



VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS DO “PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA”: ALERTA AOS PROJETISTAS

Juliana M. S. C. Moraes (1); Lucila C. Labaki (2)

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Tecnologia e Cidade
jumagnacosta@hotmail.com

(2) Prof. Doutora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Tecnologia e Cidade
lucila@fec.unicamp.br

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP
Cx Postal 6021, Campinas-SP, 13083-852, Tel.: (19) 3521 2384

RESUMO

A ventilação natural é uma estratégia projetual que deve ser usada sempre que possível em países de clima quente como o Brasil, pois dentre suas vantagens está o conforto térmico e a economia de energia. O uso desta estratégia deve ser priorizado principalmente em projetos destinados à população de baixa renda como é o caso dos edifícios incluídos no “Programa Minha Casa Minha Vida”- PMCMV. O objetivo deste artigo é apresentar análise de ventilação natural em projetos de edifícios do programa “Minha Casa Minha Vida” de Campinas/SP, no intuito de alertar os projetistas em geral de como pequenas decisões de projeto podem influenciar no conforto térmico dos usuários. Adotou-se a simulação computacional por meio de CFD (Computer Fluid Dynamics) como ferramenta capaz de realizar esta análise. Para tal, primeiramente realizou-se a seleção dos empreendimentos que serviram de estudo de caso e a consequente modelagem 3D destes edifícios considerando suas aberturas. Posteriormente realizou-se caracterização climática dos ventos em Campinas, para obtenção dos dados de entrada no CFD. Por fim realizou-se a simulação computacional da ventilação natural nos dois objetos de estudo escolhidos para três diferentes ângulos de incidência do vento (0°,90° e 135°). Os resultados mostraram que pequenas decisões projetuais como a correta disposição dos blocos, especificação da porta de entrada ventilada, uso de bandeiras acima das portas internas, uso de reentrâncias nas fachadas, dentre outras, podem melhorar sensivelmente a ventilação interna das unidades habitacionais, bem como o conforto térmico dos usuários destes edifícios.

Palavras-chave: ventilação natural ,CFD, minha casa minha vida.

ABSTRACT

Natural ventilation is an important design strategy for hot climates, aiming to provide thermal comfort and energy efficiency. This strategy should be a design priority especially when dealing with projects for low-income housing, as in the case of the huge housing program of the Brazilian government – Minha Casa Minha Vida (My House My Life). The aim of this work is to present results about natural ventilations in three housing buildings in the city of Campinas, SP, having in mind to alert architects about the decisions in the early design stage that can highly influence in the user’s comfort. Computer simulation using CFD (Computer Fluid Dynamics) was adopted as the main tool to perform this analysis. Two housing developments were chosen as case studies. The modeling of the five-storey buildings was performed considering all openings. Wind data for the city were analyzed to define the input data. The simulations were carried out for the three buildings for three different incidence angle of the wind (0°, 90° e 135°). Results show that small design decisions, such as the correct array of the blocks, ventilated front door, the use of persian blinds in the upper part of internal doors, some indentation in the façades, can improve significantly the indoor ventilation of the housing units and consequently user’s thermal comfort.

Keywords: natural ventilation, CFD, my house my life.

1. INTRODUÇÃO

Desde que se confirmou a crise no cenário energético mundial, a arquitetura passou a desempenhar um papel ainda mais importante, pois pode através da correta utilização de recursos naturais, oferecer aos seus usuários não somente um edifício mais confortável e saudável, como também eficiente energeticamente. Assim, o uso de estratégias passivas de resfriamento deveria ser o ponto de partida quando se visa projetos adequados a climas quentes como é o caso do Brasil. A ventilação natural é um recurso, ou ainda uma estratégia projetual, que se consolida como uma solução direta e de baixo custo, trazendo inúmeros benefícios dentre eles o conforto térmico e a eficiência energética, uma vez que os edifícios bem ventilados não necessitam de climatização artificial.

