

AValiação COMPUTACIONAL DO APROVEITAMENTO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES INTERNOS: UM ESTUDO COMPARATIVO A PARTIR DE CONFIGURAÇÕES URBANAS DIFERENCIADAS EM MACEIÓ-AL

**Simone Carnaúba Torres (1), Gianna Melo Barbirato (2), Christhina Candido (3),
Thalianne de Andrade Leal (4), Fernando Antônio de Melo Sá Cavalcanti (4)**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. Arapiraca-AL. E-mail: ste@ctec.ufal.br, (2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Universidade Federal de Alagoas, Campus A. Simões, Maceió-AL E-mail: gmb@ctec.ufal.br

(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC. E-mail: christhina@labeec.ufsc.br, (4) Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. Simões, Maceió-AL E-mail: thaly@ctec.ufal.br/
fernandoantonio@ctec.ufal.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação sobre a influência de arranjos construtivos urbanos na qualidade climática das edificações, em especial as condições de ventilação natural, estudando os atributos de desenho urbano e configuração espacial em três conjuntos habitacionais verticais. Foram realizadas simulações teóricas através de um programa computacional de dinâmica dos fluidos –CFD, que permitiram conhecer o nível de aproveitamento dos ventos a partir da análise da disposição do arranjo construtivo e da configuração das edificações existentes no conjunto. Os resultados simulados comprovaram que dentre os fatores que mais afetaram as condições térmicas estudadas foram: localização inadequada das aberturas em relação ao aproveitamento da ventilação natural, ineficiente distribuição e orientação das edificações nos arranjos construtivos urbanos avaliados e pouca porosidade dos edifícios. Espera-se que as informações apresentadas na respectiva análise possam auxiliar o planejamento de futuros conjuntos verticais em cidades de clima quente e úmido, como Maceió-AL.

ABSTRACT

This paper presents an investigation about the urban constructive arrangement influence in the climatic quality of buildings, specially the natural ventilation conditions, studying the urban design attributes and space configuration of three vertical low-cost buildings. Theoretical simulations were realized through further models simulation using CFD software to identify the wind profile of the constructive arrange and the buildings configuration. The results of models simulations have shown that, amongst the factors that had most affected the studied thermal conditions had been: inadequate localization of the openings in relation to the local prevailing winds, inefficacious distribution and orientation of the blocks in the evaluated urban constructive arrangements and little air porosity of the buildings. It is expected that these information could help future low-cost buildings projects in hot-humidity climate cities as Maceió-AL.

1. INTRODUÇÃO

Uma arquitetura habitacional que priorize o bem-estar de seus moradores, o uso dos recursos naturais, a economia energética e a responsabilidade ambiental não devem ser de caráter pontual ou apenas de uma parcela da sociedade. Pelo contrário, deve abranger toda a extensão no setor da construção civil.

No caso de edificações destinadas à população de baixa renda, a utilização de estratégias bioclimáticas para condicionamento térmico é de fundamental importância à medida que o emprego de meios artificiais de climatização torna-se economicamente inviável.

Em Maceió-AL, nota-se um aumento na produção de unidades verticais destinadas à população de baixa renda, implementadas a partir de programas de beneficiamento habitacional, como o PAR-Programa de Arrendamento Habitacional. Este fato ocorre devido ao rápido crescimento da cidade nos últimos anos, gerando a necessidade de adensamentos que permitam a instalação de um maior número de famílias em uma menor unidade de área.

Segundo GOULART (1997), em regiões tropicais, como é o caso do Maceió-AL, a temperatura do ar raramente ultrapassa a temperatura do corpo e o índice de umidade relativa do ar é bastante alto. As edificações devem evitar ganhos de calor externo enquanto dissipam aqueles produzidos no seu interior. Como estratégias bioclimáticas mais eficientes, temos o sombreamento e a ventilação natural (GRATIA et al, 2004), e a zona de conforto está intrinsecamente relacionada com a velocidade do vento.

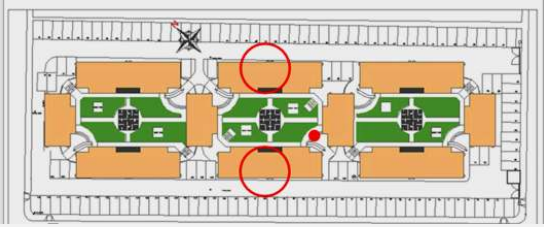
Neste contexto, a simulação teórica computacional do comportamento dos ventos, constitui-se uma ferramenta importante para a verificação da adequação climática de arranjos construtivos, podendo auxiliar na definição dos espaços projetados a partir da maximização do aproveitamento da ventilação natural como principal estratégia bioclimática para a obtenção do conforto térmico.

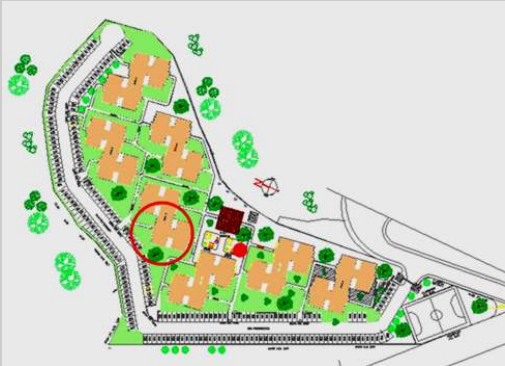

Sabe-se que forma urbana interfere significativamente nas condições climáticas locais, através da modificação no comportamento das variáveis ambientais, por isso, a ampliação de estudos e pesquisas sobre os principais aspectos envolvidos na dinâmica espacial urbana é de extrema importância para a compreensão da qualidade térmica construtiva resultante. Estes estudos poderão auxiliar no processo de planejamento local, contribuindo para o equilíbrio ambiental urbano.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência de arranjos construtivos urbanos na qualidade climática das edificações, em especial as condições de ventilação natural, estudando os atributos de desenho urbano e configuração espacial em três conjuntos habitacionais verticais implementados através do programa PAR (Programa de Arrendamento Residencial).

