

A INFLUÊNCIA DAS ORIENTAÇÕES DE IMPLANTAÇÃO E POROSIDADE NA VENTILAÇÃO NATURAL URBANA E NO INTERIOR DE UNIDADES DE CONJUNTOS HABITACIONAIS CDHU DE SÃO PAULO

Raquel Sanches Manfredini (1); Carolina de Rezende Maciel (2)

(1)Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
sanchesraquel@hotmail.com

(2)Arquiteta, Dra, Professora no Departamento de Arquitetura e Urbanismo, arq.carolinamaciel@gmail.com
Universidade Presbiteriana Mackenzie, Grupo de Pesquisa Arquitetura e Construção II, Rua da Consolação,
nº 930, 01302-900, São Paulo – SP, Tel.:(11) 2114-8003

RESUMO

O objetivo desse artigo é avaliar a disponibilidade de ventilação natural, externa e internamente, em diferentes arranjos de implantação de dois modelos de edifícios habitacionais de interesse social da CDHU, com abordagem na diferença de afastamentos (porosidade) da área estudada. Após a seleção do estudo de caso foram definidos 3 arranjos (A, B e C) e duas distâncias de afastamento entre edifícios (11m e 6,35m) para análise do fluxo de ventilação e a variação de velocidade incidente nas fachadas. Para as avaliações externas e internas, utilizaram-se as ferramentas de simulação ENVI-met (v.3.1) e Autodesk FlowDesign, respectivamente. Para as simulações foram elaborados modelos tridimensionais com as aberturas de janelas e portas encontradas usualmente em edifícios dessa tipologia (considerando 50% do vão das janelas, portas externas fechadas, portas internas abertas). Os dados de entrada para simulação foram as 8 direções de incidência do vento (N, S, L, O, NO, NE, SE e SO) e a velocidade média (m/s) a partir dos dados climáticos obtidos no INMET (2009). Foram extraídos resultados quantitativos (velocidades médias de incidência nas fachadas e velocidades de saída para ventilação cruzada) e qualitativo (imagem do comportamento do fluxo de vento entre os edifícios e interno aos apartamentos). Os valores mais elevados de velocidade foram registrados nos casos em que o vento incidente é paralelo à fachada principal dos blocos (leste e oeste) e os menores valores foram registrados nos casos em que a incidência é perpendicular à estas fachadas (norte e sul). Valores intermediários foram registrados nos demais casos. Os resultados para as simulações com afastamento de 6,35m, que representam um adensamento construtivo maior pela proximidade dos edifícios, apresentaram uma redução na velocidade do ar resultante, quando comparados àquelas registradas nos arranjos simulados com afastamento de 11m. As reduções foram na ordem de 70% a 46%. Internamente, os resultados do estudo demonstram que houve deficiência projetual dos edifícios habitacionais, o que pode levar à uma baixa eficiência na renovação de ar.

Palavras-chave: ventilação natural, habitação, simulação computacional.

ABSTRACT

The objective of this paper is to assess the availability of natural ventilation, externally and internally, in different arrangements of two housing projects of the CDHU (The Housing and Urban Development Company), addressing the difference of distances (porosity) of the studied area. After the selection of the case study, three arrangements (A, B and C) and two distances between buildings (11m and 6.35m) were defined for analysis of the air flow and the incident speed on the façades. For the external and internal evaluations, the simulation tools ENVI-met (v.3.1) and Autodesk FlowDesign were used. For the simulations, 3D models were created with the window and door dimensions usually found in buildings of this typology (considering 50% of window openings, external doors closed and internal doors opened). The input data were the 8 wind incidence directions (N, S, L, O, NO, NE, SE and SO) and the average velocity (m/s) from INMET (2009). Quantitative (average incidence velocity on façade and exit velocity for cross

ventilation) and qualitative results (images of wind flow between outdoor and indoor spaces) were obtained. The highest velocity values were recorded in cases the incident wind is parallel to the main façade of the buildings (E and W) and the lowest values were recorded in cases where the incidence is perpendicular to these façades (N and S). Intermediate values were recorded in the other cases. The results of simulations with 6.35 m spacing, which represent a higher urban density, presented a reduction in the resulting air velocity when compared to those recorded in the arrangements with a distance of 11 m. The reductions ranged from 46% up to 70%. Internally, the results of the study demonstrate that there was a design deficiency of the residential buildings, which can lead to a low efficiency in the renovation of air.

Key words: natural ventilation, housing, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

As áreas urbanas concentram atualmente grande parte da população mundial e das atividades econômicas, sociais, culturais, resultando numa demanda e consumo crescentes de energia, água e outros recursos. Recortando para a América Latina, de acordo com dados da ONU-Habitat (2012), 80% da população ocupa áreas urbanas.

No Brasil, este contingente soma cerca de 87% da população, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012). Além disso, estima-se para o ano de 2050 que a população urbana mundial aumentará em duas vezes o valor da população referente a 2007, passando de 3,3 bilhões para 6,4 bilhões de pessoas, crescimento este que será absorvido, principalmente, por países em desenvolvimento (ONU, 2008).

Esta previsão de aumento populacional poderá resultar em uma série de modificações sobre o ambiente natural, urbanizando áreas que antes não eram ocupadas a fim de abrigar e garantir condições de habitabilidade aos seres que viverão nestas áreas. O aumento de áreas urbanas, por sua vez, é frequentemente associado com mudanças climáticas locais e deterioração das condições ambientais. Neste contexto, o aumento nos níveis de poluição e fenômenos como ilhas de calor (ICU) são alguns dos problemas que grandes cidades deverão enfrentar nas próximas décadas (MOCHIDA et al., 2008).

Regiões com pouca circulação de ar podem resultar no acúmulo de contaminantes emitidos por veículos ou indústrias, além de ilhas de calor. De acordo com a configuração e posicionamento dos edifícios altos, o vento incidente em suas fachadas poderá defletir para baixo com alta velocidade, ou ainda, ser canalizado entre dois edifícios. Esses ventos causam desconforto e podem causar acidentes ao nível do pedestre (WILLEMSSEN, WISSE, 2007).