Este artigo discute o uso da ventilação natural em projetos de interesse social, especificamente aquelas que estão inseridas no programa do governo federal denominado “Programa Minha Casa Minha Vida” - PMCMV. Para entender melhor esta escolha, quando se estuda a história da Habitação de Interesse Social no Brasil, constata-se que o déficit habitacional do nosso país sempre foi muito grande, e que desde a “era Vargas”, o Estado tem tentado suprir este déficit através de programas de auxílio à moradia para a população mais carente (BRUNA, 2010). Assim foi com o extinto Banco Nacional da Habitação- BNH e tantos outros. Porém, em 2009, o então presidente Luís Inácio Lula da Silva, lançou o PMCMV que tem uma grande abrangência social, oferecendo subsídios para famílias de baixa renda para aquisição da tão sonhada “casa própria”. O PMCMV encontra-se em sua segunda fase (2010 à 2014) , anunciada pela presidente Dilma Rousseff, com nova meta de construção de 2,4 milhões de moradias em todo o país. Portanto avaliar a qualidade destes projetos é importante, uma vez que a população a qual se destinam estas construções não pode pagar por erros cometidos em projeto no tocante à ventilação natural.

Mesmo sabendo que cada região do Brasil faz parte de um mesoclima com especificidades que determinam características de projeto diferenciadas, o que ocorre na prática é que os projetos deste tipo de habitação no país são repetidos em várias localidades. Isto acontece, sobretudo por parte das empresas executoras que utilizam o mesmo projeto arquitetônico numa obra seja em Campinas/SP ou em Fortaleza/CE. Outra questão é que visando a maior obtenção de lucros por parte das empresas executoras, os blocos são implantados nos lotes quase que aleatoriamente, considerando apenas objetivo final de locar o máximo número possível de blocos por gleba. Com isso, são esquecidos requisitos tão importantes como a implantação mais eficiente do bloco frente ao vento dominante, o que confirma que a ventilação natural não é tratada como item de prioridade nestes edifícios.

Nesse trabalho verifica-se a qualidade de duas tipologias arquitetônicas usadas no PMCMV do ponto de vista da ventilação natural interna nos apartamentos. Os resultados indicam que é possível projetar futuras edificações de interesse social, que ofereçam mais conforto térmico aos usuários sem aumentar o consumo de energia elétrica, apenas usando a ventilação natural de forma mais eficiente.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar análise de ventilação natural por meio de simulação computacional em projetos de edifícios do programa “Minha Casa Minha Vida” no intuito de alertar os projetistas em geral sobre decisões de projeto que podem influenciar na ventilação interna e consequentemente no conforto térmico dos usuários.

3. MÉTODO

O método adotado para essa pesquisa está dividido em três etapas principais:

1. Seleção e caracterização dos estudos de caso em Campinas/SP
2. Caracterização dos ventos em Campinas/SP
3. Simulação computacional da ventilação natural usando CFX

3.1. Seleção e caracterização dos estudos de caso em Campinas/SP

O PMCMV chegou a Campinas no ano de 2009. No ano seguinte, o panorama de construções aprovadas pelo programa nesta cidade já era considerado muito grande. No intuito de esclarecer o andamento do programa, a Prefeitura Municipal introduziu na sua página da internet todas as informações sobre o PMCMV, tais como terrenos disponíveis, projetos aprovados, data provável de entrega, dentre outras.

O principal critério para seleção dos empreendimentos foi a abrangência social (por isso optou-se por edificações multifamiliares), sendo assim, foram selecionados empreendimentos que tivessem aproximadamente 2 mil unidades habitacionais e que estivessem na faixa salarial de 0 a 3 salários mínimos, a

qual corresponde à população de baixa renda. Outro fato levado em consideração foi a escolha de empreendimentos que tivessem seus projetos já aprovados pela Prefeitura de Campinas, pelo simples fato de serem avaliados edifícios que já estão sendo usados pela população. Por fim foram selecionados edifícios com tipologias arquitetônicas diferentes, que resultam em plantas e volumetrias também distintas. Neste artigo serão comparados dois estudos de caso.

O estudo de caso 1, denominado Jardim Bassoli, está localizado no conjunto residencial Parque São Bento (Figura 1), na macrorregião Sudoeste de Campinas. Este empreendimento possui um total de 2.380 unidades habitacionais distribuídas em 119 blocos. Sua planta de pavimento tipo, mostrada na Figura 2, é do tipo “H”, tipologia bastante usada no país desde a época dos Institutos de Aposentadorias e Pensões- IAP’s. Cada bloco possui cinco pavimentos (sendo o térreo o primeiro deles). A obra foi concluída em 2011.



