios de ensaios na mesa d´água e simulações computacionais, o impacto do tamanho e da posição de aberturas no desempenho do fluxo de ar no espaço interno de um modelo genérico.

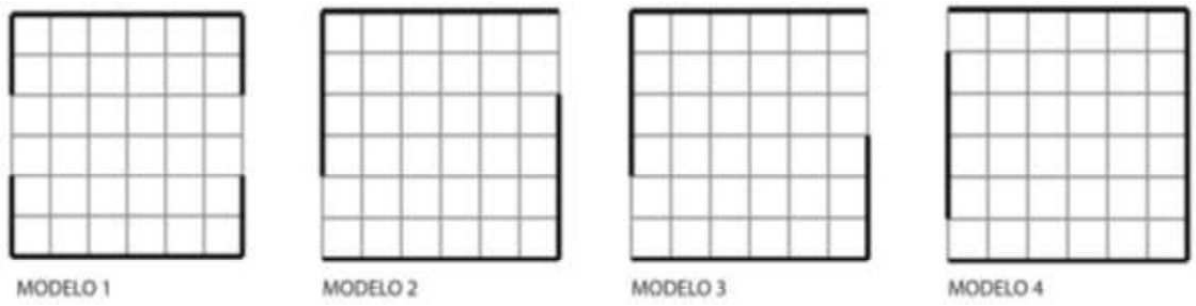
2 METODOLOGIA

O método utilizado nesta pesquisa foi: 1. Definição dos modelos analisados; 2. Ensaios na mesa d'água e 3. Simulações CFD.

2.1 Definição dos modelos

Os modelos ensaiados foram definidos com base em Garcia e Fuentes (2005), selecionando quatro configurações de aberturas (Figura 1), a fim de analisar o impacto de seus diferentes tamanhos e posições.

Figura 1 - Protótipos desenvolvidos para as diferentes simulações



Fonte: Acervo dos autores (2018)

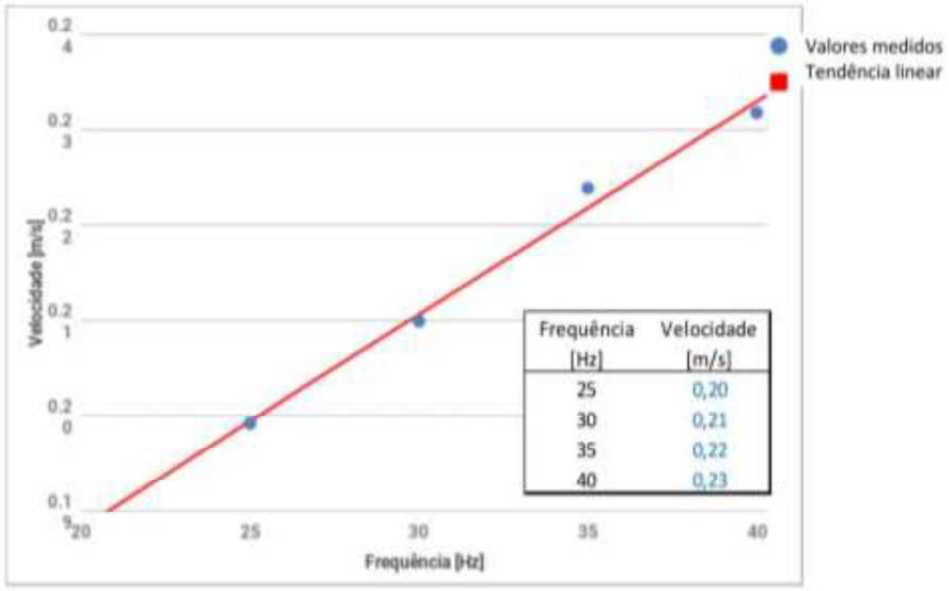
2.2 Ensaios experimentais na mesa d´água

Após a definição das configurações, foi elaborado um modelo físico reduzido, para a realização dos ensaios experimentais. O modelo foi construído em acrílico, com encaixes do tipo macho e fêmea, possibilitando a modificação das aberturas e fechamentos. Assim, com um único modelo foi possível a confecção das quatro configurações analisadas. Os protótipos foram fabricados com precisão na máquina de corte a laser para garantir a vedação dos encaixes e adicionalmente foram colocados reforços com fita adesiva para a realização dos testes. O modelo foi centralizado na mesa d'água de forma a evitar os efeitos de borda nas simulações.

