



SHEDS EXTRATORES E CAPTADORES DE AR: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DOS VENTOS EXTERNOS¹

LUKIANCHUKI, Marieli Azoia (1); SHIMOMURA, Alessandra Prata (2); MARQUES DA SILVA, Fernando (3); CARAM, Rosana Maria (4);

(1) Arquiteta e urbanista, e-mail: mlukiantchuki@yahoo.com.br; (2) USP, e-mail: arprata.shimo@gmail.com; (3) LNEC, e-mail: fms@lnec.pt; (4) USP, e-mail: rcaram@sc.usp.br

RESUMO

A ventilação natural é uma das estratégias mais eficientes para o condicionamento térmico passivo de edificações. Dentre as estratégias de ventilação, destacam-se os *sheds*, aberturas no telhado, que funcionam como captadores ou extratores de ar, dependendo de sua localização em relação aos ventos dominantes. O objetivo dessa pesquisa é avaliar a influência do aumento da velocidade dos ventos externos no desempenho de diferentes geometrias de *sheds*. O sistema foi avaliado para os ângulos de incidência dos ventos externos de 0° e 45° (extração), 90° (neutra) e 135° e 180° (captação) e para as velocidades dos ventos externos de: 1,5m/s; 3,0m/s e 7,0m/s. A metodologia adotada foi simulação por Dinâmica dos Fluidos Computacional, utilizando o *software* CFX. Os resultados indicam que as taxas de renovação de ar aumentaram em função do incremento da velocidade dos ventos externos. No entanto, as porcentagens de aproveitamento dos ventos externos no espaço interno, não apresentaram diferenças expressivas com o aumento da velocidade externa. O mesmo ocorreu com os Cps nas aberturas. Além disso, não foi registrada nenhuma interferência na distribuição do fluxo de ar interno. Essa tendência foi observada para todos os ângulos de incidência dos ventos e em todas as geometrias avaliadas.

Palavras-chave: Ventilação natural. Sheds. Velocidade dos ventos. Simulação CFD.

ABSTRACT

Natural ventilation is one of the most efficient strategies for the passive thermal conditioning of buildings. Among the ventilation strategies sheds can be highlight. These structures consist of roof openings that work as either air collectors or extractors, depending on their location in relation to the prevailing wind directions. This paper aim is to evaluate the influence of the increased velocity of the external winds in the performance of different geometries sheds. The system was evaluated for different external wind incidence angles: 0° and 45° (air extraction), 90° and 135° and 180° (air collection) and the three velocity of the wind: 1.5m/s; 3.0m/s and 7.0m/s. The methodology was Computational Fluid Dynamics simulation, using the CFX software. The results indicate that the air renewal rates have increased due to the increase of the external wind velocity. However, the percentages of the use of external wind in the inner space did not show significant differences with increasing external velocity. The same occurred with the Cps. Moreover, no interference has been recorded in the distribution of internal air flow. This trend was observed for all wind angles and geometries tested.

Keywords: Natural ventilation. Sheds. Wind velocity. CFD simulation.

¹ LUKIANCHUKI, Marieli Azoia; SHIMOMURA, Alessandra Prata; MARQUES DA SILVA, Fernando; CARAM, Rosana Maria. Sheds extratores e captadores de ar: análise da influência da velocidade dos ventos externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Grande parte do território brasileiro é classificada como um clima quente e úmido, onde as oscilações de temperaturas diárias e sazonais são pequenas e a umidade relativa do ar é significativamente alta (GOULART et al., 1997). Nesse tipo de clima a ventilação natural associada à proteção solar constitui uma das estratégias mais eficientes para a obtenção do conforto térmico por meio de estratégias passivas. Segundo Lôbo e Bittencourt (2003) a ventilação pode ser usada para duas finalidades complementares: 1) resfriar o edifício, aquecido pela radiação solar e por ganhos térmicos internos, onde significativas taxas de ventilação podem diminuir a temperatura interna; 2) resfriamento fisiológico, que segundo Givoni (1994) diminui a temperatura efetiva atuando na evaporação do suor e acelerando as trocas de calor por convecção entre o fluxo de ar e o corpo. Esse efeito, de acordo com Clark (1989), pode ser alcançado com ventos de baixa velocidade, produzindo a sensação de conforto térmico nos usuários. No entanto, ventos de alta velocidade aumentam significativamente essa sensação.

De acordo com Boutet (1991) a velocidade do vento aceitável em interiores varia de 0,5 a 2,0m/s, sendo este limite baseado em problemas práticos como a desordem de papéis sobre as mesas. No entanto, segundo Lôbo e Bittencourt (2003) em regiões de clima quente e úmido, é provável que o resfriamento da ventilação com velocidades maiores compense essas desvantagens. Hanzawa et al. (1987) destaca que os benefícios da ventilação são menos dependentes da direção dos ventos em relação ao corpo, sendo a turbulência do vento a variável de maior importância. Para Fanger e Christensen (1986) essa variação do ar pode aumentar as trocas de calor por convecção e, assim, a sensação de conforto humano.