2. METODOLOGIA

Foram selecionados três arranjos construtivos urbanos de configurações diferenciadas determinados por conjuntos habitacionais verticais destinados à população de baixa renda. No quadro abaixo (quadro 1) estão descritas as principais características de implantação dos arranjos construtivos selecionados e as respectivas taxas de porosidade (maior ou menor permeabilidade de uma estrutura edificada à passagem dos ventos e expressa através da relação entre espaços abertos e espaços confinados). A partir da planta de implementação dos edifícios é possível visualizar a disposição diferenciada dos blocos habitacionais (os círculos em vermelho representam os apartamentos selecionados). Para cada localização foi escolhido um apartamento no térreo e outro no último pavimento para a análise computacional do comportamento da ventilação natural.

	Tipologia do Arranjo Construtivo Selecionado Planta –baixa de implantação	Características
RESIDENCIAL GALÁPAGOS		Configuração do arranjo construtivo caracterizado pela formação de <i>pátios</i> , onde as edificações existentes estão voltadas para um espaço aberto comum aos moradores do conjunto. Os ventos predominantes de sudeste atingem a maior parte das edificações de forma paralela às aberturas. Porosidade: porosidade baixa (aproximadamente 10%).

RESIDENCIAL MATA ATLÂNTICA		<p>Configuração caracterizada pelo arranjo em “<i>tabuleiro de xadrez</i>”, onde as edificações estão dispostas de forma escalonada.</p> <p>Os ventos predominantes de sudeste atingem os blocos construtivos de forma oblíqua.</p> <p>Porosidade: Aproximadamente 18%. As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas</p>
RESIDENCIAL JOSÉ BERNARDES		<p>Configuração caracterizada pelo arranjo <i>normal</i>, onde as edificações estão dispostas sequencialmente no mesmo alinhamento.</p> <p>Os ventos predominantes de sudeste atingem os blocos construtivos de forma oblíqua.</p> <p>Porosidade: Aproximadamente 20%.</p>

Quadro 1: Apresentação das principais características dos conjuntos habitacionais selecionados

O movimento do ar é uma variável climática cujo comportamento no meio urbano é significativamente inconstante, por isso, a presente pesquisa foi fundamentada na análise a partir da simulação computacional através do programa PHOENICS 3.6, para verificar, as condições de ventilação natural nos arranjos construtivos selecionados. Este programa é baseado na dinâmica dos fluidos computadorizada- CFD (Computer Fluid Dynamics) e foi criado como ferramenta alternativa aos tradicionais túneis de vento nos estudos de ventilação natural. O programa fornece resultados através de vetores ou campos de velocidade que indicam o comportamento do fluxo de ar no interior e exterior das edificações. Para a simulação computacional, foram consideradas as seguintes condições:

- Foram construídos modelos¹ tridimensionais referentes a cada arranjo construtivo, sendo cada bloco de edifícios disposto em unidades fechadas. Esta condição foi mantida devido à complexidade dos modelos tridimensionais caso fossem construídos a partir da consideração de todas as aberturas existentes nas edificações. Portanto, apenas as aberturas dos apartamentos selecionados para o estudo de ventilação foram consideradas na construção dos modelos da simulação computacional. Tal simplificação, em que se pese a inevitável influência dos campos de pressão em torno da edificação, foi necessária devido à limitação do grid resultante da adoção de todas as aberturas, inviabilizando a simulação. Os modelos foram analisados de forma qualitativa em relação à dois aspectos. O primeiro trata do comportamento do fluxo do ar nos ambientes externos às edificações, favorecendo a identificação de áreas de recirculação de ar, zonas de alta e baixa pressão. O segundo trata da distribuição do fluxo de ar no interior dos apartamentos, permitindo a análise da influência do posicionamento de aberturas e da orientação da edificação em relação ao vento sudeste.
- Em relação à incidência do vento no arranjo construtivo, as simulações foram executadas apenas considerando a ventilação proveniente da direção sudeste, pois esta é predominante a maior parte

¹ Estes foram construídos através da utilização do módulo VR-EDITOR que simula os modelos em ambiente tridimensional, considerando os edifícios avaliados no interior de um campo virtual. Neste campo são determinadas as especificações relacionadas à entrada e saída dos fluidos, velocidade e direção do fluido e grelhas de cálculo (grid). Esta pode ser refinada através a utilização de menores espaçamentos a fim de se alcançar maior precisão nos resultados.

do ano na cidade de Maceió-AL (gráfico 1). O gradiente do vento foi adotado, considerando-se a inserção da edificação na malha urbana, corrigindo-se os dados da velocidade do vento de acordo com a seguinte equação:

$$V/V_m = K \cdot Z^a \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

V = velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar (m/s);

V_m = velocidade média do vento registrada na estação meteorológica medida a uma altura padrão de 10m (m/s). No caso de Maceió foi considerada a média de 3,0m/s.

Z = altura da abertura (m)

K , a = coeficientes relacionados com a rugosidade do terreno. Adotou-se os valores de $K = 0,35$ e $a = 0,25$, coeficientes correspondentes a área urbana (subúrbio) conforme destaca Bittencourt e Cândido (2005).