A mesa d'água fornece predominantemente dados qualitativos do fluxo de ar. Já as simulações CFD permitem a extração de diversos parâmetros

quantitativos. Como o objetivo é comparar essas duas ferramentas, foi realizado um teste relacionando a frequência da mesa d'água com a velocidade do fluxo do fluido, a fim de atribuir valores quantitativos ao instrumento. Através dos testes, chegou-se à média de valores para a relação frequência (Hz) e velocidade (m/s) expressa na Figura 2. Para os testes, utilizou-se a frequência de 35Hz – frequência usual para formação de espuma na mesa d'água - correspondendo à 0,22 m/s.

Figura 2 - Correlação entre a frequência de rotação da motobomba e a velocidade de escoamento da água.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

2.3 Simulação Computacional CFD

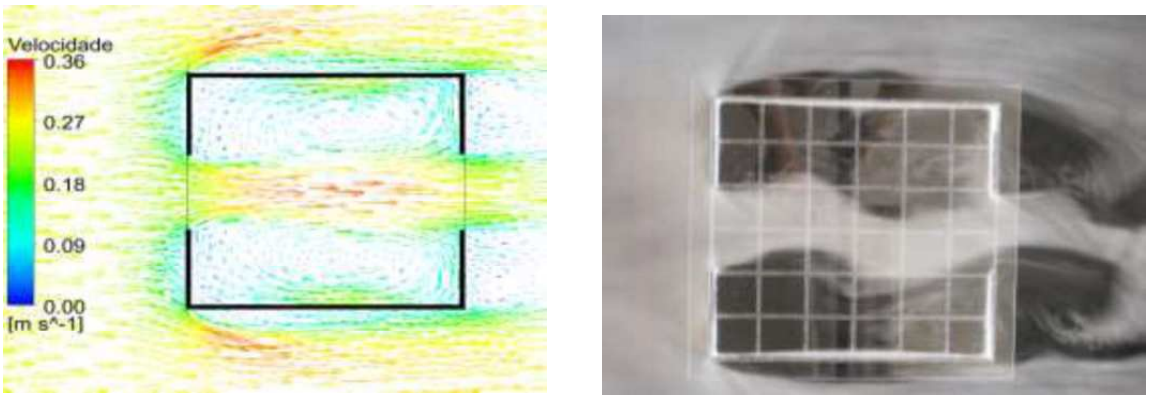
Para as simulações, utilizou-se o *software* Ansys CFX 12.0. A preparação do modelo tridimensional foi realizada no *software* AutoCAD. Elaborou-se um volume externo ao edifício, representando o domínio pelo qual o fluido escoa. As dimensões do domínio retangular seguiram as recomendações de Harries (2005): distâncias a barlavento e nas laterais = 5H (5m); altura = 6H (6m); sotavento = 15H (15m), sendo H=1m, que corresponde à altura do modelo. A velocidade no CFX baseou-se no valor encontrado nos testes da mesa d´água (Figura 2), visando à comparação entre as duas ferramentas.

3 RESULTADOS

Para o modelo 1, nota-se uma zona de alta pressão na face a barlavento, incrementando a velocidade nas laterais do edifício o que ocasiona zonas de baixa pressão. Nota-se que na região posterior tem-se a formação de uma sombra do vento com velocidades próximas a 0,0m/s. Isso é percebido nas duas ferramentas de análise (Figura 3). O fluxo de ar entra no modelo concentrando as altas velocidades na porção central do ambiente. Na

simulação é visível pelos vetores mais próximos e com maiores velocidade, enquanto no experimento esse mesmo comportamento é notado pela maior concentração de espuma no eixo central. Já nas laterais, têm-se vetores menores com a redução da velocidade do ar interno, sendo constatado o mesmo nos experimentos devido à recirculação da água e, em alguns pontos, a ausência de espuma. Devido à incidência perpendicular do vento na abertura e sua localização no centro da fachada, tem-se uma simetria das pressões nessa região e na distribuição do fluxo de ar interno.