Uma das soluções de ventilação ao nível da cobertura que auxilia no incremento da ventilação natural nos ambientes internos são os *sheds* que funcionam como captadores ou extratores de ar, dependendo de sua posição em relação aos ventos dominantes. No entanto, apesar de terem um grande potencial, são pouco explorados pela arquitetura nacional, devido ao pouco conhecimento sobre o seu funcionamento e à falta de dados técnicos disponíveis aos projetistas (LÔBO e BITTENCOURT, 2003). Os exemplos mais comuns desses dispositivos são os "dentes de serra", cujo formato é ortogonal e sem muitas variações. No Brasil, destaca-se o trabalho do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, cujos *sheds* estão presentes na maioria dos seus projetos. Baseado nas suas experiências e nos fatores climáticos locais, ao longo dos anos Lelé foi desenvolvendo *sheds* com diferentes geometrias aerodinâmicas (Figura 1), buscando melhorar a ventilação e a iluminação naturais. O formato desses dispositivos é importante, pois segundo Hoof et al. (2011) um dos principais parâmetros que influem na ventilação natural é a geometria do edifício.

Figura 1 – Sheds ortogonais e aerodinâmicos projetados por Lelé



Fonte: Acervo da autora (2015)

2 OBJETIVO

O objetivo desse artigo é avaliar a influência do aumento da velocidade dos ventos externos no desempenho de diferentes geometrias de *sheds* extratores e captadores de ar, com relação à ventilação natural.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi realizada em duas etapas: 1. Definição dos modelos avaliados e 2. Simulação por Dinâmica dos Flúidos Computacional.

3.1 Definição dos modelos avaliados

3.1.1 Definição dos dados climáticos

Analisaram-se os dados dos ventos das principais cidades brasileiras da zona bioclimática 8 (NBR15220, 2003), por ser a região que apresenta cidades de clima quente e úmido, exigindo uma ventilação permanente ao longo de todo o ano. O desempenho foi avaliado sob a influência de diferentes velocidades dos ventos externos. Com base nos dados climatológicos das séries históricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMet), do período de 2002 a 2011 e nos arquivos no formato Epw elaborados por Roriz (2002) foi estabelecida uma referência de valores baixo, médio e alto: 1,5m/s; 3,0m/s e 7,0m/s (LUKIANCHUKI, 2015). No entanto, esse valor é referente aos dados medidos nas estações meteorológicas, a 10m de altura. Sendo assim, foi utilizada a lei de potência (SIMIU; SCANLAN, 1996), eq.(1), para a correção da velocidade dos ventos na altura da edificação. Para este trabalho adotou-se como entorno um ambiente suburbano com valor de $\alpha = 0,21$.

$$\frac{U}{U_{ref}} = \left(\frac{h}{h_{ref}} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

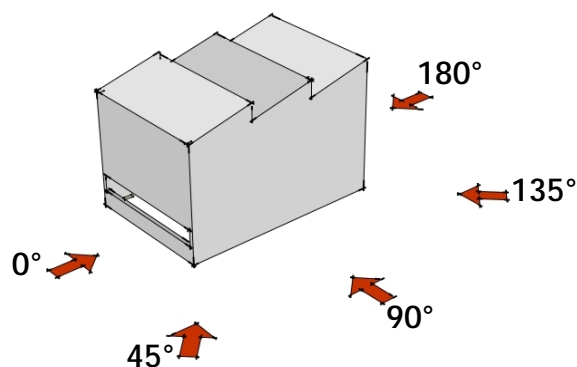
Onde:

- U Velocidade média do vento em certa altura h (m/s)
- U_{ref} Velocidade do vento medida na altura de referência (m/s)

- h Altura da edificação que se deseja avaliar a velocidade do vento (m)
- h_{ref} Altura de referência da velocidade do vento medida (10m)
- α Expoente de lei de potência da camada limite atmosférica (depende do entorno).

O desempenho dos *sheds* também foi avaliado sob a influência de diferentes ângulos de incidência dos ventos externos: extratores de ar (0° e 45°), situação neutra (90°) e captadores de ar (135° e 180°) (Figura 2).

Figura 2 – Ângulos de incidência dos ventos externos analisados

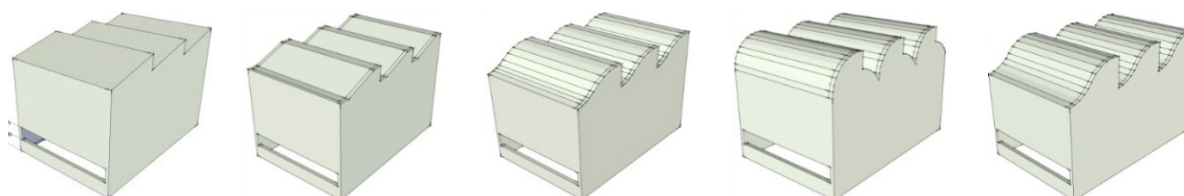


Fonte: Acervo da autora (2015)

3.1.2 Definição dos modelos avaliados

Cinco diferentes geometrias foram avaliadas: 1) *sheds* ortogonais (caso de referência - CR) e 2) quatro geometria de *sheds* aerodinâmicos projetados por Lelé, por ser o arquiteto brasileiro que mais utiliza esses dispositivos e com a maior variação geométrica: G01, G02, G03 e G04. O modelo analisado apresenta um formato retangular com 5,00m de largura e altura e 7,50m de comprimento. O edifício tem 3 *sheds*, cuja distância entre eles é de 2,50m. As aberturas superiores e a inferior têm a mesma dimensão de 5 x 0,625m e a distância vertical entre elas é de 3,75m (Figura 3).