De acordo com Marques, (2003), a porosidade de uma determinada área diz respeito aos espaços vazios, determinados pelos recuos entre os prédios, vazios urbanos, pilotis livres, largura das vias e espaços dentro da cidade que permitam a passagem do vento.

A partir do conceito definido por Neophytou e Britter (2005) “a cidade respirável” sobre a capacidade de configuração urbana permitir o transporte da poluição, a remoção e diluição do calor, e o conceito de Britter e Benthon (2004) o qual analisa a mudança da ventilação em virtude da formação de canyons, o estudo busca demonstrar as variações de velocidade nos diferentes arranjos de implantação.

Também a configuração do entorno que desenha esses vazios pode acarretar impacto no consumo energético das edificações. A passagem restrita ou excessiva dos ventos nas fachadas e ao interior dos edifícios interfere no balanço térmico da edificação e conforto do usuário acarretando a eventual necessidade de climatização artificial. (WONG et al., 2011)

A verificação das condições de ventilação natural nas cidades com estudos de simulação computacional auxilia na elaboração de projetos arquitetônicos ou de planejamento, possibilitando uma análise da influência do efeito do vento em determinados locais da área em estudo. Quanto à ventilação natural no interior das edificações, a avaliação do fenômeno para o dimensionamento, orientação e localização das aberturas e barreiras ao vento é baseada em conceitos da teoria da mecânica dos fluidos. (PRATA, 2005)

Diretrizes para adequadas condições de ventilação e melhoria do micro clima local não são tratadas na legislação urbanística como código de obras da cidade de São Paulo, pois esse define distância mínima entre edifícios de 6m, medida aproximada ao ângulo de 45° adotado no estudo e larguras de vias.

Em vista disso o presente trabalho buscou explorar diferentes aspectos da ventilação no contexto do ambiente urbano da cidade de São Paulo, considerando como objeto de estudo dois modelos habitacionais da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU).

2. OBJETIVO

O objetivo desse artigo é avaliar a disponibilidade de ventilação natural, externa e internamente, em diferentes arranjos de implantação de dois modelos de edifícios habitacionais de interesse social da CDHU (lâmina e agrupado), com abordagem na diferença de afastamentos (porosidade) da área estudada e na dimensão de aberturas, respectivamente.

3. MÉTODO

As simulações de ventilação natural utilizaram como base o edifício modelo lâmina e o modelo agrupado (figura 1a), com 4 andares sobre pilotis, resultando numa altura total de 14,80m. Os modelos utilizam o mesmo módulo de planta baixa (2 unidades habitacionais). A diferença entre cada tipologia de edifícios está no número de módulos associados, sendo 1 para modelo agrupado e 4 para modelo lâmina. Estas variações refletem os modelos usualmente construídos pela CDHU. As simulações foram desenvolvidas nos softwares ENVI-met v. 3.1 (Bruse & Fleer, 1998; Wania, 2012) e Autodesk FlowDesign, e posteriormente analisadas com o auxílio do Microsoft Office Excel.

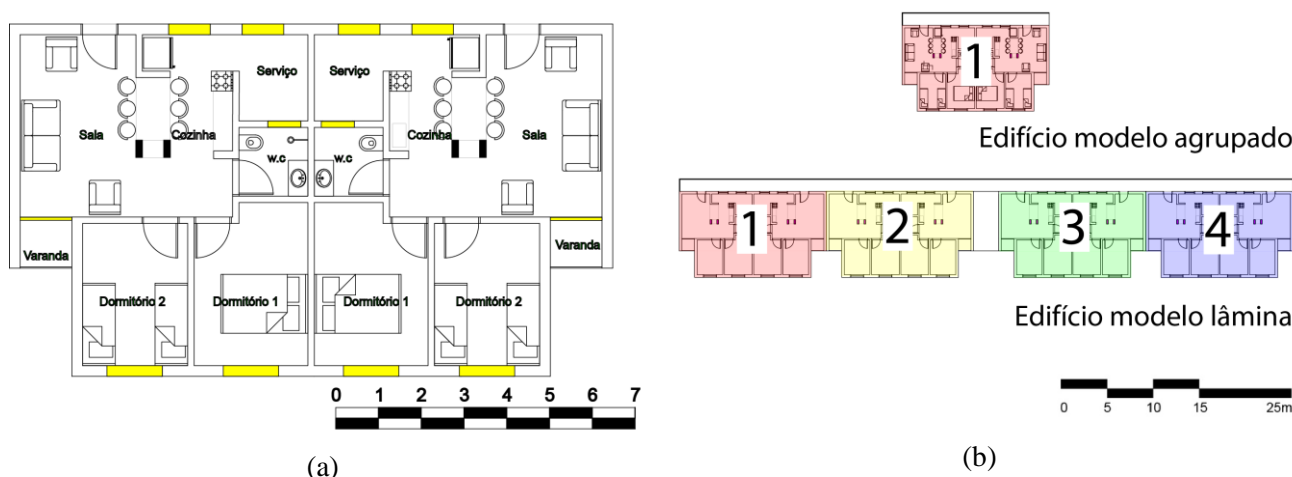


Figura 1 – (a) Planta baixa com indicação de aberturas (cor amarela); (b) Planta esquemática dos modelos de edifícios lâmina e agrupado; Fonte: Acervo próprio.

A partir das plantas tipo do CDHU foram definidos 3 arranjos de implantação - Arranjo A, B, C, para cada um dos modelos estudados (lâmina e agrupado), delimitados por uma área padrão de 120x120m (figura 2a). Estes arranjos foram definidos buscando-se cobrir as variações de implantação encontradas usualmente nos projetos de habitação social.