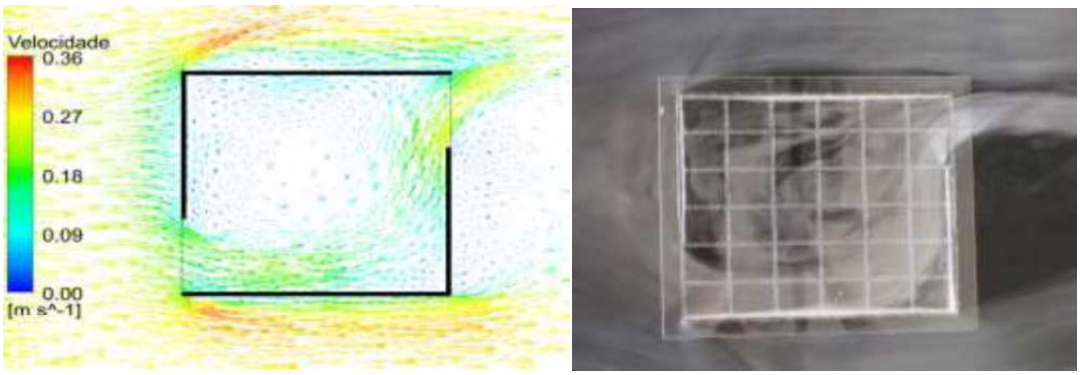
Figura 3 - Escoamento de fluídos dentro do Modelo 1 para CFD e mesa d'água.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

No modelo 2 (Figura 4), as dimensões das aberturas de entrada e saída de ar foram mantidas, mas foram deslocadas para as laterais. Essa mudança ocasionou pressões em ambos os lados desiguais, originando um fluxo de ar na diagonal. É notado um fluxo de ar com altas velocidades no sentido da abertura a barlavento para a sotavento, deixando as laterais com recirculação de ar e baixas velocidades.

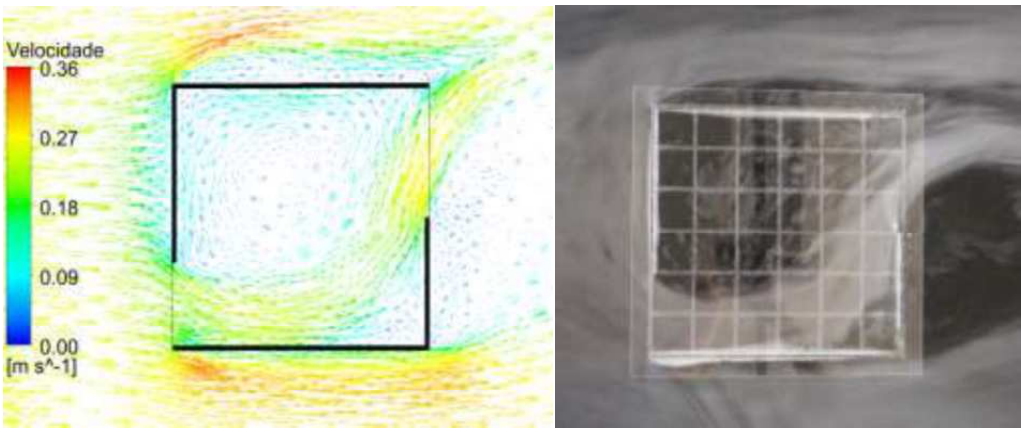
Figura 4 - Escoamento de fluídos dentro do Modelo 2 para CFD e mesa d'água.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

No modelo 3 (Figura 5), tem-se a mesma configuração do modelo 2, mas aumentando a abertura de saída de ar. As duas ferramentas mostram o mesmo padrão de distribuição do fluxo de ar interno: altas velocidades no sentido diagonal e as laterais do edifício com baixas velocidades.

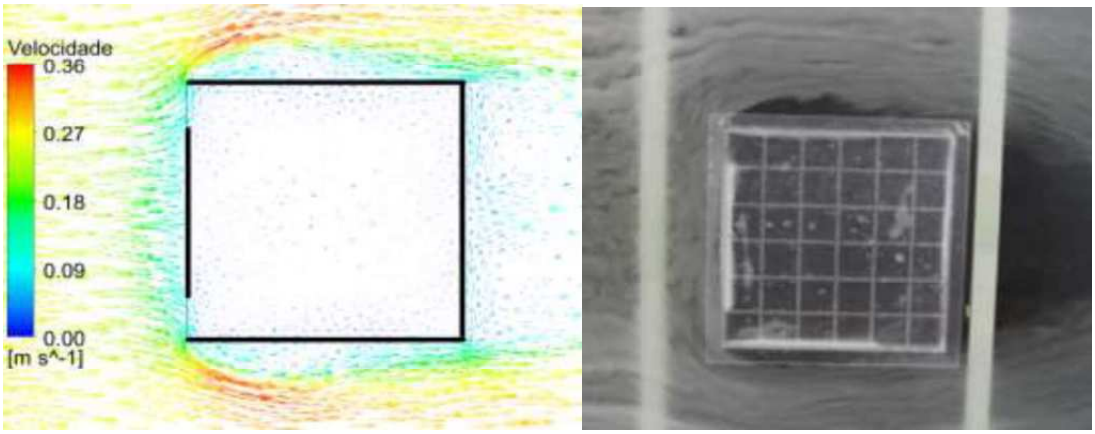
Figura 5 - Escoamento de fluídos dentro do Modelo 3 para CFD e mesa d'água.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