Figura 3 – Modelos avaliados: CR, G01, G02, G03 e G04, respectivamente



Fonte: Acervo da autora (2015)

3.2 Simulação computacional

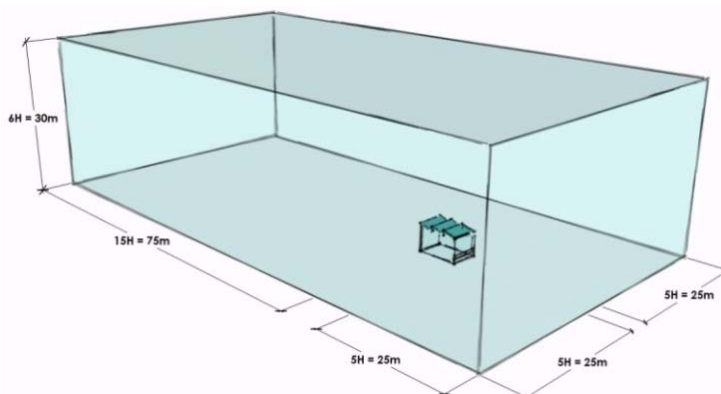
Para a realização das simulações computacionais, utilizou-se o *software* CFX 12.0, devido aos seguintes critérios: 1) *software* CFD adequado aos estudos da ventilação natural e 2) ferramenta amplamente utilizada nas pesquisas de análise de fluidos nas áreas de arquitetura, apresentando boa coerência dos resultados com os fenômenos físicos.

3.2.1 Construção do modelo

A preparação do modelo tridimensional foi realizada no *software* AutoCAD e, posteriormente, foram exportados para o Icem CFX. Todas as janelas foram consideradas abertas. Junto ao edifício, elaborou-se um volume externo sem aberturas, representando o domínio pelo qual o fluido escoará.

Optou-se pelo domínio retangular, cujas dimensões seguiram as recomendações de Harries (2005): distâncias a barlavento e nas laterais = 5H (25m); altura = 6H (30m); distância a sotavento = 15H (75m), sendo H=5m, que corresponde à altura do modelo simulado (Figura 4). A área de obstrução do edifício no domínio foi de 1,1%, na seção transversal no sentido do fluxo e 1,5% no sentido perpendicular ao fluxo, atendendo a sugestão de Cost (2004), cujo valor não deve exceder 3%.

Figura 4 – Dimensões adotadas para o domínio retangular.



Fonte: Acervo da autora (2015)

3.2.2 Geração da malha computacional

Para todas as simulações utilizou-se uma malha estruturada tetraédrica cujos parâmetros globais adotados foram: *maximum element size* de 16; *natural size* de 4; *cells in gap* de 8. Após a definição desses parâmetros, a malha foi refinada nas superfícies do edifício em um valor de 0,20m, a fim de melhorar a visualização do fluxo de ar no espaço interno e no entorno imediato ao edifício². Posteriormente, a malha foi gerada determinando a quantidade de elementos e o tempo de processamento das simulações (Figuras 5 e 6).

Figura 5 – Vista geral da malha para o CR

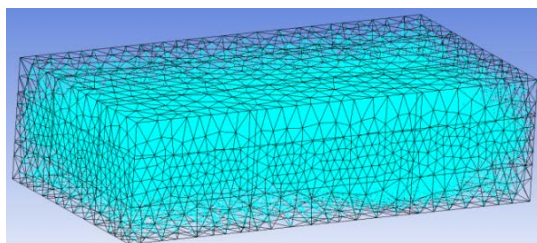
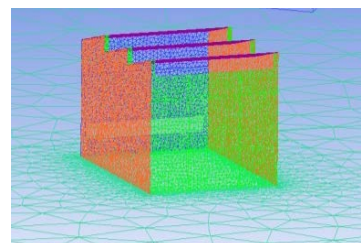


Figura 6 – Detalhe da malha para o CR



Fonte: Acervo da autora (2015)

² Valores definidos após a realização de testes de sensibilidade da qualidade da malha computacional (LUKIANCHUKI, 2015).

3.2.3 Definição das condições iniciais e de contorno

As condições do domínio foram semelhantes às de um túnel de vento: entrada como INLET e a saída como OUTLET; as laterais e o teto como WALL *free slip* (sem atrito) e; o piso e as superfícies do edifício como WALL *no slip* (com atrito). A simulação decorreu em regime permanente, na condição isotérmica a 25 °C, com o modelo K-epsilon de turbulência. Os parâmetros de resolução para controle de convergência foram de 6.000 iterações e nível de convergência MÁX de 10^{-4} .

