

A INFLUÊNCIA DO TIPO DE FECHAMENTO DOS PEITORIS VENTILADOS NA VELOCIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA

Leonardo S. Bittencourt (1), Alexandre Sacramento (2), Thalianne de Andrade Leal (3),
Christhina Cândido (4)

(1) Universidade Federal de Alagoas, Campus A C Simões, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL, CEP 57072-970, Fone: 214 1268, E-mail: lsb@ctec.ufal.br. (2) Universidade Federal de Alagoas, E-mail: alx_sacramento@hotmail.com, (3) Universidade Federal de Alagoas, E-mail: thalianne@ctec.ufal.br; (4) Universidade Federal de Santa Catarina, E-mail: christhina@labeec.ufsc.br

RESUMO

A crise energética do Brasil em 2001 fez aumentar a demanda por edifícios eficientes que utilizam meios passivos de iluminação e de refrigeração, de modo a diminuir a dependência dos meios mecânicos. Para tanto, a edificação deve conter componentes arquitetônicos que aproveitem as características climáticas do lugar. Dentre esses componentes está o *peitoril ventilado*, que é pouco conhecido dos arquitetos brasileiros, todavia se apresenta como interessante alternativa para incrementar a ventilação natural nos espaços arquitetônicos. Este trabalho analisa o desempenho do uso do peitoril ventilado com três diferentes tipos de fechamento em ambientes de salas de aula. A metodologia empregada consiste numa análise comparativa entre três diferentes tipos de fechamento para o peitoril ventilado curvo. O desempenho desses modelos foi estudado através de simulações computacionais empregando-se o software PHOENICS 3.6, que se baseia na Dinâmica dos Fluidos Computacional. Os resultados mostraram que o tipo de fechamento influencia significativamente a velocidade e distribuição do ar (ventilação natural) e que o melhor fechamento para o peitoril foi um tubo de metal, pois exerceu menor resistência ao escoamento e promoveu um escoamento mais uniforme do ar dentro da sala de aula.

ABSTRACT

The 2001 Brazilian energy crisis has increased the demand for efficient buildings which use passive cooling and daylighting, aiming to reduce the dependence from mechanical devices. To reach this target, buildings must adapt themselves to the local climate through the use of architectural components that take advantage of local climate characteristics. Among these components is the “ventilative sill”, a building component unknown by most Brazilian architects, though it represents an interesting alternative to increase natural ventilation in architectural spaces. This paper presents a performance analysis of the “ventilative sill”, considering three different closing devices for the component when used in classrooms. The methodology used consists of a comparative analysis of three different closing models for an “S” shaped ventilative sill with three closing devices; where the ventilation performance of each one was studied using computer simulations with PHOENICS 3.6, a CFD software. Results have shown that the closing devices affect the air velocity and distribution pattern in a significant way. They also have shown that the better performance was achieved when the closing device was a tube, as it produces smaller resistance in the airflow and more uniform airflow distribution.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte das atividades humanas necessita da energia elétrica para serem executadas e entre elas encontram-se as atividades desenvolvidas no interior das edificações. A partir da crise energética de 2001, ocorrida no Brasil, a discussão sobre a eficiência energética das construções foi ampliada, saindo do âmbito governamental e influenciando novos estudos na área do conforto ambiental. A busca por edifícios com maior racionalização de energia começou a fazer parte do discurso de muitos profissionais da construção civil.

A racionalização de energia está ligada à eficiência energética que propõe a elevação das condições de conforto com a redução do consumo de energia. No país, cerca de 49% do total de energia produzida destina-se aos setores: público, residencial e comercial (PROCEL, 2007). Esse dispêndio de energia pode sofrer influência do padrão arquitetônico do edifício que, quando projetado inadequadamente, utiliza-se intensivamente de meios mecânicos de iluminação e refrigeração para alcançar níveis de conforto adequado.

A adaptação dos edifícios ao clima da região torna-se uma alternativa apropriada para se ampliar sua eficiência energética. Significa dizer que um edifício projetado de forma adaptada ao clima e que utiliza meios passivos de ventilação e iluminação, gasta menos energia.

Maceió encontra-se em uma região de clima quente-úmido onde a temperatura do ar dificilmente ultrapassa a do corpo humano, tendo pequenas variações diárias sazonais, e o nível de umidade do ar é bastante alto (GOULART et al., 1997). Para esta configuração de clima o meio mais eficiente de se obter conforto ambiental por meios passivos, é a utilização da ventilação natural associada com a proteção solar (ALLUCI, 1988; ARENS, 1984; ASHLEY, 1984).