Quando as aberturas funcionam como entrada e saída de ar (ventilação unilateral) o fluxo de ar interior é mínimo. Isso é percebido no modelo 4 (Figura 6), que apesar de ter duas aberturas, ambas se localizam na fachada a barlavento, funcionando como uma ventilação unilateral. Na mesa d´água percebe-se a total ausência de espuma no ambiente interno e nas simulações os vetores têm velocidades próximas a 0,0m/s.

Figura 6 - Escoamento de fluídos dentro do Modelo 4 para CFD e mesa d'água.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

A Figura 7 apresenta os valores de velocidade registrados nas simulações CFD. Quantitativamente, a velocidade média do ar interno indica que os modelos 1, 2 e 3 apresentam o mesmo desempenho da ventilação interna (em torno de 0,11m/s). Já o modelo 4 apresenta um valor significativamente inferior (0,01m/s). Analisando os valores nos diferentes pontos do ambiente interno, nota-se uma diferença significativa entre os modelos. Essa análise é importante, pois, a sensação do conforto térmico provavelmente será diferente nos diversos pontos do ambiente, permitindo determinar, por exemplo, o layout interno, em função das regiões melhor atingidas pela corrente de ar. É importante ressaltar que o conforto térmico do usuário pode variar conforme as estações do ano, entre uma preferência por maior ou menor exposição à corrente de ar.

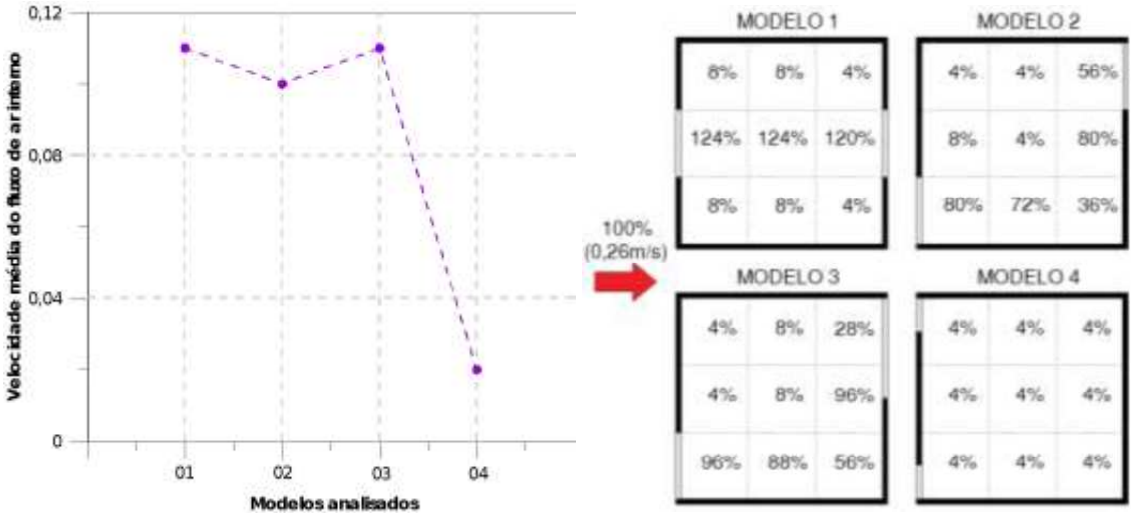
No modelo 01, nota-se que no centro tem-se um fluxo de ar com altas velocidades, sendo inclusive mais alto do que a velocidade dos ventos

externos. Isso ocorre em virtude do efeito venturi, cujas aberturas acompanham o fluxo de escoamento principal (120% em relação a velocidade externa). Já as regiões laterais registraram um reduzido aproveitamento dos ventos externos (em torno de 8% e 4% para a região mais afastada do ambiente interno).