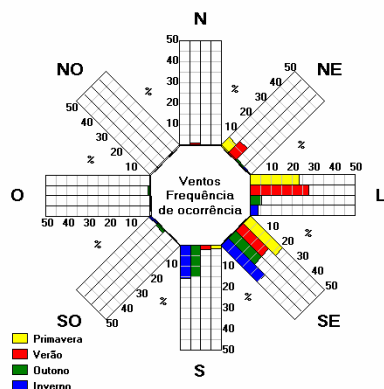


Gráfico 1 – Frequência dos ventos para a cidade de Maceió. Gráfico gerado a partir do software SOL-AR 5.0 (LAMBERTS, MACIEL. ONO, 2005)

- Os resultados das simulações, portanto, são apresentadas através de cortes horizontais nos arranjos construtivos estudados, na altura de 1,50m e 9,60m em relação ao nível do solo, correspondentes as alturas ao nível do usuário no térreo e no último pavimento (apartamentos selecionados para o monitoramento térmico interno).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Simulação Computacional do Residencial Galápagos

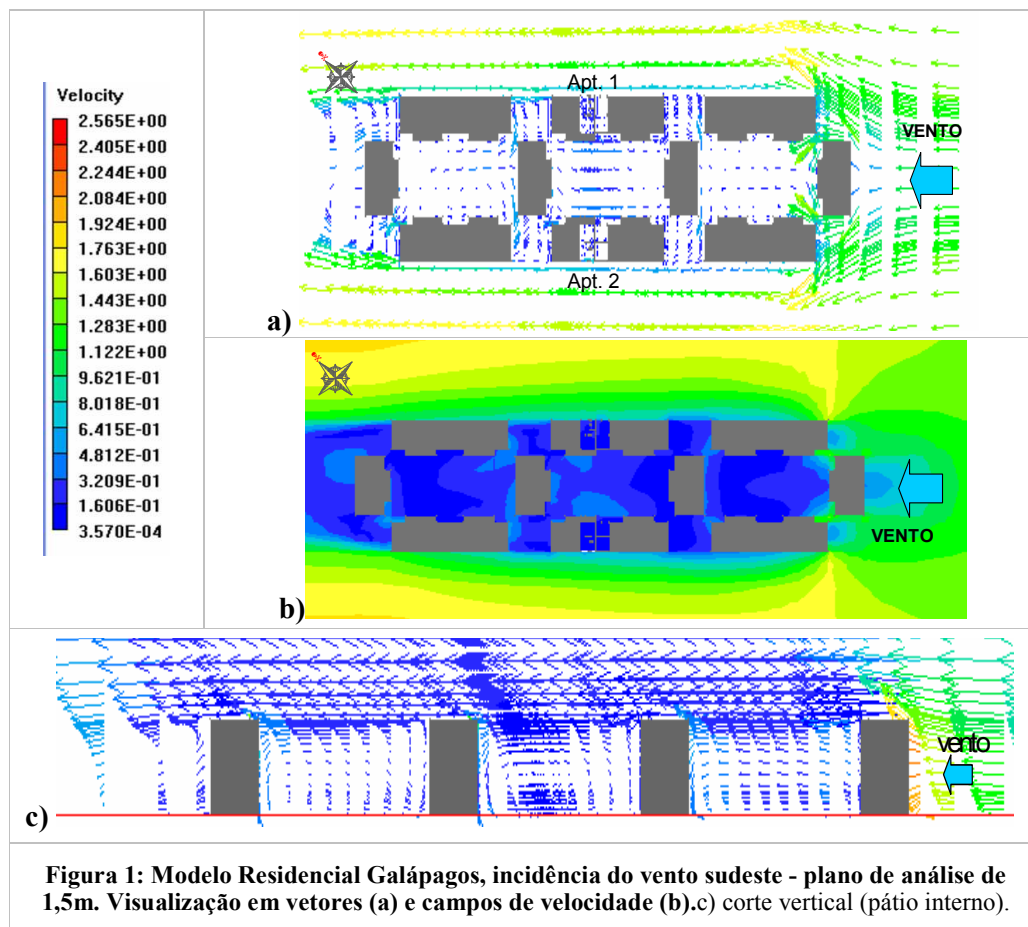
Avaliando os resultados da simulação computacional da ventilação no arranjo construtivo do Residencial Galápagos, nota-se que a configuração determinada pela presença do pátio interno não é considerada satisfatória ao aproveitamento dos ventos predominantes. Os blocos das edificações situadas entre os limites dos pátios, funcionam como verdadeiras barreiras para os fluxos predominantes na direção sudeste (figura 1). Nessa configuração, embora o afastamento adotado no sentido sudeste-noroeste, seja maior que no sentido nordeste-sudoeste, não foi suficiente para permitir a penetração dos ventos no interior dos pátios.

Observou-se a formação de áreas de sombra de vento em todas as extensões dos pátios. Estes espaços localizados a sotavento são marcados pela constituição de vórtices e recirculação do fluxo de ar. Analisando a influência do espaçamento entre as construções, de acordo com as pesquisas desenvolvidas por Lee et al (1980), percebe-se que a área delimitada pelos pátios caracteriza a chamada zona de interferência de esteira (figura 1c). Ou seja, a distância entre as edificações é menor que a soma das regiões de separação (áreas localizadas a sotavento e a barlavento), mas é maior que as distâncias necessárias para produzir vórtices estáveis (Bittencourt e Cândido, 2005).