Alguns componentes arquitetônicos podem contribuir para o conforto das edificações, dentre eles está o peitoril ventilado. Proposto pelo arquiteto Glauco Campelo (HOLANDA, 1975), tem sido usado com bons resultados em alguns edifícios no nordeste do país, conforme a Figura 1 e Figura 2. O peitoril é geralmente executado em concreto, em formato de “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas esquadrias e auxiliar na distribuição do fluxo do ar dentro dos ambientes, Figuras 1, 2 e Tabela 1.



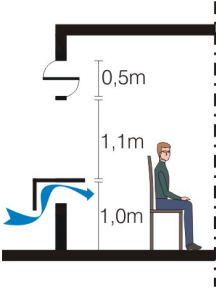
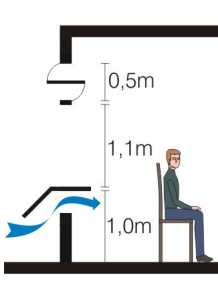
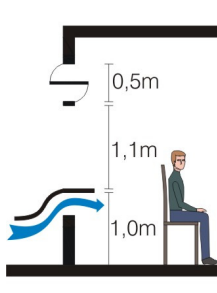
Figura 1: Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL;Foto: Pedriane Dantas, 2004



Figura 2: Interior de uma das salas do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas, com peitoril ventilado.

Pesquisas anteriores estudaram a influência da forma do peitoril ventilado na distribuição do escoamento ar no interior de salas de aula em climas quentes e úmidos (LEAL, BITENCOURT, CÂNDIDO, 2005). Essas pesquisas consideraram três formas de peitoril ventilado, como apresentado na Tabela 1: a) peitoril ventilado ortogonal; b) peitoril ventilado inclinado a 45°; c) peitoril ventilado curvo; e constataram que o peitoril ventilado curvo apresentava melhores resultados.

Tabela 1: Tipos de peitoril ventilado

a) Peitoril ortogonal	b) Peitoril inclinado	c) Peitoril Curvo
		

A presente pesquisa foi desenvolvida pelo GECA / UFAL – Grupo de Estudos em Conforto Ambiental da Universidade Federal de Alagoas e faz parte de um conjunto de outras pesquisas que estuda as edificações escolares para o clima quente e úmido do nordeste brasileiro.

2. OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS

Como objetivo geral o trabalho pretendeu aprofundar o estudo da forma de peitoril ventilado que obteve o melhor desempenho (forma curva) acrescentando-lhe fechamentos de segurança, de modo a observar como o tipo de fechamento influencia na velocidade e distribuição do ar dentro dos ambientes escolares.

Como objetivos específicos o trabalho pretendeu identificar qual o tipo de fechamento que oferece melhor desempenho, no aspecto da velocidade e distribuição do ar, para o ambiente estudado e ainda contribuir para a segurança das salas de aula através do uso dos fechamentos nos peitoris.

3. METODOLOGIA

A metodologia empregada na pesquisa consiste numa análise comparativa entre modelos computacionais do peitoril ventilado curvo com diferentes tipos de fechamento do mesmo. O desempenho desses modelos foi estudado através de simulações computacionais empregando-se o software PHOENICS 3.6. Este programa baseia-se na Dinâmica dos Fluidos Computadorizada (*Computer Fluid Dynamics - CFD*) e permite a análise da velocidade e de distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes. Os resultados das simulações são apresentados na forma de vetores que mostram a trajetória do ar no interior do ambiente, aliados a uma outra forma de visualização que consiste na identificação de espaços de igual velocidade do ar, representado por uma escala de cores que indica a velocidade do ar nas diversas zonas deste ambiente.

Foi simulado um modelo de referência constituído por um bloco contendo 5 salas de aula típicas com peitoril ventilado curvo, como mostra a Figura 3. Cada sala mede 6,00 x 6,00 m, com pé-direito de 3,00 m, conforme mostra a Figura 4. As aberturas de entrada do ar correspondem às janelas; que medem 6,00m de largura x 1,10m de altura com 1,00m de peitoril; e às bandeiras; que medem 6,00m de largura x 0,50m de altura com 2,10m de peitoril. As aberturas de saída do ar estão voltadas para o corredor e correspondem a uma abertura entre a laje da sala e a marquise do corredor, medindo 0,50m de altura, e a outra abertura, com cobogós, também com altura de 0,50m, está localizada a 0,50m do nível do piso, como mostra a Figura 5. Os resultados aqui apresentados referem-se à sala central.