Para cada arranjo foi estudada a intensidade de vento resultante (m/s) variando-se a porosidade da área, definida pela implantação dos blocos. Para tanto, definiu-se o espaçamento a partir do ângulo θ , determinado pela distância horizontal até o bloco adjacente (D) e sua altura a partir da janela do primeiro andar (H) (figura 3). Foram utilizados os valores de 45° e 60°, correspondentes a uma distância de 11m e 6,35m, respectivamente (figura 2b). O critério de escolha destes ângulos deve-se ao fato de apresentarem uma relação de afastamento de, no mínimo, o tamanho da edificação adjacente. Tal relação foi explorada, sob o aspecto da iluminação natural, no estudo “Recomendações para Adequação do Conjunto Habitacional às Condições Climáticas”, por Alucci et al. (1986).

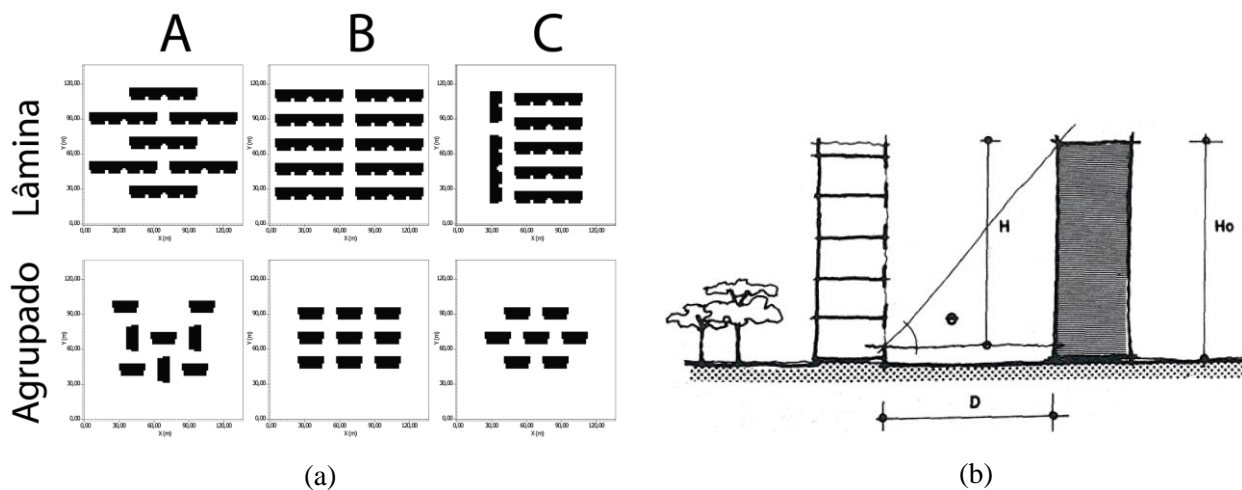


Figura 2 – (a) Arranjos de implantação estudados, com dimensão 120x120m – Fonte: Acervo próprio.(b) Determinação dos afastamentos (ângulo θ) para as análises de ventilação. Fonte: Adaptado de Alucci et al. (1986)

Os ensaios foram realizados para incidência de vento em oito direções, correspondentes aos pontos cardeais e colaterais (norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste, noroeste). A intensidade adotada como parâmetro de entrada foi de 3m/s, valor médio predominante para cidade de São Paulo, de acordo com INMET (2009).

Os resultados estão descritos tanto em valores absolutos (imagens das simulações, a 3,75m de altura do solo), quanto em valores relativos (gráficos polares). Esta altura foi definida considerando-se a altura média das aberturas do primeiro pavimento (edifício sobre pilotis). Os valores absolutos permitem avaliar a velocidade do ar resultante na área como um todo, evidenciando diferenças entre os valores internos a um mesmo arranjo, para a velocidade média de referência (3m/s).

A velocidade relativa expressa o valor proporcional à velocidade incidente em determinado período (m/s), sobre um ponto localizado a 1,5m da fachada do edifício localizado ao centro de cada arranjo. Procurou-se minimizar as diferenças espaciais em relação à localização deste ponto entre as diferentes variações de arranjos, com o objetivo de comparar os valores entre diferentes casos. Para um ponto que apresente um valor 0,5 de velocidade relativa, considerando uma velocidade média de 2m/s, sua velocidade resultante será de 1m/s. Desta forma é possível determinar se a implantação avaliada foi responsável por reduzir ou intensificar a velocidade do ar de uma determinada área, (SZUCS, 2013).

Para as simulações de ventilação interna às edificações foram consideradas definições da NBR 15.575/ 2013, a qual orienta a análise do edifício de forma isolada e abertura utilizada no projeto arquitetônico. Desta forma, as simulações foram feitas considerando 50% de obstrução nas janelas dos dormitórios e da sala e aberturas totais nos ambientes como a cozinha.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Ambiente externo - Modelo Lâmina

Em todos os arranjos simulados observam-se áreas com velocidade do ar mais elevada nos cantos dos blocos próximo à entrada modelo (em cada direção avaliada), indicando regiões de alta pressão e vento defletido sobre as fachadas dos edifícios (destacadas nas imagens pela cor rosa). Já no interior de cada arranjo é observada uma zona de baixa velocidade, protegida da incidência direta dos ventos (destacada nas imagens pela cor azul), (figura 3).