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Velocidade do fluxo de ar interno e as taxas de renovação de ar/hora

O gráfico 1 apresenta a velocidade do fluxo de ar ao longo do espaço interno para diferentes velocidades e ângulos de incidência dos ventos externos, em cada geometria analisada. A velocidade do fluxo de ar interno foi medida em 15 pontos, distantes entre si em 1,25m e a uma altura de 0,94m a partir do piso, referente ao ponto médio da abertura mais baixa e à zona de ocupação dos usuários.

A velocidade do fluxo de ar interno aumentou em função do incremento da velocidade dos ventos externos, conforme esperado, sendo que o maior acréscimo ocorreu quando os sheds funcionaram como extratores de ar (0° e 45°). No entanto, nota-se a mesma tendência nessa variação para todas as velocidades dos ventos externos analisadas. O incremento mais reduzido do fluxo de ar interno foi observado para a situação neutra (90°). Nesse caso, não foi registrada uma diferença significativa na ventilação natural interna com o aumento da velocidade dos ventos externos, ressaltando que a direção dos ventos externos também é determinante no desempenho da ventilação natural nos espaços internos, do que unicamente a mudança na sua velocidade.

No entanto, as porcentagens de aproveitamento dos ventos externos no espaço interno (tabela 1), não apresentaram diferenças expressivas com o aumento da velocidade externa. Naturalmente o mesmo ocorreu com os Cps nas aberturas, conforme indicado pela literatura especializada (AWBI, 1998; CÓSTOLA; ALLUCI, 2011; CÓSTOLA; BLOCKEN; HENSEN, 2009; LEITE; FROTA, 2013), cujos valores variam em função, principalmente, do ponto de interesse na fachada, da geometria do edifício, das características do entorno e da direção dos ventos.

Além disso, e também como esperado, não foi registrada nenhuma alteração no padrão de distribuição do fluxo de ar interno, uma vez que o caminho percorrido pela corrente de ar no edifício foi o mesmo, independente do aumento da velocidade dos ventos externos (figura 7). Essa tendência foi observada para todos os ângulos de incidência dos ventos e em todas as geometrias avaliadas.

Gráfico 1 – Velocidade do fluxo de ar ao longo do espaço interno para diferentes velocidades e ângulos de incidência dos ventos externos.

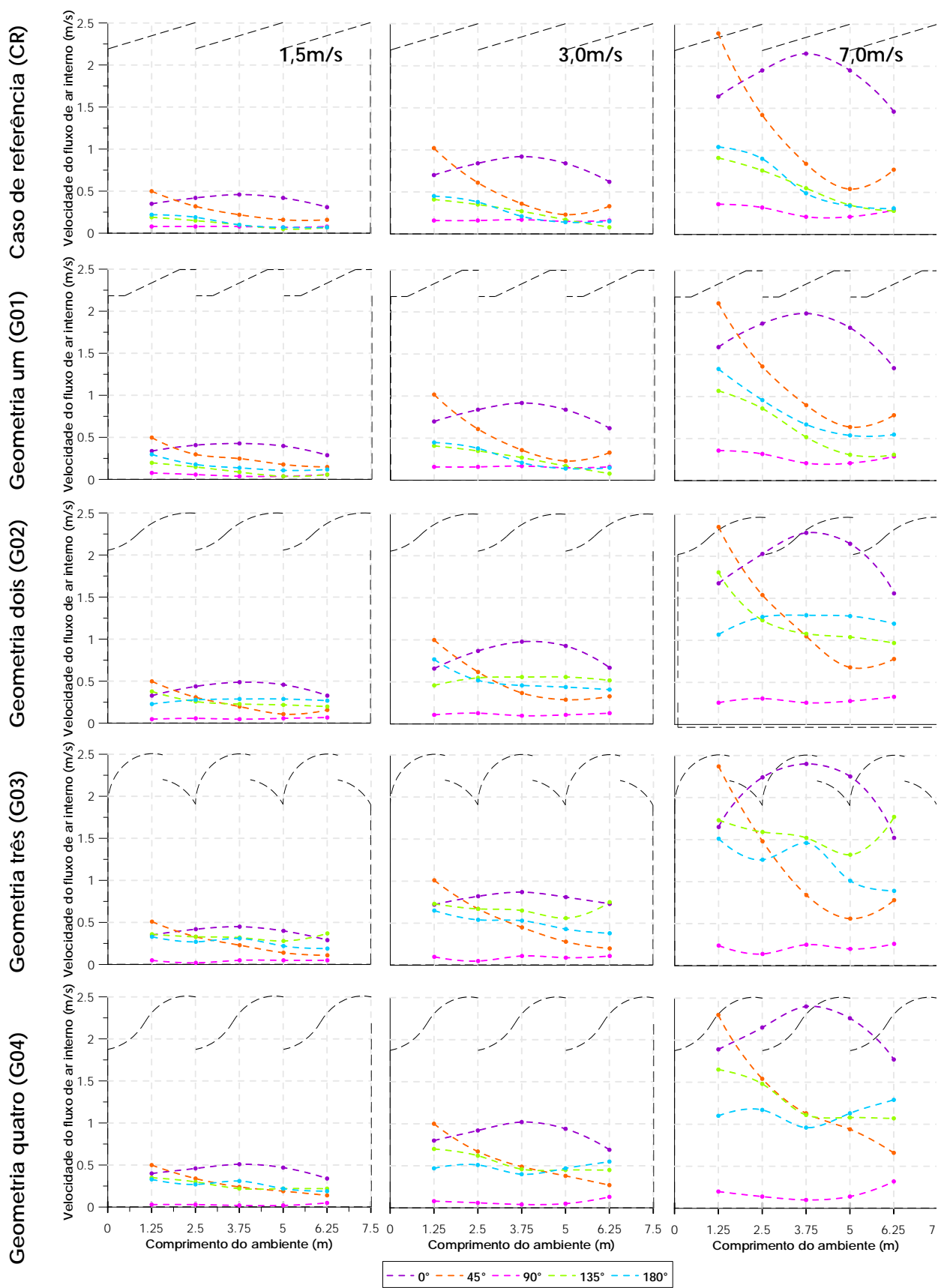
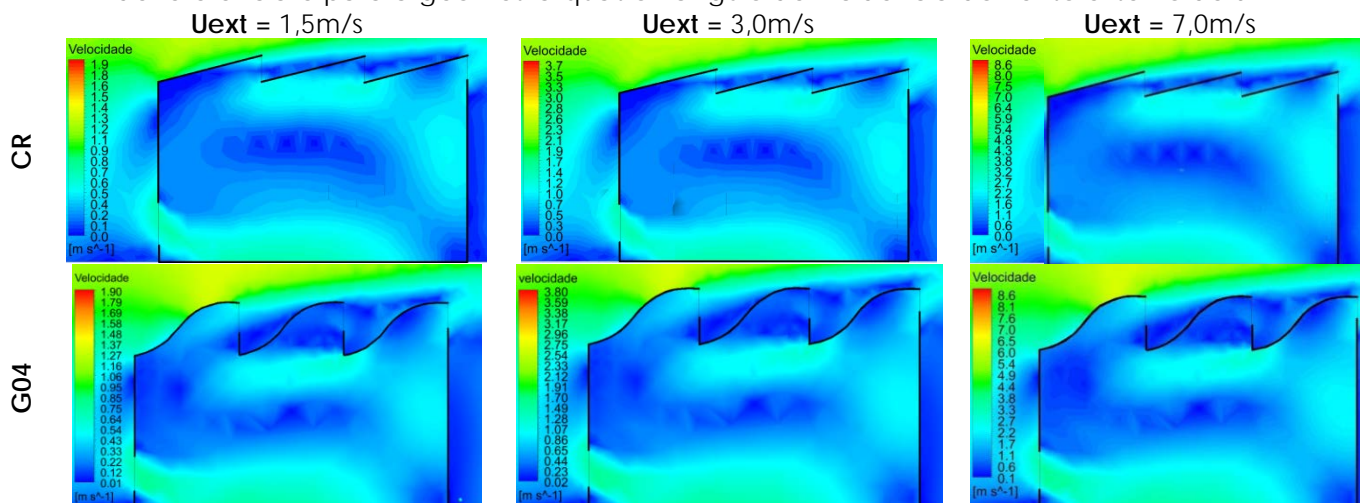