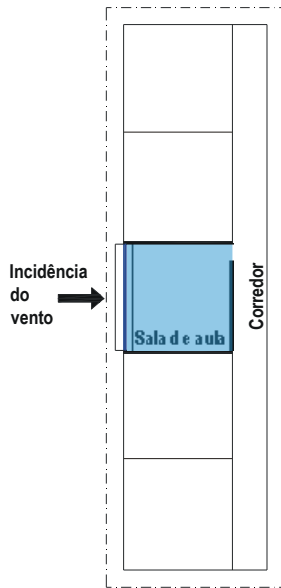


Figura 3 - Planta baixa do modelo com o peitoril ventilado curvo

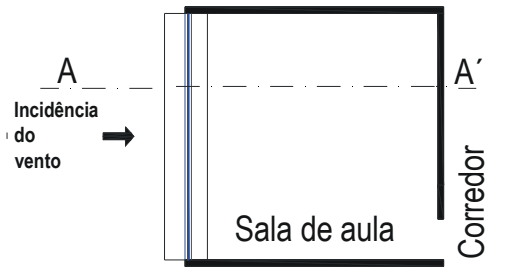


Figura 4 - Planta baixa da sala com peitoril ventilado curvo



Figura 5 - Corte A-A' modelo com peitoril ventilado curvo

As configurações do modelo de referência foram mantidas, variando apenas o tipo de fechamento do peitoril ventilado curvo. Foram investigados os desempenhos de três tipos de fechamento para o peitoril ventilado curvo: tubo, cobogós e janela pivotante, conforme a Tabela 2. Para efeito das simulações, as aberturas de saída do ar; que são as bandeiras situadas entre a laje e a marquise e a faixa de cobogós distantes 0,50m do piso, ficaram sempre abertas e as aberturas de entrada do ar apresentaram-se ora abertas, ora fechadas, para cada um dos tipos de fechamento do peitoril. As janelas fechadas representam a condição dos períodos com chuvas associadas ao vento, que demandam o fechamento das mesmas. Nessa situação, o peitoril ventilado pode permanecer aberto, devido à sua configuração, desempenhando um importante papel para o conforto térmico desses ambientes.

Tabela 2: Tipos de fechamento para o peitoril ventilado

Formas	Tipo janela pivotante	Tubo	Cobogós
Detalhes dos tipos de fechamento			

A combinação das aberturas de entrada do ar se dá da seguinte maneira para cada tipo de fechamento do peitoril: a) janelas abertas, bandeiras abertas e peitoril ventilado aberto; b) janelas fechadas, bandeiras abertas e peitoril ventilado aberto; c) janelas fechadas; bandeiras fechadas e peitoril ventilado aberto. A Tabela 3 mostra estas configurações para cada tipo de fechamento do peitoril ventilado.

Tabela 3: Combinação das aberturas nos modelos dotados de peitoril ventilado curvo

Fechamento do peitoril	Combinação das aberturas nos modelos dotados de peitoril ventilado curvo
Janela pivotante	Janelas, bandeiras e peitoril ventilado abertos
	Bandeiras e peitoril ventilado curvo abertos e janelas fechadas
	Apenas peitoril ventilado curvo aberto, janelas e bandeiras fechadas
Tubo horizontal	Janelas, bandeiras e peitoril ventilado abertos
	Bandeiras e peitoril ventilado curvo abertos e janelas fechadas
	Apenas peitoril ventilado curvo aberto, janelas e bandeiras fechadas
Cobogó	Janelas, bandeiras e peitoril ventilado abertos
	Bandeiras e peitoril ventilado curvo abertos e janelas fechadas
	Apenas peitoril ventilado curvo aberto, janelas e bandeiras fechadas

Na região, a média da velocidade do vento para os meses de dezembro a fevereiro é de 4,04 m/s, caso sejam desconsiderados os períodos de clamaría (BITTENCOURT, 1993). Baseado nesse valor; foi calculada a velocidade do vento (V), na altura do peitoril ventilado, através da expressão:

$$V/V_m = k \cdot z^a \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

(V_m) é a velocidade média do vento na estação meteorológica; que é medida a uma altura padrão de 10m;

(V) é a velocidade média do vento na altura da entrada do ar;

(z) é a altura das aberturas;

(k e a) são os coeficientes que identificam o nível de rugosidade do terreno e que têm valores k = 0,35 e a = 0,25, respectivamente, para a área urbana.