Verificando os resultados da simulação através do corte horizontal a 1,5m do solo, identifica-se a significativa redução da velocidade do ar no interior dos pátios devido à presença das edificações no alinhamento dos ventos predominantes de sudeste (Figura 1 a,b). Considerando que a velocidade média do vento ao atingir as edificações é de aproximadamente 1,44m/s e a detectada na parte central do pátio, 0,16m/s, constata-se, portanto, uma redução de 88,8% na velocidade do ar.

Nota-se que os ventos predominantes de sudeste alcançam as aberturas dos dormitórios de forma paralela, prejudicando o insuflamento dos fluxos de ar para o interior dos ambientes. Nos apartamentos situados no pavimento térreo o valor máximo de velocidade do ar identificado nos dormitórios correspondeu a apenas 0,16m/s. A velocidade do vento, portanto, apresentou-se abaixo daquela sugerida pelos estudos de Bittencourt (1993) para a obtenção do conforto térmico em clima quente e úmido que é de 0,60m/s. Nos dormitórios, cujas aberturas estão voltadas para as fachadas

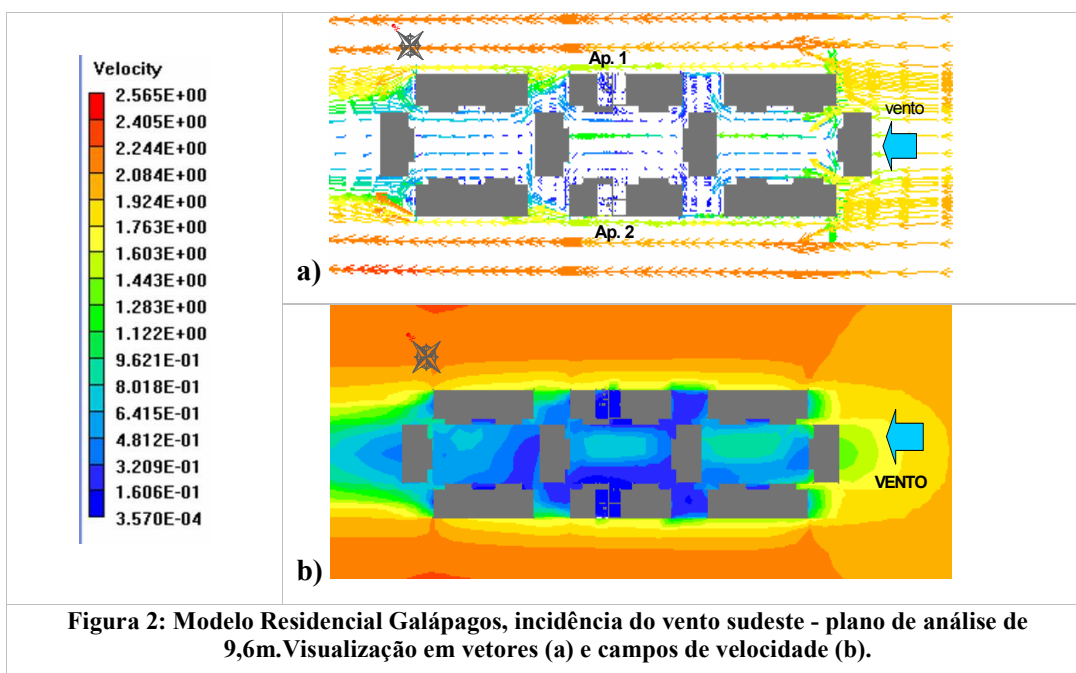
externas ao pátio, foi constatada a formação de áreas de estagnação do ar, onde não se percebe a penetração dos fluxos de vento.



Nesse caso, a utilização de dispositivos redirecionadores do fluxo de ar poderia contribuir para a captação do vento para o interior das unidades. Para a fachada sudoeste, por exemplo, o uso da proteção solar necessária para tal orientação poderia ser associado à captação dos ventos.

Ao observar os resultados do corte horizontal a 1,5m do solo (esquema 1a), nota-se que o desvio dos fluxos de ar provenientes da direção sudeste é bastante significativo, devido à existência de duas barreiras construtivas. A primeira refere-se ao bloco situado no limite sudeste do arranjo, a segunda é representada pelas duas edificações que irão constituir a formação do pátio interno, situadas nos limites sudoeste e nordeste do terreno. Os fluxos de vento são redirecionados em duas etapas, por isso, a redução da velocidade do vento próximo às aberturas dos dormitórios torna-se alta, principalmente nos blocos do terceiro pátio (perda de energia cinética do fluxo quando o mesmo é forçado a mudar de direção). Nos blocos que delimitam o primeiro pátio a velocidade do vento próxima às aberturas apresentou-se em valores maiores (aproximadamente 1,44m/s) porém, os fluxos permanecem incidindo paralelamente, não permitindo a otimização do aproveitamento do interior das edificações.

Para avaliar as condições de ventilação nos apartamentos do último pavimento, efetuou-se o corte horizontal a 9,6m de altura em relação ao nível do solo (figura 2). Foi identificado que a velocidade do ar ao atingir as edificações a barlavento alcança valores maiores em relação à altura de 1,50m (nível dos usuários do pátio), alcançando valores aproximados a 2,0m/s. Por isso, a velocidade resultante na região central do pátio eleva-se também em relação à altura de 1,50m, apresentando-se em aproximadamente 0,96m/s. A velocidade do vento próximo às aberturas dos dormitórios avaliados também se eleva atingindo aproximadamente 1,76m/s. Porém nos espaços internos a velocidade do vento ainda apresenta-se bastante reduzida, com valores entre 0,32m/s e 0,48m/s nas zonas próximas às aberturas. Nos dormitórios ainda se confirma a presença de áreas estagnação do ar, principalmente nos ambientes cujas aberturas estão voltadas para o pátio interno.