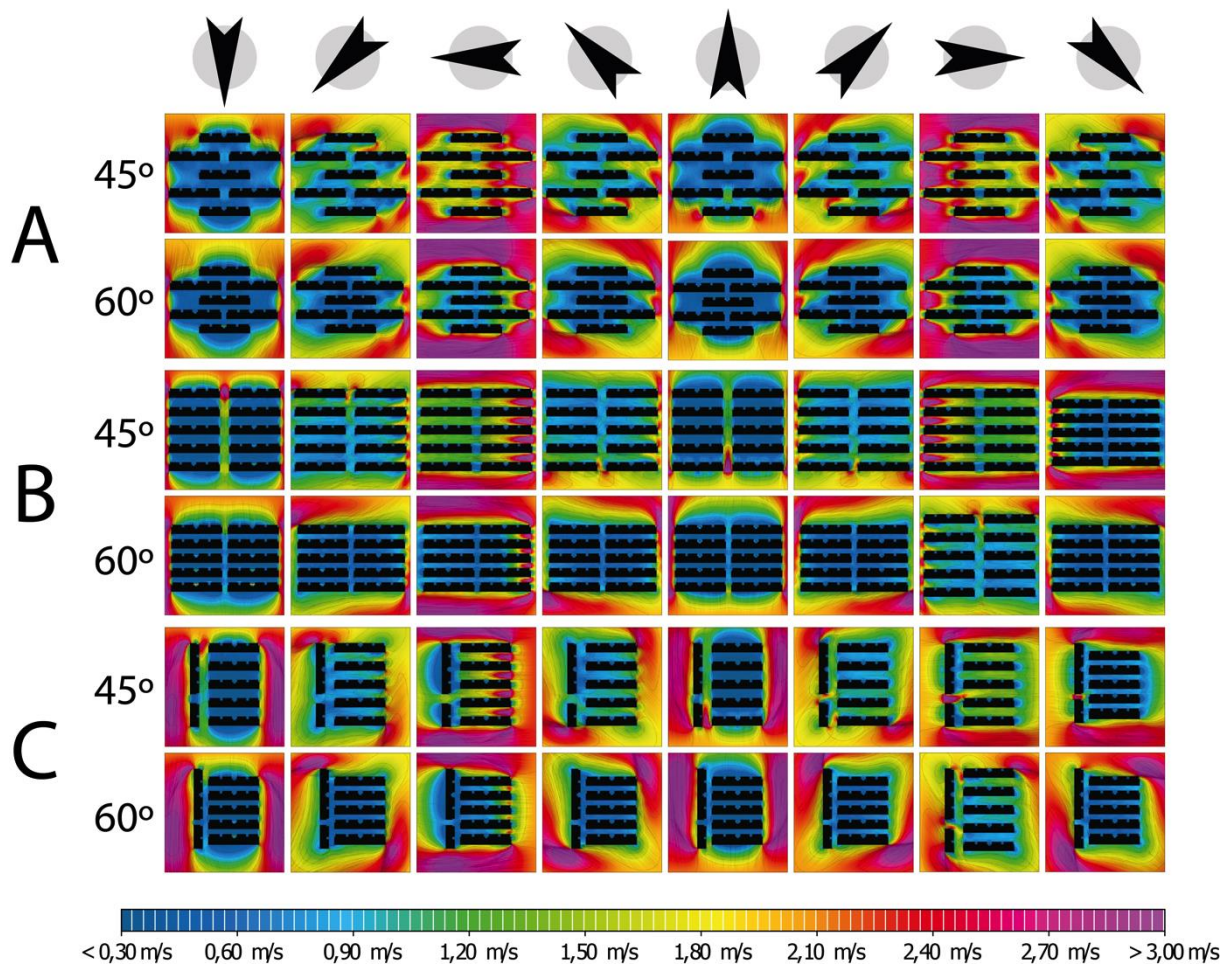


Figura 3 – Diferenças de velocidade do ar (m/s) de acordo com arranjos de implantação (A, B e C) e variação de direção de incidência - N, NE, E, SE, S, SO, O e NO (representada pelas setas) para o modelo de edifício lâmina.

Os valores mais elevados de velocidade foram registrados quando a direção do vento incidente é paralelo à fachada principal dos blocos (direções leste e oeste), enquanto que os menores valores foram registrados quando a direção do vento incidente é perpendicular à estas fachadas (incidência norte e sul). Valores intermediários foram registrados nas demais direções de incidência.

Abaixo são apresentados os gráficos referentes à velocidade relativa do ar, para as diferentes variações de direção de incidência em relação aos arranjos. Nas simulações com ângulo $\theta = 45^\circ$ (afastamento de 11m entre edifícios – cor azul), a velocidade do ar variou de 0,04 (direção de incidência sul) a 1,94m/s (direção de incidência oeste). Observa-se que este afastamento permite a entrada de ventos, mesmo em regiões internas aos arranjos estudados, (figura 4).

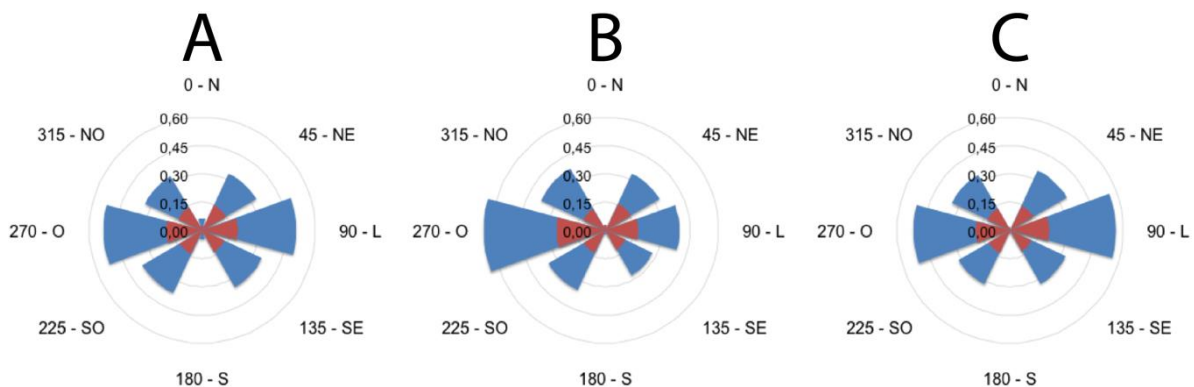


Figura 4 - Velocidade relativa do ar para os três arranjos – modelo lâmina (valores representados em azul para afastamento de 11m e em vermelho para afastamento de 6,35m entre edifícios).