Para nos modelos 02 e 03, nota-se um maior aproveitamento dos ventos externos na lateral do espaço. No canto superior do ambiente os valores da velocidade do ar interno foram reduzidos (4%), indicando uma região com baixa ventilação natural. No caso do aumento da abertura de saída de ar, os valores internos foram significativamente superiores. Nesse caso, destaca-se que uma abertura maior de saída promove um escoamento maior no espaço interno, constatando através das simulações que o aproveitamento dos ventos não necessariamente está relacionado com uma área de abertura grande para entrada do ar, mas sim para a saída de ar.

Por fim, o modelo 04, cujas aberturas se localizam apenas na fachada a barlavento, registrou velocidades internas do ar reduzidas. Nota-se a presença de recirculação de ar nas aberturas. No entanto, estas não penetram no edifício, apresentando movimentação do ar interno praticamente nula e zonas de estagnação em todo espaço interno.

Figura 7 - Velocidades de escoamento registradas nas simulações com CFD.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

4 CONCLUSÃO

Os dois métodos utilizados para os ensaios atribuíram resultados semelhantes e satisfatórios. Isto permite inferir que existe um comportamento análogo entre as duas ferramentas, comprovando características de escoamento como presença de turbulência, zonas de pressão positiva e negativa e o aumento da velocidade por efeito Venturi. O Efeito Venturi pode ser observado comparando-se os modelos 2 e 3, onde há, no modelo 3, um acréscimo de velocidade na área em que ocorre o fluxo principal de vento em relação ao modelo 2, devido a maior abertura de saída de vento no primeiro. Além disso, é observado um acréscimo de velocidade no modelo 1

através do corredor de vento formado pelo alinhamento das aberturas. A comparação e a compatibilidade entre os resultados experimentais e numéricos permite uma maior confiabilidade sobre as características de escoamento na mesa d'água.

O CFD permite uma análise mais detalhada e precisa da velocidade da ventilação no ambiente interno através dos valores da velocidade do ar interno. Com esses dados é possível quantificar o aumento ou a redução da velocidade de escoamento em pontos específicos do ambiente interno.

Os modelos analisados servem como uma representação de ambientes projetados e a partir deles é possível aplicar os resultados observados em estratégias de ventilação natural, com relação ao tamanho e localização das aberturas nos edifícios. Os dados referentes à velocidade do ar analisados através do CFD, permitem concluir que o modelo 1 - onde há um acréscimo na velocidade do ar no ambiente interno - por exemplo, poderia servir como estratégia passiva para regiões com climas quentes e úmidos. Esta observação é coerente com estudos realizados por Cândido (2006), onde foi observada uma maior tolerância às temperaturas internas mais elevadas em função da velocidade do ar .

Já o modelo 4 reforça o baixo desempenho de uma ventilação unilateral. Para uma melhora da distribuição de ar interna a simples localização de aberturas em fachadas opostas ou adjacentes melhora significativamente o desempenho do fluxo de ar interno.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. V. de A. **Análise de componentes arquitetônicos para potencialização da ventilação natural com ênfase em captadores de vento**. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

CÂNDIDO, C. **Ventilação natural e conforto térmico em climas quentes.** Relatório interno - LabEEE. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/node/555. Acessado em: 15/06/2018. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2006.

CHEN, Q. Using computational tools to factor wind into architectural environment design. **Energy and Buildings**, v. 36, 2004.

COST. Cost Action 14: **Recommendations on the use of CFD in predicting pedestrian wind environment.** Bruxelas: COST, 2004.

ETHERIDGE, D.; SANDBERG, M. **Building ventilation: theory and measurement**. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.

FORTUNA, A. O. **Técnicas computacionais para dinâmica dos fluidos: conceitos básicos e aplicações.** São Paulo: EDUSP, 2000.

GARCIA CHAVEZ, J R; FUENTES FREIXANET, V. **Viento y arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico.** 3. ed. México: Trillas, 2005. 186 p. v. 1.

HARRIES, A. Notas de aula. In: **Workshop: CFX – FAU/USP.** São Paulo, 2005.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiencia energetica na arquitetura.** São Paulo: Pro-Livros, 2004.

TOLEDO, E. **Ventilação natural das habitações.** Maceió: EDUFAL, 1999. 169p. ISBN 8571770555

TOLEDO, A. M.; PEREIRA F. O. R.; RUTTKAY, F. O. Visualização analógica da ventilação natural pela ação do vento em edifícios residenciais na mesa d'água. In: **I CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.** São Paulo, 2014.

TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios. In: **ENCAC**. 2003.