É importante salientar que nas simulações as aberturas foram consideradas com o vão completamente livre, entretanto, nas edificações deste arranjo construtivo a esquadria adotada em todos os ambientes é do tipo *correr*². Ou seja, nessa tipologia de esquadria a área de passagem de ar é reduzida pela metade, comprometendo, em maiores proporções, o insuflamento do fluxo de ar para o interior das edificações. Além disso, tratando-se de duas folhas do tipo de correr com fechamentos em vidro, estas esquadrias não permitem a penetração dos ventos predominantes quando seu fechamento for necessário, em dias de chuva, por exemplo.

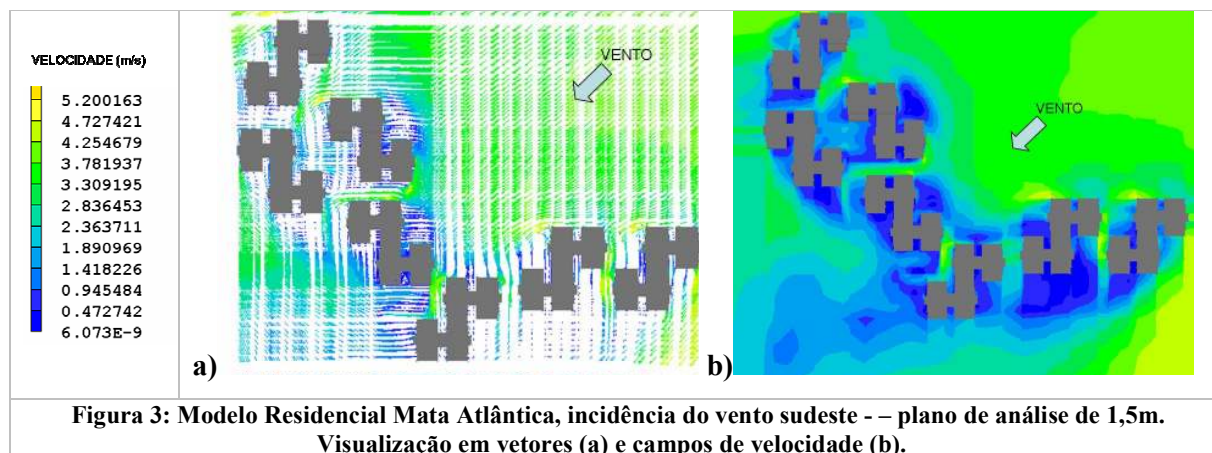
Constatou-se, desta forma, que o tipo de configuração do arranjo construtivo do Residencial Galápagos, apresenta aproveitamento insatisfatório dos fluxos de ar, devido a ineficiente localização das aberturas, inadequada conformação espacial e orientação das edificações e baixa porosidade.

3.2 Simulação Computacional do Residencial Mata Atlântica

A partir da avaliação do resultado referente à distribuição dos fluxos de ar no arranjo construtivo do Residencial Mata Atlântica, identifica-se que a quantidade de áreas de sucção (zonas de pressão negativa) formadas a partir da incidência direta oblíqua do vento (direção sudeste) é maior que a quantidade de áreas de pressão positiva.

Nos espaços situados a sotavento, verificou-se a formação de zonas extensas de recirculação do ar. Esta situação é desencadeada pelo tipo de configuração implementada no arranjo, pois, apresentando blocos escalonados (malha do tipo xadrez), a incidência oblíqua dos ventos, propicia o desvio dos fluxos de ar, fazendo com que a maior parte das faces dos blocos edificados torne-se voltada para zonas de sombra de vento (figura 3 a).

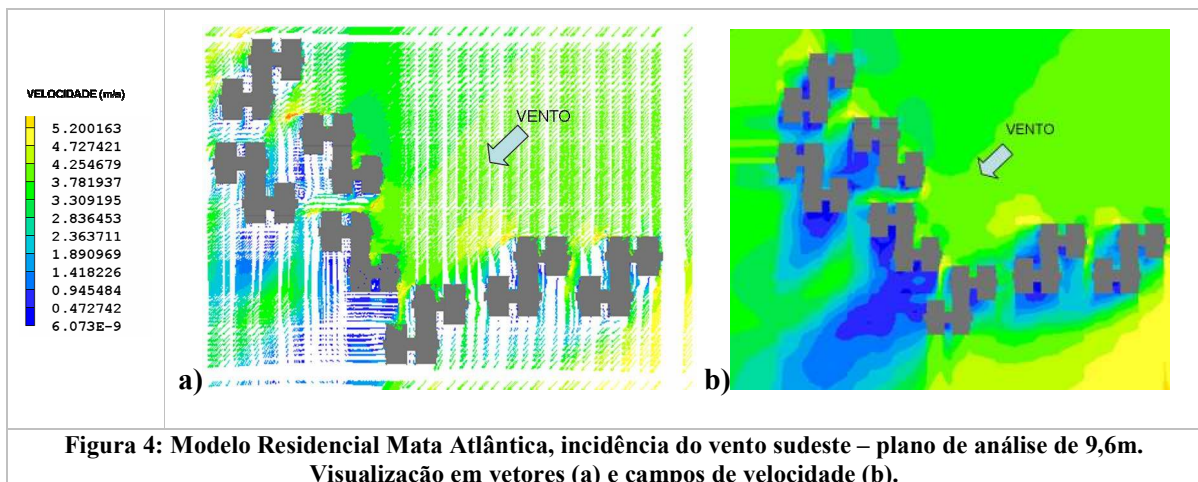
² Esta condição de simulação foi adotada como padrão para todos os modelos estudados, pois possibilitaria a obtenção de resultados referentes ao potencial da abertura para o aproveitamento da ventilação natural. O Residencial Galápagos foi o único a apresentar 50% de redução da área real de abertura.