Tabela 1 - Velocidade média do fluxo de ar interno em relação à velocidade dos ventos externos (U/Uref) para todas as geometrias analisadas

Ângulo de incidência dos ventos externos		Velocidade dos ventos externos (m/s)					
		U _{ref} = 1,50m/s		U _{ref} = 3,0m/s		U _{ref} = 7,0m/s	
		U (m/s)	U/U _{ref}	U (m/s)	U/U _{ref}	U (m/s)	U/U _{ref}
Caso de referência (CR)	0°	0,31	26%	0,62	26%	1,43	26%
	45°	0,22	18%	0,41	17%	0,94	17%
	90°	0,06	5%	0,12	5%	0,27	5%
	135°	0,08	7%	0,19	8%	0,44	8%
	180°	0,11	9%	0,22	9%	0,49	9%
Geometria um (G01)	0°	0,30	25%	0,58	24%	1,37	25%
	45°	0,23	19%	0,46	19%	0,99	18%
	90°	0,05	4%	0,10	4%	0,22	4%
	135°	0,08	7%	0,19	8%	0,49	9%
	180°	0,13	11%	0,26	11%	0,60	11%
Geometria dois (G02)	0°	0,32	27%	0,65	27%	1,54	28%
	45°	0,20	17%	0,41	17%	0,99	18%
	90°	0,05	4%	0,10	4%	0,22	4%
	135°	0,20	17%	0,41	17%	0,93	17%
	180°	0,22	18%	0,43	18%	0,99	18%
Geometria três (G03)	0°	0,30	25%	0,62	26%	1,48	27%
	45°	0,20	17%	0,41	17%	0,93	17%
	90°	0,04	3%	0,07	3%	0,16	3%
	135°	0,26	22%	0,53	22%	1,26	23%
	180°	0,20	17%	0,41	17%	0,93	17%
Geometria quatro (G04)	0°	0,35	29%	0,70	29%	1,65	30%
	45°	0,23	19%	0,46	19%	1,04	19%
	90°	0,02	2%	0,05	2%	0,11	2%
	135°	0,20	17%	0,43	18%	0,99	18%
	180°	0,20	17%	0,38	16%	0,93	17%