Figura 1: Fotografia aérea da gleba onde se localiza o estudo de caso 1. Fonte: www.googlemaps.com.br

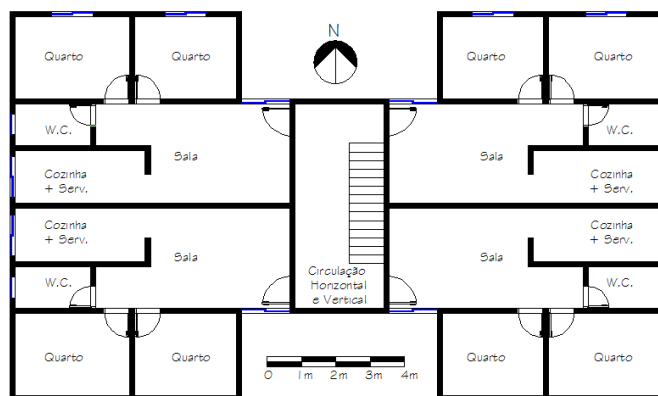


Figura 2: Planta Baixa do pavimento tipo do estudo de caso 1.

O estudo de caso 2, denominado Residencial das Águas, localiza-se na macrorregião Sul da cidade às margens da rodovia Anhanguera SP330 (Figura 3). O empreendimento total apresenta 2120 unidades habitacionais distribuídas em 53 blocos, resultando em oito unidades habitacionais por pavimento, como mostra a Figura 4. Esta construtora habitualmente constrói blocos conjugados dois a dois com parede geminada, o que é uma tendência atual deste mercado devido à vantagem de ganhar mais espaço na gleba para acomodar mais blocos. O resultado final é um edifício bastante alongado com duas fachadas monolíticas dotadas de pequena reentrância e duas fachadas menores com reentrância considerável.



Figura 3: Fotografia do estudo de caso 2. Fonte: www.googlemaps.com.br

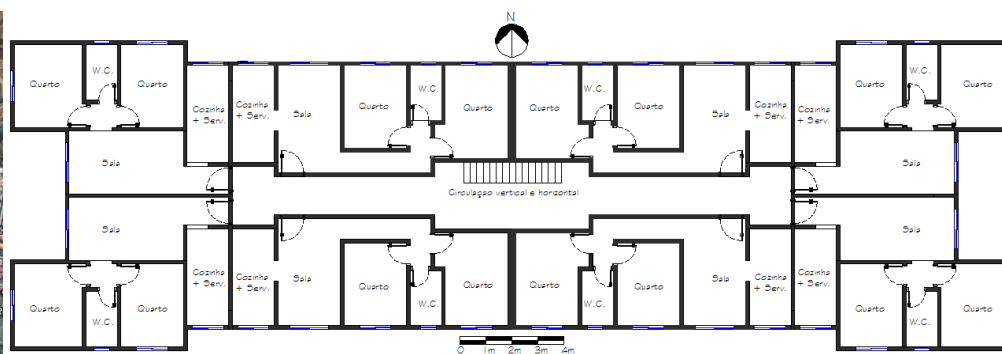


Figura 4: Planta Baixa do pavimento tipo do estudo de caso 2

3.2. Caracterização dos ventos em Campinas/SP

A caracterização de ventos se fez necessária, pois se precisava criar um cenário próximo à realidade nas simulações computacionais. A estação utilizada pertence ao posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas- IAC, localizado na Fazenda Santa Elisa ((latitude de 22°53' S; longitude de 47°5' W; altitude de

664 m). Este posto localiza-se numa zona próxima a um dos empreendimentos estudados (estudo de caso 2) e com características de rugosidade similar a dos empreendimentos (ou seja, região suburbana).

Para tal caracterização foram enviados pela estação dados de velocidade do ar a 2m de altura e a 5m de altura, além da direção do vento. Os dados enviados são diários e horários, abrangendo um período de nove anos consecutivos (de 2001 a 2010). A fim de utilizar dados de vento à uma altura de 10m (altura padrão para este tipo de medição), utilizou-se para corrigir os dados, a equação logarítmica de perfil do vento, dada na Equação 1.

$$V_{(z)} = V_{(z_{ref})} \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)}$$

Equação 1

Onde:

$V_{(z)}$ = velocidade na altura desejada;

z = altura desejada (no caso, 10m);

$V_{(Z_{ref})}$ = velocidade na altura de referência (utilizou-se altura de 2m);

z_0 = Rugosidade da região (usou-se 0,5m para áreas de subúrbios).

Corrigidos os valores de velocidade do ar para 10m de altura, procedeu-se a determinação das direções predominantes dos ventos e a conseqüente velocidade média representativa de cada direção. A Figura 5 mostra os intervalos que foram considerados como sendo de cada direção no banco de dados. Em Campinas verificou-se que a direção predominante é Sudeste com velocidade média representativa de 3,59m/s seguida da direção Norte, com velocidade média de 2,64m/s.