Observou-se, através do corte horizontal na altura de 1,5m, que a velocidade máxima dos ventos ao atingir às edificações foi de 1,4m/s, demonstrando uma redução de velocidade correspondente a 48,75%, nos espaços definidos pela zona de esteira onde a velocidade do vento atingiu aproximadamente 1,15m/s. Porém, a redução da velocidade do ar neste arranjo construtivo, foi inferior á detectada no Residencial Galápagos.

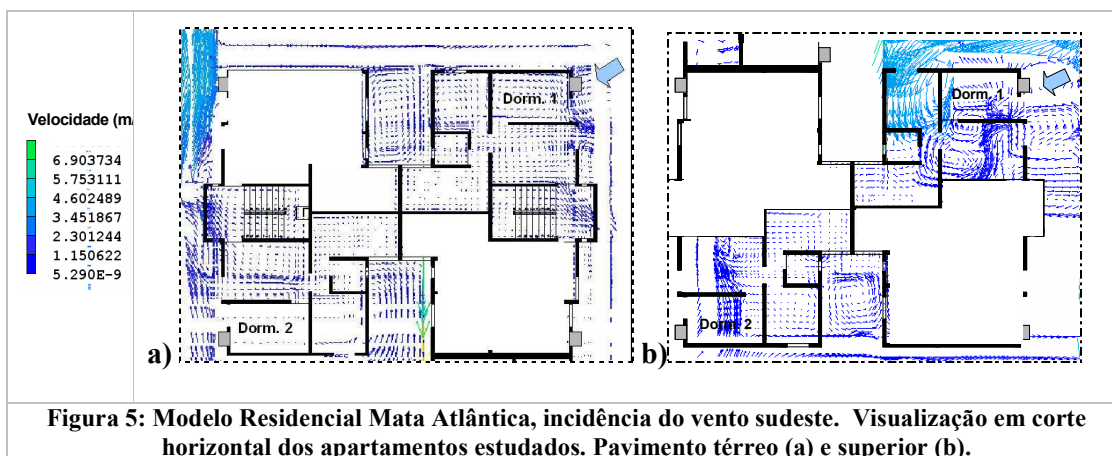
Ao avaliar os resultados ao nível dos usuários é possível perceber que a maior parte dos espaços entre as edificações á caracterizada pela presença de fluxos do vento com velocidade reduzida (Figura 3 b). A configuração espacial deste arranjo construtivo propicia, pela disposição dos blocos edificados, a formação de uma barreira construtiva em relação aos ventos predominantes de sudeste. Os apartamentos localizados a barlavento tornam-se beneficiados em relação ao aproveitamento dos fluxos de ar, apresentando uma distribuição satisfatória da ventilação nos ambientes internos, inclusive nos dormitórios. Porém, os apartamentos cujas aberturas estão voltadas para as zonas de sombra de vento, apresentam-se prejudicados em relação ao aproveitamento dos ventos provenientes de sudeste.

Comparando –se os resultados obtidos através do corte a 1,50m com os dados da simulação avaliada a partir da altura de 9,60m, verificou-se que as zonas caracterizadas pela redução de velocidade manifestaram-se em áreas inferiores (figura 4 a, b). A velocidade do vento nos espaços a barlavento, próximo as aberturas das edificações, corresponderam a valores superiores aos detectados ao 1,50m do solo, alcançando os valores de 3,3m/s.



Analisando as condições no interior dos apartamentos estudados, é possível constatar que nos dormitórios localizados a barlavento, a localização das aberturas permite o aproveitamento dos fluxos de ar, favorecendo o insuflamento para os demais ambientes. No último pavimento este processo é mais evidente sendo acompanhado pelo aumento da velocidade da ventilação direta nas aberturas

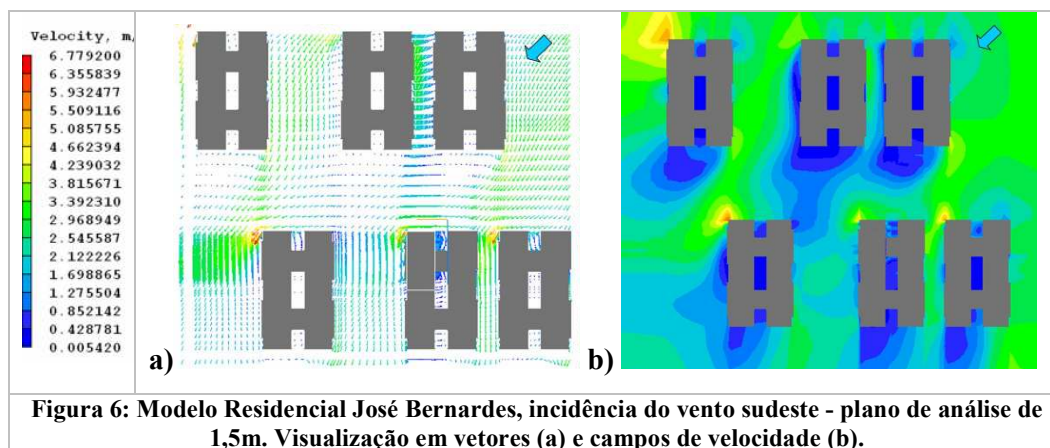
(Figura 5b). Nos dormitórios situados a sotavento, verificou-se a significativa formação de áreas de estagnação de ar, principalmente, no pavimento térreo, pois as aberturas encontram-se voltadas para a área de baixa pressão, assim como as demais aberturas do apartamento (figura 5 a).