Os resultados para as simulações com ângulo $\theta = 60^\circ$ (afastamento de 6,35m entre edifícios – cor vermelha), que representam um adensamento construtivo maior pela proximidade das lâminas, apresentaram uma redução média de 55% na velocidade do ar resultante, quando comparados às velocidades registradas nos arranjos simulados com $\theta = 45^\circ$. Estes valores podem acarretar em situações desfavoráveis em áreas de baixa velocidade do ar como os centros urbanizados, decorrendo em situações de acúmulo de contaminantes e baixa dispersão de poluentes.

4.2 Ambiente externo - Modelo Agrupado

Novamente, os valores mais elevados de velocidade foram registrados nos casos em que o vento incidente é paralelo à fachada principal do bloco central. Desta forma, a ventilação na área em estudo tem seus valores mais elevados como resultado das direções leste e oeste, enquanto os menores valores foram registrados nos casos norte e sul, em virtude da incidência se dar de modo perpendicular à estas fachadas. Valores intermediários foram registrados nos demais casos, com exceção do arranjo A, que também registrou valores altos para as direções de incidência nordeste e noroeste (figura 5).

Nas simulações com ângulo $\theta = 45^\circ$, a velocidade do ar variou de 0,09 (direção de incidência sul) a 1,39m/s (direção de incidência oeste). Dentre os arranjos estudados, o arranjo B foi o que apresentou maior amplitude de variação entre as direções de incidência analisadas. Observa-se que o espaçamento de 11m entre os edifícios permite a entrada de ventos, mesmo em regiões internas aos arranjos estudados.

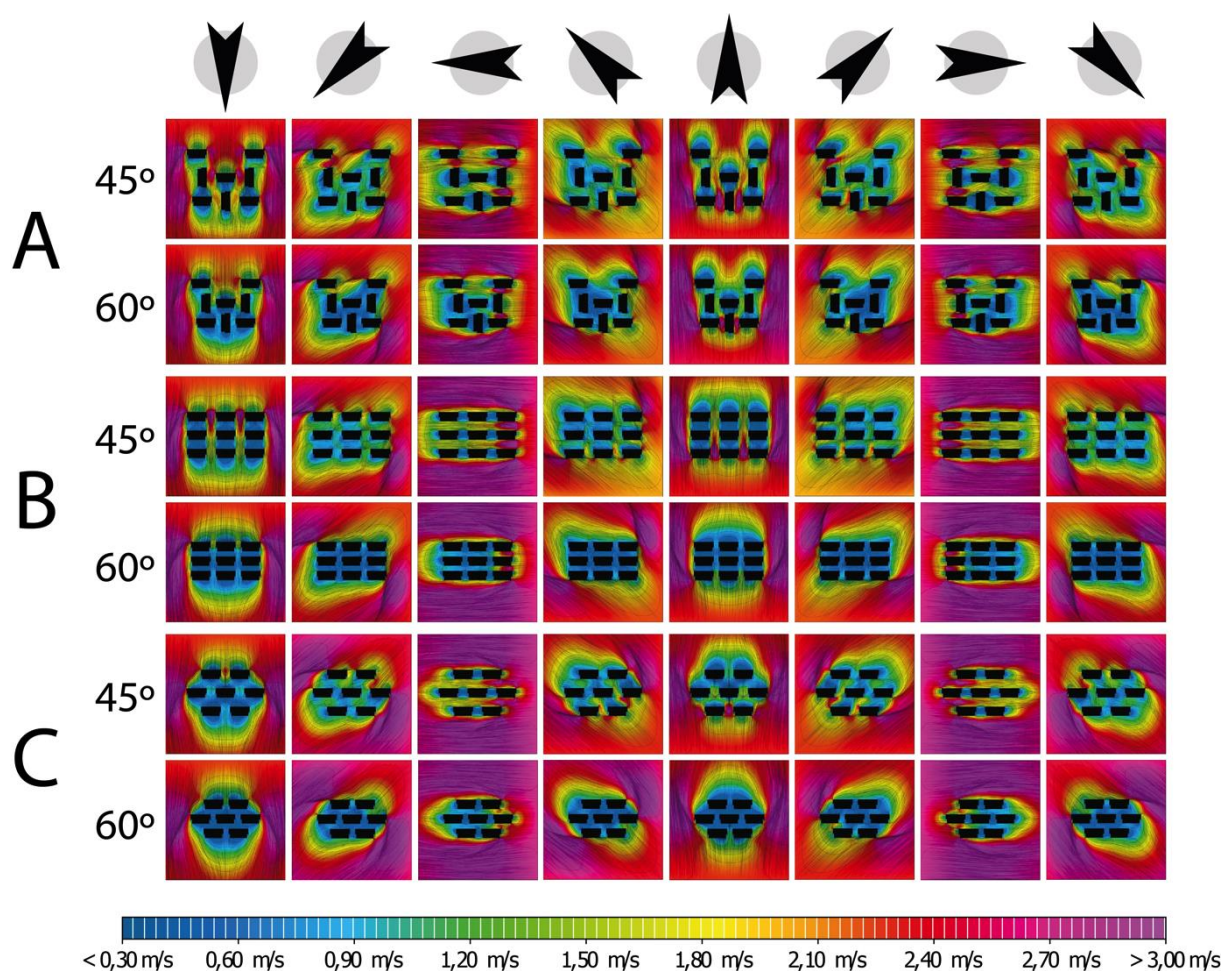


Figura 5 - Diferenças de velocidade do ar (m/s) de acordo com arranjos de implantação (A, B e C) e variação de direção de incidência - N, NE, E, SE, S, SO, O e NO (representada pelas setas) para o modelo de edifício agrupado.