Figura 7 - Distribuição do fluxo de ar no ambiente interno e ao redor dos sheds para o caso de referência e para a geometria quatro - ângulo de incidência do vento externo de 0°

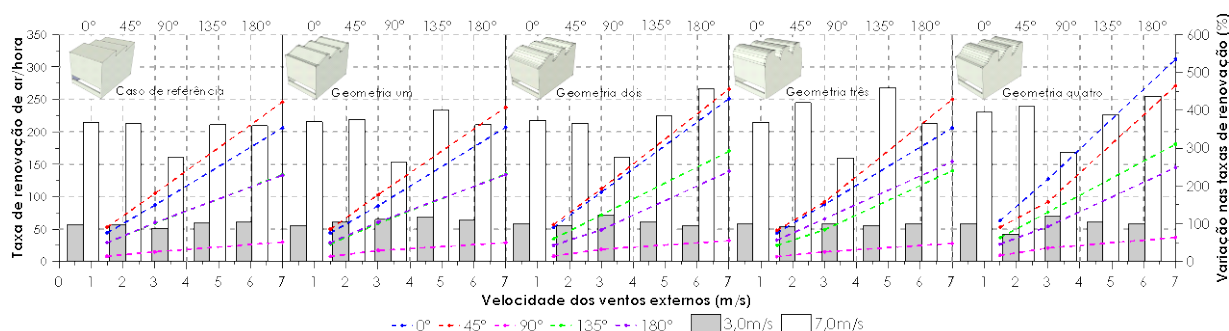


Fonte: Acervo da autora (2015)

Por fim, o gráfico 2 apresenta as taxas de renovação de ar/hora e a variação nesses valores (%) em função do aumento da velocidade dos

ventos externos, para os cinco ângulos de incidência dos ventos e em todas as geometrias analisadas.

Gráfico 2 - Taxas de renovação de ar/hora em função da velocidade dos ventos externos, para os diferentes ângulos de incidência dos ventos em todas as geometrias analisadas.



Conforme esperado, o aumento da velocidade dos ventos externos também resultou em um claro acréscimo nas taxas de renovação de ar/hora, para todos os casos avaliados. Uma relação quase linear entre as taxas e a velocidade externa foi observada, independente da geometria dos sheds, como pode ser observado pelo aumento nesses valores (%) que seguem a mesma tendência. Além disso, nota-se que a influência da velocidade externa sobre a renovação de ar nos ambientes internos foi altamente dependente do ângulo de incidência dos ventos externos. Por fim, ressalta-se que a G04 apresentou as maiores taxas de renovação para todas as velocidades avaliadas, embora o incremento tenha sido semelhante às outras geometrias analisadas. Chama-se a atenção para o fato de os elevados valores das taxas de renovação apresentados (mínimos de 10 a 60) ocorrerem devido à inexistência de obstruções no espaço interno.

4.2 Velocidade do fluxo de ar interno e o conforto adaptativo

A principal função de um edifício é proporcionar conforto aos seus ocupantes, sendo imprescindível que o ambiente interior esteja adaptado aos aspectos locais e sazonas. Tanto a direção quanto à velocidade dos ventos externos de determinada região não podem ser alteradas pelo arquiteto. No entanto, este pode atuar tirando o melhor partido dessas características através de estratégias projetuais, como a implantação e a geometria do edifício, as dimensões das aberturas, entre outras, visando o incremento ou o controle dos ventos externos disponíveis nas edificações.

Diante disso, foram discutidos os níveis aceitáveis da velocidade do fluxo de ar interno, em função da velocidade dos ventos externos (1,5m/s – 3,0m/s – 7,0m/s). Geralmente, os limites aceitáveis da velocidade do ar são fornecidos por normas internacionais como ASHRAE 55 (2004), ISO 7730 (2005) e EN15251 (2007). No entanto, estes documentos especificam valores para a velocidade do ar inferiores aos desejados pelos usuários de regiões do Brasil, que demandam por maior movimento do ar. Os valores de velocidade média do ar interno, em função das velocidades dos ventos externos, para cada uma das cinco geometrias, foram obtidos e utilizaram-se os limites propostos no trabalho de Cândido et al. (2010). Os autores questionaram os

limites de aceitabilidade do movimento do ar previsto pelas referidas normas, uma vez que experimentos no Brasil demonstraram que nossos limites são diferentes dos praticados em países europeus. Através da pesquisa desses autores, notou-se que velocidades maiores podem ser não apenas bem aceitas como até desejadas pelos usuários. A tabela 2 apresenta a escala elaborada com base no trabalho de Cândido et al. (2010).