A tipologia das edificações adotadas no arranjo construtivo (forma H) não é recomendada para construções em clima quentes (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005). Os resultados da simulação confirmam esta afirmação, pois no caso do Residencial Mata Atlântica, que possui incidência oblíqua dos ventos predominantes, os espaços vazios constituídos pela intersecção de blocos (dois apartamentos cada) não favorece a penetração dos ventos, caracterizando uma área de recirculação de ar.

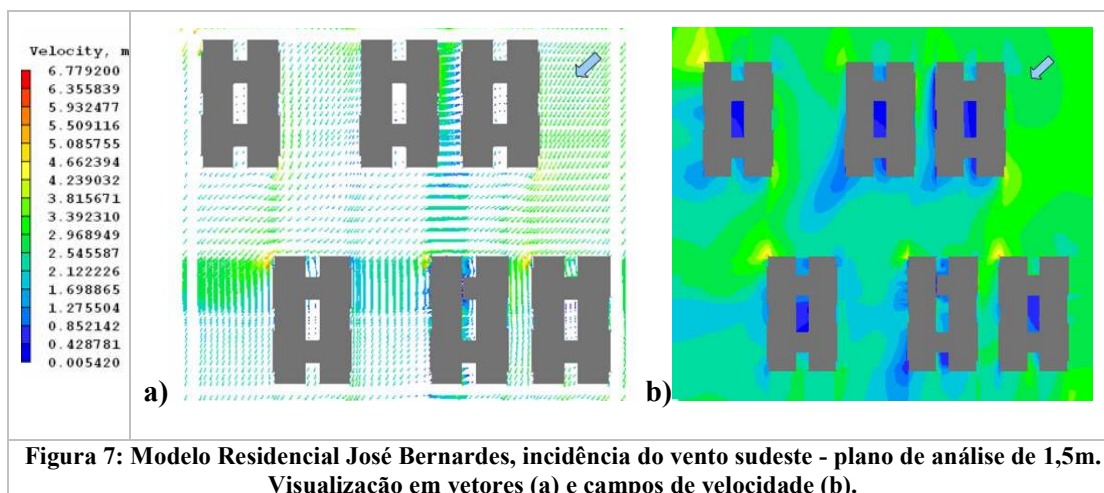
3.3 Simulação Computacional do Residencial José Bernardes

Os resultados da simulação computacional do arranjo construtivo correspondente ao Residencial José Bernardes, dentre todos os outros, foi o que apresentou menor área de formação de sombra de vento (figura 6). Os ventos provenientes de sudeste também possuem incidência oblíqua às edificações, porém, a configuração da malha, diferencia-se do Residencial Mata Atlântica, pela disposição ortogonal normal dos blocos.

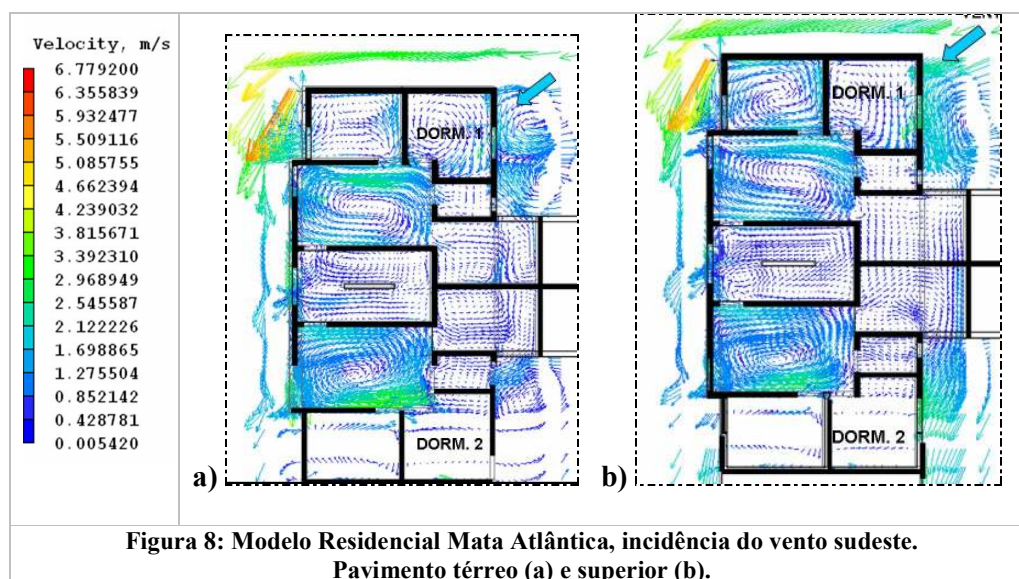


A tipologia das edificações, no entanto, não favorece o aproveitamento dos fluxos de ar incidentes, devido à constituição de um vazio interno para onde estão voltadas as aberturas dos dormitórios dos apartamentos, sendo caracterizado pela formação de áreas de estagnação de ar. Mas, é preciso destacar que, dentre os arranjos construtivos estudados, o Residencial José Bernardes, apresentou o maior índice de porosidade (20%), portanto, os resultados da simulação computacional são baseados nas condições mais desfavoráveis de baixa porosidade.