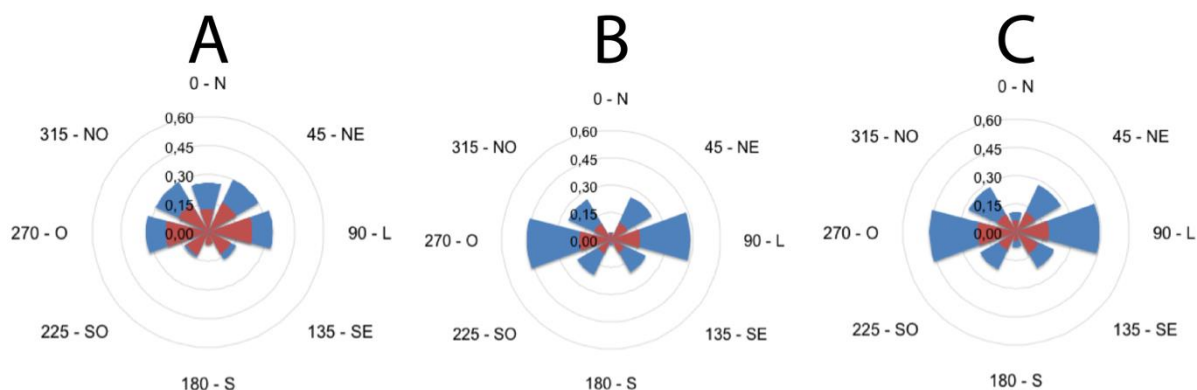


Figura 6 - Velocidade relativa do ar para os três arranjos – modelo agrupado (valores representados em azul para afastamento de 11m e em vermelho para afastamento de 6,35m entre edifícios).

Os resultados para as simulações com ângulo $\theta = 60^\circ$ (afastamento entre edifícios de 6,35m) apresentaram redução na velocidade do ar resultante, quando comparados às velocidades registradas nos arranjos simulados com $\theta = 45^\circ$ (afastamento de 11m). As reduções foram na ordem de 70%, 46% e 49% para os arranjos A, B e C, respectivamente, (figura 6).

Além do afastamento entre edifícios, verifica-se que a direção de incidência do vento de cada caso estudado possui um papel importante na intensidade de ventilação sobre determinada fachada. As maiores intensidades de vento são registradas quando este é oriundo de direções paralelas às maiores dimensões da implantação dos edifícios.

4.3. Ambiente interno - Modelo Lâmina

Nas simulações realizadas observou-se que, predominantemente nas direções Norte e Sul, a distância entre blocos de 6,35m acarretou uma redução de 55% da velocidade de ventos incidente nas fachadas.

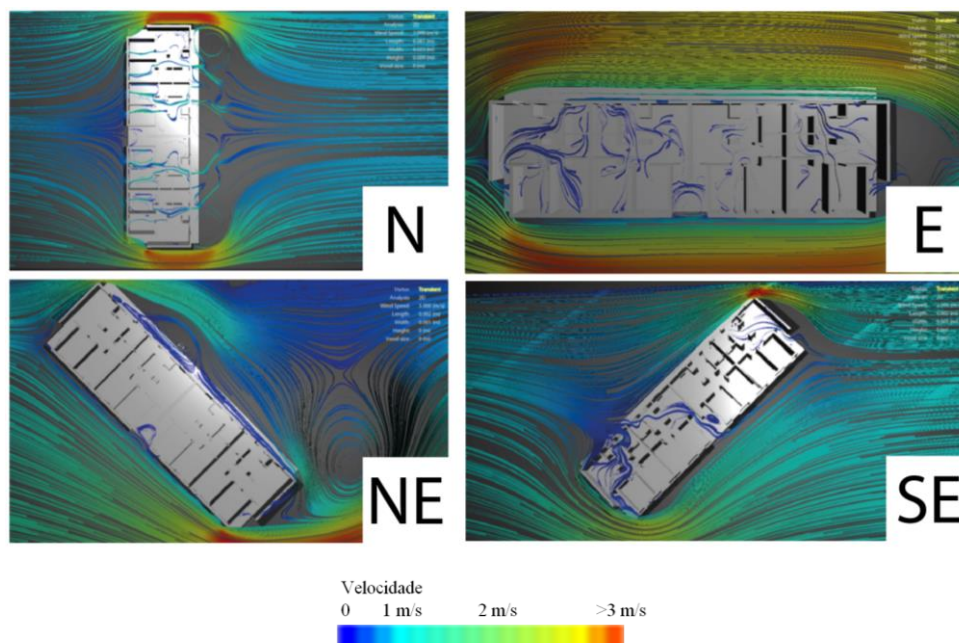


Figura 7. Ventilação interna orientações (N, NE, E, SE) no modelo lâmina

Nessas direções, Norte e Sul, devido ao sentido perpendicular às aberturas sem obstruções aparentes, houve a penetração dos ventos aos edifícios possibilitando melhoria da qualidade do ar interna e conforto térmico dos ocupantes, em virtude da ventilação cruzada, figura 07 e 08.

Nos demais casos, devido às velocidades intermediárias e ângulo de incidência às aberturas, observou-se turbilhonamento, verificado principalmente nas situações SO e NO, dificultando a ventilação cruzada e em todas as direções restrita contribuição de ventilação natural interna às unidades habitacionais, figura 07 e 08.