Com estes dados foi calculado o gradiente do vento que é consequência do grau de rugosidade da superfície da região onde se encontra o edifício, de acordo com a variação da velocidade ao longo do eixo vertical.

Os resultados das simulações foram analisados com o auxílio de uma malha de nove pontos distantes 0,75m do piso do plano de trabalho do ambiente estudado. Esses pontos foram utilizados para calcular a velocidade média dentro da sala, como mostra a Figura 6.

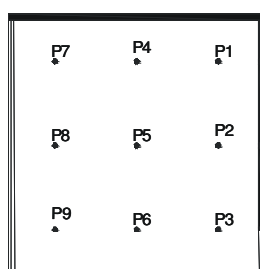


Figura 6: Pontos para média em planta

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1 Modelos com bandeiras e janelas abertas

Nesta condição, o modelo de referência; cuja abertura do peitoril está sem fechamento, apresentou média de velocidade de 0,85 m/s. O modelo com fechamento de cobogó apresentou média de velocidade de 0,45 m/s que corresponde a 53% da média da velocidade do modelo de referência. Os modelos com fechamento pivotante e com tubo apresentaram médias de velocidade de 0,5 m/s, que corresponde a 59% da média da velocidade do modelo sem fechamento. A distribuição do ar no interior da sala na altura do plano de trabalho, 0,75m, descreve uma trajetória laminar com uma pequena zona de recirculação próxima à porta em todos os modelos nesta condição. A Figura 7 mostra o gráfico com a relação entre as médias das velocidades para esta condição. A Figura 8 mostra um exemplo de distribuição do ar para esta situação.

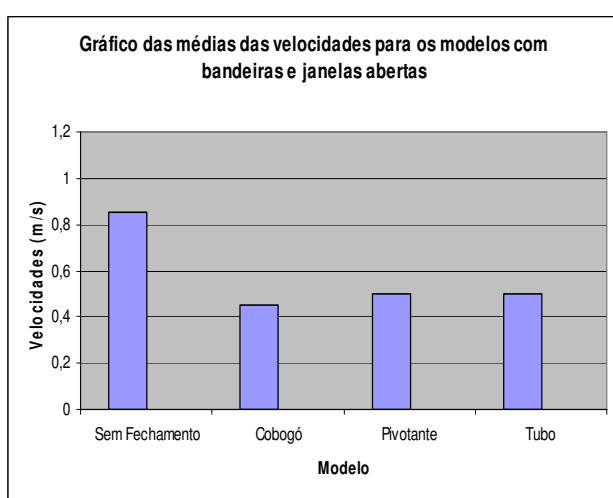


Figura 7: Gráfico dos modelos com bandeiras e janelas abertas.

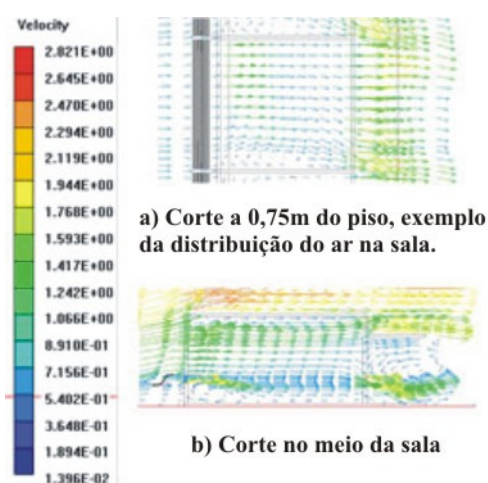


Figura 8 (a e b): Exemplo de distribuição do ar para esta situação.

4.2 Modelos com bandeiras abertas e janelas fechadas

O modelo de referência, nesta condição, apresentou média de velocidade de 0,86 m/s. O modelo com fechamento de cobogó obteve média de velocidade de 0,35 m/s, equivalente a 41% da velocidade do modelo de referência para esta situação. No caso do modelo com fechamento pivotante, a média da velocidade foi de 0,4 m/s, que corresponde a 47% da velocidade do modelo de referência. O modelo com fechamento tubo obteve média de velocidade de 0,83 m/s; equivalente a 93% da média de velocidade do modelo sem fechamento nesta situação. A distribuição do ar no interior da sala apresenta uma trajetória laminar com duas zonas de recirculação do ar nas extremidades da sala. Essas zonas variam, abrangendo ora mais ora menos os espaços da sala. A Figura 9 mostra o gráfico com a relação entre as médias das velocidades para esta condição. A Figura 10 mostra um exemplo de distribuição do ar para esta situação.