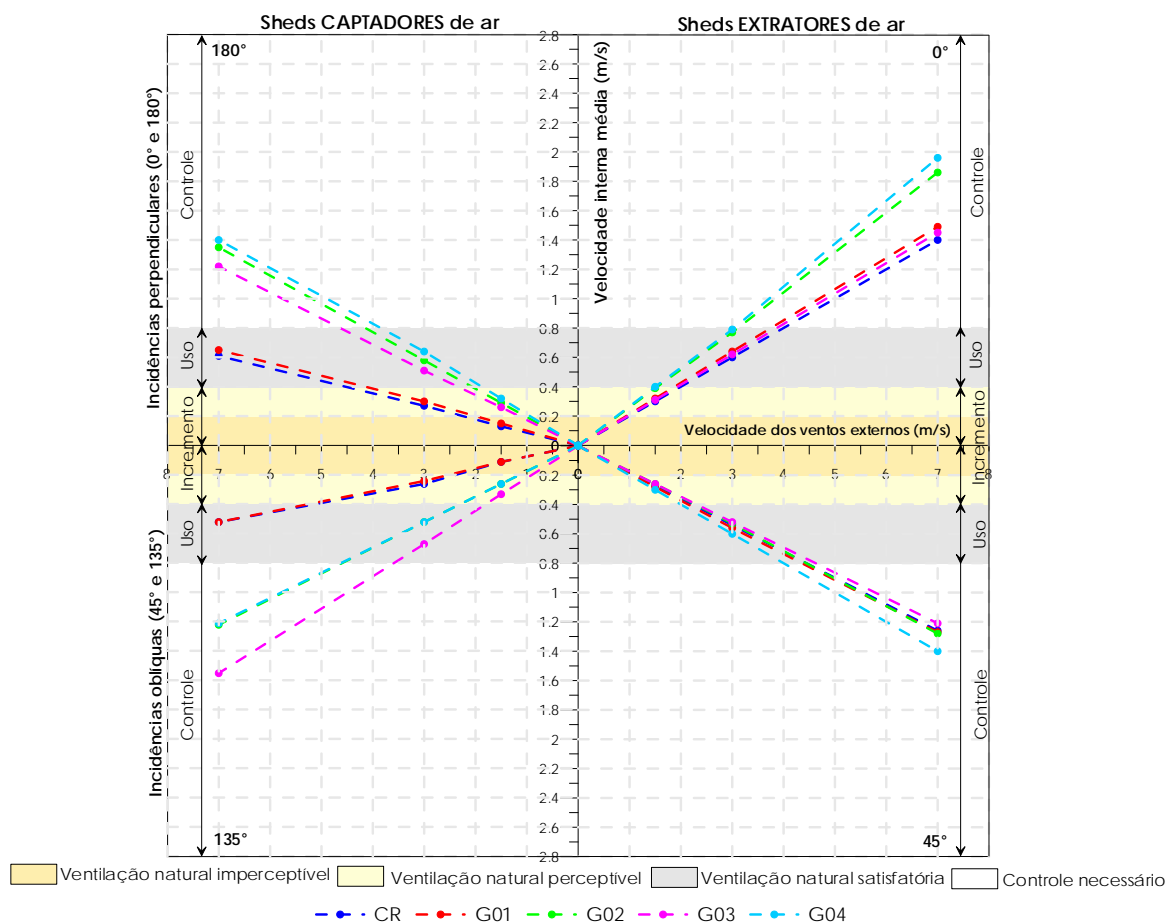
Tabela 2 – Limites de aceitabilidade da velocidade do ar nos ambientes internos

Velocidade do ar (m/s)	Situação ocasionada
0 – 0,2	Ventilação natural imperceptível
0,2 – 0,4	Ventilação natural perceptível
0,4 – 0,8	Ventilação natural satisfatória (há redução da carga térmica e contribui para o conforto)
Acima de 0,8	Controle necessário (causa incômodos como levantamento de papéis, desordem de cabelos, etc.)

Fonte: Adaptado de Cândido et al. (2010)

O gráfico3 apresenta a velocidade do ar no ambiente interno para as cinco geometrias analisadas dos sheds extratores e captadores de ar, indicando os limites de aceitabilidade da velocidade do ar interno (incremento, uso e controle), em função da velocidade dos ventos externos (m/s).

Gráfico 3 – Velocidade média do ar no ambiente interno com limites de aceitabilidade da velocidade do ar interno, em função da velocidade dos ventos externos (m/s)



Para os *sheds* extratores de ar, para edifícios implantados em regiões cujos ventos disponíveis no exterior apresentam baixas velocidades (1,5m/s), o CR, G01 e G03 registraram velocidades reduzidas do ar interno (abaixo dos 0,4m/s), o que demanda o uso de estratégias de incremento da ventilação. Já G04 e G02 apresentaram valores dentro da zona de ventilação satisfatória, contribuindo no conforto dos usuários. Quando os ventos externos apresentam uma velocidade média de 3,0m/s, as geometrias analisadas propiciam uma velocidade interna satisfatória para o conforto térmico dos usuários. Por fim, em regiões cujos ventos externos apresentam velocidades elevadas (7,0m/s) todos os casos analisados atingiram valores da velocidade do ar interno acima do que é considerado satisfatório (em torno de 1,5 – 2,0m/s). Sendo assim, os edifícios requerem estratégias de controle da ventilação a fim de evitar incômodos nos usuários.