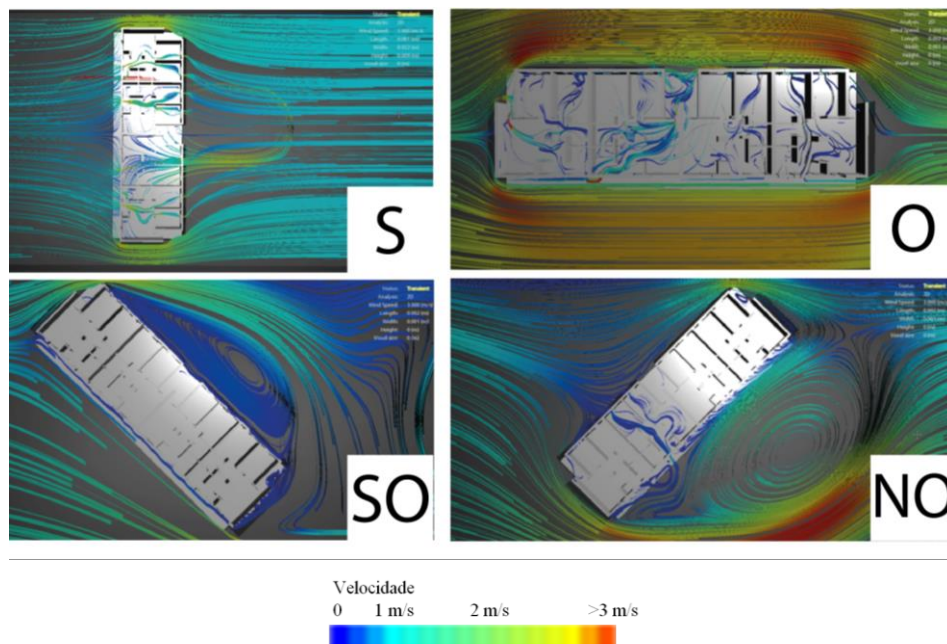


Figura 8. Ventilação interna orientações (S, SO, O, NO) no modelo lâmina

Nas situações onde os blocos habitacionais estão localizados à Leste e Oeste, as maiores velocidades (3m/s na fachada) são favoráveis a penetração do vento ao ambiente interno.

Também devido ao ângulo de incidência, nas orientações a NO e SE, observou-se a redução da velocidade interna nos ambientes a 1m/s, sendo, portanto, mais confortável aos ocupantes.

4.4. Ambiente interno - Modelo Agrupado

As simulações realizadas considerando distanciamento de 11m entre blocos apresentaram velocidades maiores em relação aos edifícios distanciados a 6,35m.

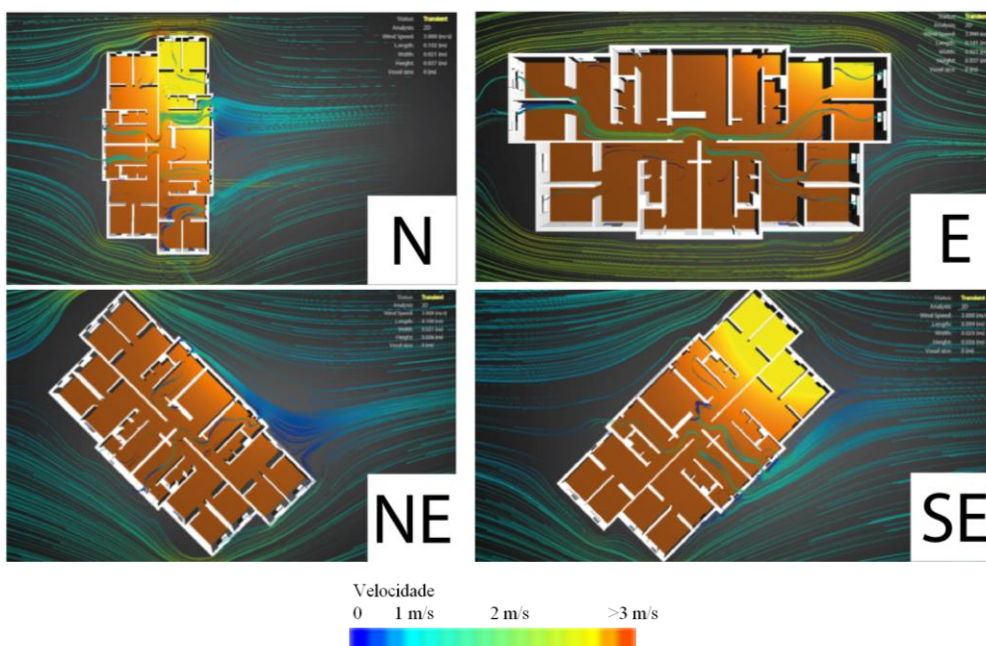


Figura 9. Ventilação interna orientações (N, NE, E, SE) no modelo agrupado

Observa-se uma redução nas velocidades, para aproximadamente 1,50m/s em toda a área, e de forma mais significativa no arranjo A. A mesma característica é observada no sentido de incidência dos ventos transversal aos blocos nos arranjos B e C, nas orientações Norte, figura 9 e Sul, figura 10.

No caso com fluxo de ventos a Leste, figura 9, nas unidades dispostas perpendicularmente a este fluxo é observada a penetração por meio das aberturas dos dormitórios até a sala, com velocidade de 2,7 m/s. Já nas unidades opostas (Oeste), figura 10, no entanto, observa-se o efeito de turbilhonamento, reduzindo a ventilação interna nos dormitórios em relação a situação anterior, porém mantendo a renovação do ar ao ambiente.

Quando a incidência dos ventos acontece pelo Sudeste, observa-se fluxo maior de ventilação na cozinha e lavanderia. Observa-se também que nessa direção de incidência as unidades voltadas a Oeste ficam prejudicadas pela ausência de fluxo de ventos interna, figura 9.