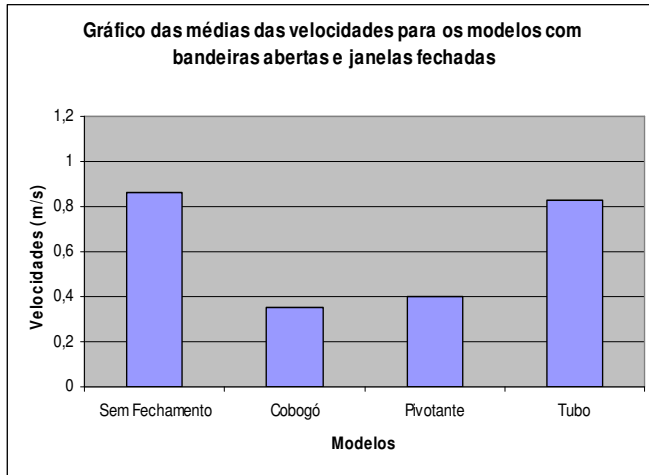


Figura 9: Gráfico dos modelos com bandeiras abertas e janelas fechadas.

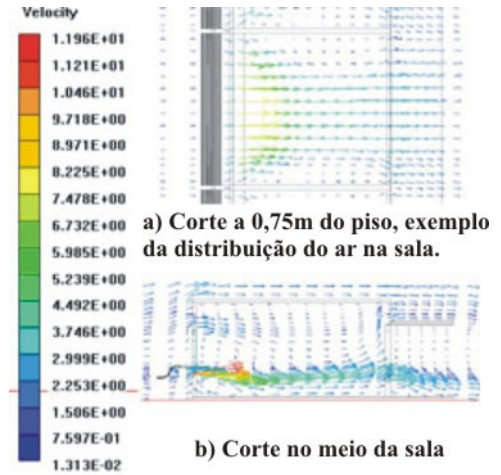


Figura 10 (a e b): Exemplo de distribuição do ar para esta situação.

4.3 Modelos com bandeiras e janelas fechadas

Nesta condição, o modelo de referência apresentou média de velocidade de 1,04 m/s. O modelo com fechamento de cobogó apresentou média de velocidade de 0,52 m/s, equivalente a 50% da velocidade do modelo de referência. O modelo com fechamento pivotante obteve média de velocidade de 0,97 m/s, correspondendo a 93% da velocidade do modelo de referência. O modelo com fechamento tubo teve média de velocidade de valor igual ao valor da média de velocidade do modelo de referência, 1,04 m/s. Todos os modelos apresentaram zonas de recirculação na altura do plano de trabalho para esta situação, porém, o modelo com fechamento tubo apresentou uma zona de recirculação menor, em relação aos outros modelos, e a distribuição do ar foi mais uniforme. A Figura 11 mostra o gráfico com a relação entre as médias das velocidades para esta condição. A Figura 12 mostra um exemplo de distribuição do ar para esta situação.

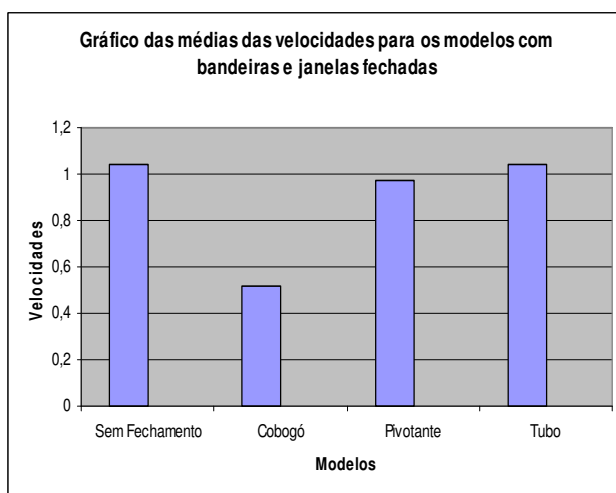


Figura 11: Gráfico dos modelos com bandeiras abertas e janelas fechadas.