Assim, decidiu-se simular as direções 0° (usou-se banco de dados direção Norte), 135° (banco de dados da direção Sudeste) e 90° (usou-se banco de dados do vento Leste velocidades médias de 2,17 m/s), pois a intenção é mostrar aos projetistas o comportamento da ventilação interna destas tipologias em pelo menos três diferentes incidências de vento em relação à geometria dos edifícios (que são simétricos). Assim o projetista pode entender o que ocorre nas demais orientações, como mostra a Figura 6.

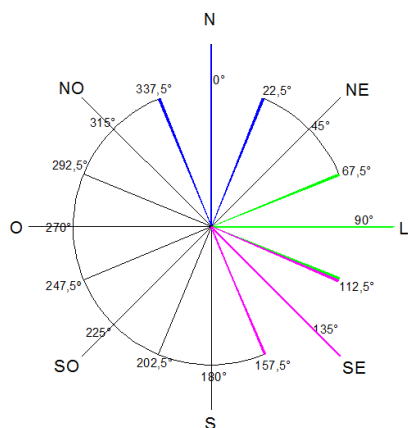


Figura 5: intervalos de valores de direção registrados pela estação IAC considerados no banco de dados

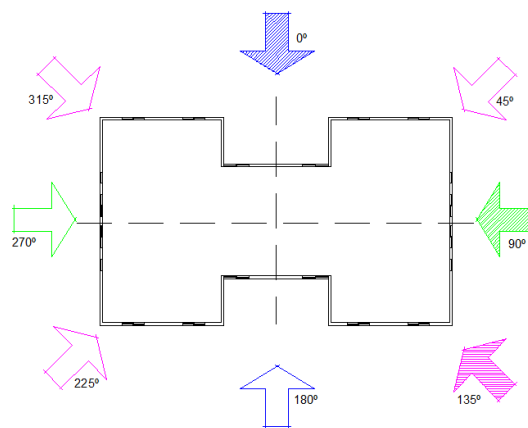


Figura 6: esquema gráfico indicativo da implantação do edifício diante dos ventos simulados de 0°, 90° e 135°.

Sendo assim os valores de velocidade média e direções foram usados nas simulações apenas para se tentar reproduzir um cenário de ventilação externa ao edifício próximo a uma realidade existente – no caso escolheu-se a cidade de Campinas. No entanto as análises podem ser consideradas para outras localidades desde que se entenda a posição do bloco em relação ao vento dominante local e, que se considerem os valores de velocidade média do mesmo.

3.3. Simulação computacional com ANSYS/CFX

Para a referida pesquisa utilizou-se o CFX 13.0 produzido pela empresa ANSYS. Este software encontra-se devidamente licenciado no Laboratório de Pesquisa em Processos Químicos e Gestão Empresarial- PQGe,

que pertence ao Departamento de Tecnologia de Processos vinculado a Faculdade de Engenharia Química-FEQ da Unicamp. Através de contatos com o responsável pelo referido laboratório, o PQGe ofereceu todo o suporte necessário ao desenvolvimento deste artigo. As simulações foram executadas por um “cluster” computacional com 90 nós de processamento de 3GHz .

O ANSYS-CFX compõe-se de quatro módulos nos quais podem ser executadas etapas da simulação que vão desde a confecção do modelo até o tratamento dos resultados. Segundo Leite (2010) inicialmente no *pré-processing*, desenvolve-se o modelo a partir da construção da geometria (*geometry*) e determinação do domínio, dando origem ao modelo a ser adaptado no ANSYS ICEM CFD, um módulo do CFX vendido separadamente que é fundamental, pois serve para a parametrização e elaboração da malha (*mesh*) que definirá os pontos a serem calculados. Em seguida, no *CXF-Pre*, acontece a definição do regime da simulação, equações a serem utilizadas para cálculo, as condições iniciais, as condições de contorno (*initial e boundary conditions*) e o modelo de turbulência (*turbulence model*). A simulação propriamente dita é calculada no *CFX-Solver* e os resultados são visualizados através de imagens tridimensionais do modelo, gráficos ou tabelas no *CFX-Post*.