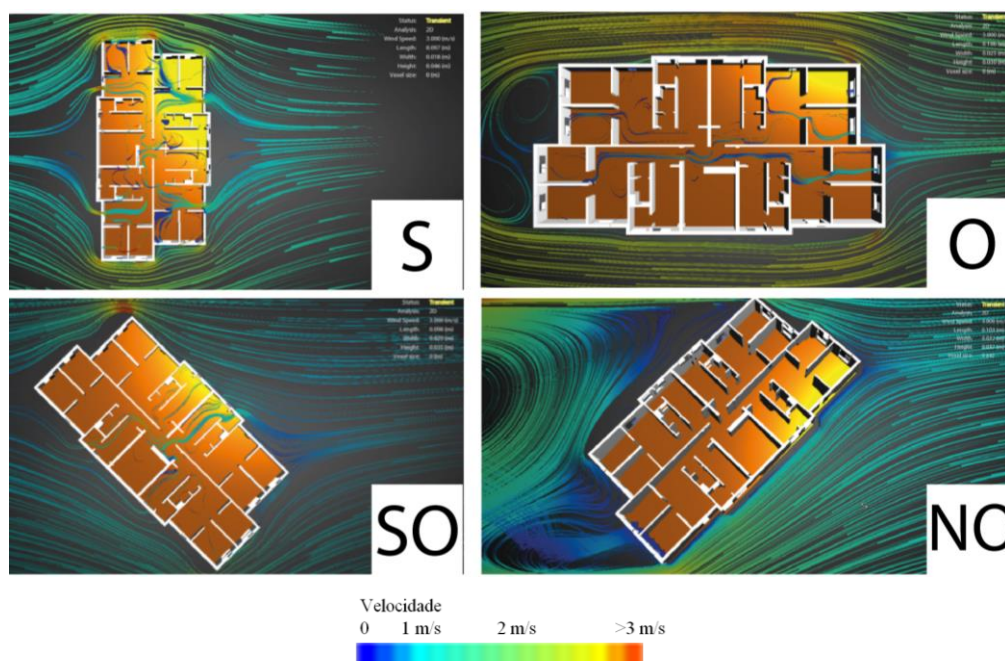


Figura 10. Ventilação interna orientações (S, SO, O, NO) no modelo agrupado

Na situação onde os ventos incidem no sentido Noroeste em relação ao edifício, os ventos são bloqueados pela própria edificação e redirecionados para percorrer a fachada, à velocidade aproximada de 5m/s. Não se observa fluxo de vento interno na fachada incidente possivelmente devido a elevada velocidade e pequena abertura. Entretanto, nas unidades à leste, onde há a formação de turbilhonamento, o fluxo do vento é direcionado ao interior dos dormitórios.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo estudar a ventilação natural considerando diversos contextos: diferentes modelos de edifícios habitacionais, diferentes arranjos de implantação e diferentes distâncias de entre edifícios, complementados pela avaliação da ventilação internamente à estas edificações.

A partir dos resultados apresentados, é possível inferir que a implantação dos edifícios possui um fator determinante no fluxo de ventos resultante, tanto na fachada quanto internamente às unidades habitacionais. A analisada neste trabalho tanto sob o ponto de vista da orientação em relação à direção de incidência dos ventos quanto sob o aspecto da distância de afastamento entre os blocos, a implantação é um dos fatores que normalmente são definidos por meio dos projetos arquitetônico e urbanístico.

Foram encontrados valores mais elevados de velocidade do ar, tanto para o modelo lâmina quando para o agrupado, nos casos em que o vento incidente é paralelo à fachada principal dos blocos (direções leste

e oeste), enquanto que os menores valores foram registrados nos casos que determinam uma incidência perpendicular a estas fachadas (direções norte e sul).

Simulações com ângulo de afastamento 45° (11m), conforme esperado, resultaram em maior velocidade do ar resultante, quando comparado aos arranjos com ângulo de afastamento 60° (6,5m), variando de 70% a 46%.

A partir das velocidades encontradas nas fachadas por meio das simulações externas, foram realizadas simulações internas que possibilitaram observar que os edifícios em lâmina obtiveram melhor desempenho na ventilação em relação à situação agrupada mantendo internamente velocidades de 1,50m/s, exceto nas situações SE, SO, NO e NE onde houve de 0% a 50% da área linear dos blocos com penetração dos ventos.

Este estudo também chama a atenção para a necessidade de os arquitetos estejam cientes dos aspectos ambientais dos locais para os quais estão projetando, tanto na escala da unidade quanto da edificação como um todo. Conforme observado nos resultados apresentados, além da implantação, a dimensão das aberturas, terá um impacto significativo na disponibilidade de ventilação interna. Estes fatores, quando negligenciados, podem resultar em desconforto para os moradores destes edifícios e provável utilização de energia elétrica para alcançar condições confortáveis (ventiladores, aparelhos de ar condicionado).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, M. P.; CARNEIRO, C. M.; BARING, J. GA. **Implantação de Conjuntos Habitacionais**: recomendações para adequação climática e acústica. São Paulo: IPT, 1986.
- BENTHAM, T. BRITTER, R. **Spatially averaged flow within obstacle arrays**. Atmos Environ 2003;37(15):2037e43.
- BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling & Software**, v. 13, n. 3, p. 373-384, 1998.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Síntese de indicadores sociais**: Brasil, Rio de Janeiro, 2012.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990**. RAMOS, Andrea Malheiros; DOS SANTOS, Luiz André Rodrigues; FORTES, Lauro Tadeu Guimarães (Ed.), 2009.
- MARQUES, R. S. **Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada para a Orla da Praia do Meio em Natal/RN**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.
- MOCHIDA, Akashi; LUN, Isaac YF. Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area. **Journal of wind engineering and industrial aerodynamics**, v. 96, n. 10, p. 1498-1527, 2008.
- NEOPHYTOU MK-A, BRITTER RE. **Modelling the wind flow in complex urban topographies: a computational-fluid-dynamics simulation of the central London area**. In: Proceedings of the fifth GRACM international congress on computational mechanics, Limassol, Cyprus, 29 June-1 July, 2005; 2005.
- OLIVEIRA, P.B., ASTIGARRAGA, R.S., **Consequências da verticalização no meio urbano**. 88p. Monografia (Tecnologia em Construção de Edifícios) – Faculdade de Tecnologia Tatuapé “Victor Civita”, São Paulo, 2014.
- ONU – Organização das Nações Unidas. **Quinto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 2012**. Disponível em: <<http://www.ipcc.com/>>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- ONU – Organização das Nações Unidas. Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. **Brasil: Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos humanos**, 2012.
- PRATA, A. R. **Impacto da altura de edificios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2005.
- SZÚCS, Ágota. Wind comfort in a public urban space—case study within Dublin Docklands. **Frontiers of Architectural Research**, v. 2, n. 1, p. 50-66, 2013.
- WANIA, A. Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. **Journal of environmental management**, v. 94, n. 1, p. 91-101, 2012.
- WILLEMSEN, E.; WISSE, J.A. Design for wind comfort in the Netherlands: Procedures, criteria and open research issues, **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics** 95, 2007, p.1541-1550.
- WONG, N.H., et al., (2011). **Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption**. Solar Energy, 85: p. 57-71.