Para os *sheds* captadores, as baixas velocidades dos ventos externos (1,5m/s) não possibilitam a entrada do fluxo de ar com velocidades satisfatórias no ambiente interno para o alcance do conforto térmico, o que demanda o incremento da ventilação natural. Ressalta-se que para as geometrias CR e G01 as velocidades médias internas foram bastante reduzidas, estando na faixa de ventilação imperceptível. Para uma velocidade média dos ventos externos (3,0m/s), as geometrias analisadas propiciam uma velocidade interna satisfatória para o conforto térmico dos usuários, com exceção de CR e G01, cujos valores se encontram abaixo de 0,3m/s, requerendo o incremento da velocidade do ar interno. Por fim, quando os ventos externos apresentam velocidades elevadas, CR e G01 se tornam boas soluções para o conforto dos usuários, enquanto as G02, G03 e G04 necessitam de controle da entrada do ar no edifício (velocidades em torno de 1,2 e 1,6m/s).

5 CONCLUSÕES

Nota-se que as taxas de renovação de ar/hora aumentaram em função do incremento da velocidade dos ventos externos, observando-se uma relação quase linear com a velocidade externa, independente da geometria dos *sheds*. No entanto, as porcentagens de aproveitamento dos ventos externos no espaço interno e os valores de C_p nas aberturas não apresentaram diferenças expressivas com o aumento da velocidade externa, conforme o esperado. Além disso, não foi registrada nenhuma mudança na distribuição do fluxo de ar interno. Essa tendência foi observada para todos os ângulos de incidência dos ventos e todas as geometrias avaliadas.

De modo geral, os *sheds* extratores atingem velocidades internas superiores aos captadores. Para extração, G04 e G02 são adequadas tanto para baixas velocidades dos ventos (1,5m/s), quanto para médias (3,0m/s). Já CR, G01 e G03 atingem uma ventilação satisfatória apenas para velocidades médias. Para ventos com velocidades elevadas (7,0m/s), todas as geometrias necessitam de estratégias de controle do ar no ambiente interno. Já na captação, para ventos de 1,5m/s, nenhuma das geometrias apresenta uma ventilação interna satisfatória. Quando os ventos são de 3,0m/s, G02,

G03 e G04 aproveitam os ventos de forma satisfatória no ambiente interno, ao contrário do CR e da G01 que necessitam de incremento da ventilação interna. Essa situação se inverte em regiões com velocidades externas altas (7,0 m/s), uma vez que CR e G01 se tornam boas soluções para o conforto dos usuários enquanto G02, G03 e G04 necessitam de controle da entrada do ar no edifício.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo financiamento da presente pesquisa (processos n. 11/11376-6 – Bolsa de doutorado e n. 13/23325-2 – Bolsa no exterior – estágio de pesquisa).

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2004**. Thermal Environmental conditions for human occupancy. Atlanta.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. ABNT: Rio de Janeiro, Brasil, set, 2003.

AWBI, H. B. **Ventilation of buildings**. London: E & FN Spon, 1998.

BOUTET, T. S. **Controlling air movement: a manual for architects and builders**. New York: MacGraw-Hill, 1991.

CÂNDIDO, C.; DEAR, R. J. de; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and environment**, v. 45, p. 222-229. 2010.

CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L.; DEAR, R. J. de. Aplicabilidade dos limites de velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 10, n.4, p.59-68, out/dez 2010.

CLARK, G. **Passive cooling systems**. In: COOK, J. (Ed). Passive cooling. Cambridge: MIT, 1989.

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

CÓSTOLA, D.; BLOCKEN, B.; HENSEN, J. Overview of pressure coefficient data in building energy simulation and airflow network programs. **Building and environment**, v. 10:2027-2036, 2009

CÓSTOLA, D.; ALUCCI, M. Aplicação de CFD para o cálculo de coeficientes de Pressão externos nas aberturas de um edifício. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v.11, n.1, p. 145-158, 2011.

EN 15251-2007. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings - addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. CEN, Brussels.

FANGER, P. O.; CHRISTENSEN, N. K. Perception of draught in ventilated spaces. **Ergonomics**, Basingstoke, v. 29, n.2, p. 215-235, 1986.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: UFSC, 1997.

HANZAWA, H.; MELIKOW, A. K.; FANGER, P. O. **Air flow characteristics in the occupied zone of ventilated spaces**. In: ASHRAE Trans. New York, 1987. V. 93, chapter 1.

HOOFF, T. V.; BLOCKEN, A.; AANEN, B. B. A Venturi-shaped roof for wind-induced natural ventilation of buildings: wind tunnel and CFD evaluation of different design configurations. **Building and Environment**, v. 46, 1797-1807, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – Inmet. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 21/11/2011

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISSO 7730 - 2005.** Ergonomics of thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva.

LEITE, R. C. V.; FROTA, A. B. Procedimentos para determinação de coeficientes de pressão em diferentes condições de adensamento urbano. XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: ENCAC, 2013.

LÔBO, D. G. F.; BITTENCOURT, L. S. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quente e úmido. **Revista ambiente construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 57-67, abr./jun. 2003.

LUKIANCHUKI, M. A. **Sheds extratores e captadores de ar para indução da ventilação natural em edificações**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. Relatório Interno, 2012 (a). Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: 12 maio 2012.

SIMI, E.; SCANLAN, R. H. **Wind effects on structures: fundamentals and applications to design**. Wiley-interscience: 3ª edição. 1996.