Avaliando o corte horizontal a 1,5m de altura, a redução de velocidade dos fluxos de ar nas regiões a sotavento correspondeu a aproximadamente 71% do valor da velocidade máxima incidente a barlavento (aproximadamente 2,96m/s). Comparando com os valores obtidos através do corte horizontal a 9,6m do solo (figura 7), percebe-se que a redução da velocidade torna-se menor, correspondendo a uma diminuição de 50% em relação à velocidade máxima incidente (3,39m/s).



Ao verificar as condições de distribuição interna dos fluxos do vento, percebe-se que o dormitório 2, apresenta mais de 2/3 de sua área caracterizada pela formação de vórtices, pois a abertura voltada para o vazio interno da construção não possibilita o insuflamento de ar. Já o dormitório 1 possui também abertura voltada para a área de estreitamento, porém, neste caso, está voltada para o exterior, caracterizando apenas uma área de recirculação de ar, onde o fluxo incidente é capaz de penetrar nos ambientes a uma velocidade de até 1,27m/s, no quarto pavimento (figura 8 a, b).



Através da comparação dos resultados obtidos a partir dos cortes horizontais a 1,50m e a 9,6m em relação ao solo, é possível perceber que o fluxo incidente na abertura do dormitório 1, é em parte desviado, devido à existência da área de estreitamento interna do bloco. Esta situação pode ser observada melhor no apartamento situado no pavimento térreo. Os fluxos de ar, portanto, são succionados e redirecionados pela abertura da porta, chegando a penetrar nos demais ambientes. Nota-se que no último pavimento, devido à maior velocidade do fluxo de entrada pela abertura do dormitório 1, a redistribuição dos fluxos nos demais ambientes torna-se mais evidente.

No caso do dormitório 2, verifica-se que no pavimento térreo, próximo à abertura voltada para o vazio estrutural interno, não se verifica a existência de vetores que representem a entrada de ventilação. Porém, analisando o corte a 9,6m (figura 6), nota-se a presença dos vetores de velocidade considerável (aproximadamente 1,96m/s), mas, pelo direcionamento não atingem as aberturas, fazendo com que tanto no térreo, como no quarto pavimento, a ventilação do dormitório se torne insatisfatória.

4. CONCLUSÕES

Verificou-se, portanto, o efeito da tipologia do arranjo construtivo no aproveitamento da ventilação natural em espaços internos. Especificamente para o conjunto habitacional caracterizado pela formação de pátios, a análise aponta para a necessidade de adequação dos edifícios quanto ao melhor dimensionamento e localização das aberturas. O conjunto habitacional caracterizado pela malha ortogonal apresentou melhor potencial de aproveitamento devido à incidência oblíqua dos ventos predominantes de sudeste. Já o arranjo construtivo caracterizado pela malha do tipo xadrez também sob influência oblíqua dos ventos, apresentou aproveitamento reduzido dos ventos devido à formação de maiores zonas de esteira. Deve-se atentar, portanto, que a definição do tipo de implantação do arranjo deve estar coerente com o tipo de incidência dos ventos predominantes.

Conclui-se, ainda, que a escolha do tipo de arranjo construtivo a ser adotado deve apresentar minimização de áreas de esteiras de vento e evitar a formação de extensas barreiras de vento a partir da correta disposição dos edifícios. Este artifício pode ser alcançado a partir de análises qualitativas baseadas no estudo da dinâmica dos fluidos ou através de ferramentas computacionais que poderão fornecer soluções detalhadas para promover o melhor desempenho dos arranjos construtivos. A localização das aberturas e a tipologia das esquadrias também devem ser definidas de forma inteiramente criteriosa a fim de maximizar o aproveitamento dos ventos nos ambientes e compartimentos internos da edificação.

Torna-se claro, portanto, que a definição das prioridades relativas aos atributos da forma urbana e do edifício para a adequação climática dos arranjos construtivos urbanos deve ser considerada a partir da etapa elaboração do projeto urbano ou arquitetônico. Desta forma poderão ser evitados possíveis efeitos negativos como o desconforto térmico e o aumento do consumo de energia devido à utilização de equipamentos artificiais de climatização.

5. BIBLIOGRAFIA

BITTENCOURT, L.S. (1993) *Ventilation as a Cooling Resource for Warm Humid Climates: An Investigation on the Influence of Geometric Aspects of Perforated Block Walls to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings*. Londres, PhD Thesis for the Environment and Energy Studies Programme, Architectural Association Graduate School.

BITTENCOURT, L. S.; CANDIDO, C. (2005) *Introdução à Ventilação Natural*. EDUFAL, Maceió.

CHAM (2003) Computer Simulation of fluid flow, heat flow, chemical reaction and stresses in solids. *PHOENICS- Parabolic, Hyperbolic and Elliptic Numerical Integration Code Series*, v. 3.5.

GRATIA, E., A. DE HERDE (2004) How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. In *Building and environment*, fevereiro. Disponível em www.sciencedirect.com

GOULART, S. LAMBERTS, R., FIRMINO, F. (1997) *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. Florianópolis: NPC/UFSC.

LAMBERTS, MACIEL. ONO (2005). *Analysis Sol-Ar*. –Universidade Federal de Santa Catarina – LABEEE. Florianópolis. Disponível em: www.labee.ufsc.br

LEE, B. E; HUSSAIN; SOLLIMAN, B. (1980) Predicting natural ventilation FORCES UPON Low-rise buildings. In: *ASHARAE Journal*, February, p35-39.