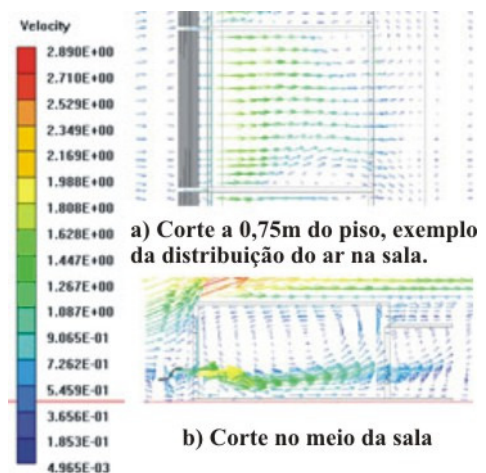


Figura 12 (a e b): Exemplo de distribuição do ar para esta situação.

5. CONCLUSÃO

A análise do desempenho do peitoril ventilado curvo com diferentes tipos de fechamento de segurança permitiu constatar que, dentre os modelos que apresentam fechamento de segurança, o modelo que atende melhor aos aspectos quantitativos (valores de velocidade) e qualitativos (aspectos de conforto dentro do ambiente) é o modelo de peitoril ventilado com tubo.

Levando-se em consideração apenas o desempenho quantitativo (velocidade), o modelo que oferece menor resistência à passagem do ar é o modelo sem fechamento. Contudo, o aspecto da segurança do ambiente é importante quando nos referimos aos ambientes escolares; entre outros, por isso os fechamentos do peitoril são indicados. Assim, os demais modelos: com cobogó e com janela pivotante, mostraram exercer uma resistência maior ao ar em relação ao modelo com tubo. Este fato é percebido devido os valores das velocidades dos modelos com cobogó e com janela pivotante terem sido menores. É importante ratificar que os modelos, de modo geral, apresentaram valores de velocidades situados dentro da zona de conforto, em torno de 0,6 m/s (BITTENCOURT, 1993), e até valores de velocidades superiores aos demandados pela zona de conforto, sugerindo um bom desempenho dos dispositivos examinados.

Constata-se assim, que o tipo de fechamento do peitoril ventilado curvo influencia na velocidade e na distribuição da ventilação natural em salas de aula; e que o tipo de fechamento que promove melhor distribuição do fluxo do vento dentro do ambiente, aliado aos valores de velocidade do ar que promovam conforto no ambiente interno da sala de aula sem atrapalhar o desempenho dos usuários é o modelo com fechamento tubo.

Este estudo abrangeu apenas um aspecto a respeito das potencialidades de utilização do peitoril ventilado, e fica como incentivo para que novos aspectos da utilização deste componente sejam propostos ou aperfeiçoados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUCCI, M. Critérios Relativos ao Atendimento das Exigências de Ventilação na Habitação. In: *Tecnologia da Construção*, IPT/Divisão de Construção. São Paulo: IPT/Pini Ed., 1988.
- ARENS, E. A., BLYHOLDER, A. G. and SCHILLER, G. E. Predicting Thermal Comfort of People in Naturally Ventilated Buildings. In: *ASHRAE Transactions*; vol. 90; nº. 1B; pp 272-284. Atlanta: ASHRAE, 1984.
- ASHLEY, S., SHERMAN, M. The Calculation of Natural Ventilation and Comfort. In: *ASHRAE Transactions*; vol. 90; nº. 1B; pp. 253-271. Atlanta: ASHRAE, 1984.
- BITTENCOURT, L. S. *Ventilation as a cooling resource for warm-humid climates: An investigation on perforated block wall geometry to improve ventilation inside low-rise buildings*. 1993. Tese (Doutorado em *Environment and Energy Studies*) Architectural Association Graduate School, AA, Grã-Bretanha, 1993.
- GOULART, S. LAMBERTS, R., FIRMINO, F. *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. Florianópolis: NPC/UFSC, 1997.

HOLANDA, A. *Roteiro para se construir no Nordeste*. Recife: Ed UFPE, 1975.

LEAL, T. A. ; CÂNDIDO, C. M. ; BITTENCOURT, L. S. . *A influência na distribuição e velocidade da ventilação natural a partir do uso do peitoril ventilado em escolas*. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006, Florianópolis. Anais do XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006.

PROCEL. Indústrias e residências lideram o ranking de desperdício de energia. 2007. Disponível em: <http://www.eletrobras.com.br/procel>. Acesso em: 25 fev. 2007.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEAL, UFAL e ao CNPq, pelas bolsas concedidas.