3.3.1. Confecção dos modelos

Juga-se importante esclarecer sobre a etapa da confecção dos modelos tridimensionais (Figura 7). Utilizou-se o software mais conhecido dentre os projetistas, o AutoCAD. Brandão (2009) recomenda que sejam utilizados os comandos *extrude*, *union*, *subtract* para confeccionar o modelo tridimensional no CAD. Esta informação é importante, pois os objetos precisam ser compreendidos como sólidos no ICEM CFD. Nos três modelos utilizou-se a altura de parede de 2,4m com laje de 10cm- como os modelos tem 5 pavimentos (térreo +4)- os volumes resultaram numa altura total de 12,5m¹. Nestes modelos todas as janelas foram consideradas abertas assim como as portas internas, com exceção da porta de entrada do apartamento, que por questões de privacidade/segurança normalmente permanecem fechadas.

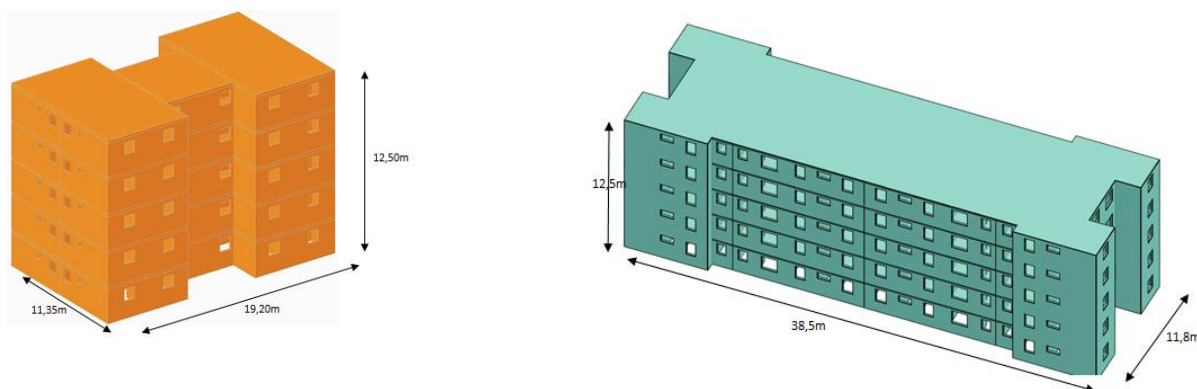


Figura 7: Visualização do modelos tridimensionais do estudo de caso 1e 2 respectivamente, gerados no AutoCAD.

Apenas aberturas efetivas para ventilação foram consideradas nas janelas. Ou seja, nas cozinhas, quartos e salas, onde o tipo de esquadria utilizado é janela de correr, considerou-se apenas 50% do tamanho da esquadria. Já nos banheiros, o tipo de esquadria utilizada é basculante com abertura total, então a área efetiva de abertura é igual à área da janela. A Tabela 1 mostra as aberturas efetivas em cada modelo.

Tabela 1– Aberturas efetivas usadas na confecção dos modelos.

Dimensões de área efetiva (m)		
ambientes	caso1	caso2
Sala	0,7 x 1,2	0,75 x 1,2
Cozinha + serv	0,6 x 1,2	0,6 x 1,0
WC	0,6 x 0,6	0,6 x 0,6
Quartos	0,6 x 1,2	0,6 x 1,2

¹ Esta informação foi obtida através do projeto completo obtido na construtora de um dos três empreendimentos.

O próximo passo foi a definição do domínio. Como o objetivo é avaliar a ventilação interna do edifício, utilizou-se um domínio cúbico. Esta decisão deu agilidade às simulações uma vez que mudando as coordenadas vetoriais do vento incidente (direção e velocidade de referência), é possível fazer uma nova simulação utilizando a mesma malha e o mesmo modelo.

Quanto à malha, os principais parâmetros seguiram padrões estabelecidos em outras simulações computacionais de ventilação natural (PRATA, 2005; FIGUEIREDO, 2007; LEITE, 2010). Utilizou-se a malha estruturada tetraédrica em função de sua menor complexidade computacional e tempo de simulação, além de que, se ajusta melhor a geometrias complexas. Houve refinamento nas Parts CHAO e PREDIO onde o tamanho máximo do tetraedro foi de 0,3m.

No *CFX-Pre* as condições iniciais seguiram o padrão indicado pelo CFX para este tipo de simulação, apenas ressalta-se a escolha do modelo de turbulência. Utilizou-se o modelo de turbulência híbrido conhecido pela sigla SST que reúne dois tipos de modelos: o $k-\epsilon$ (k-Epsilon), que é mais usado para escoamentos externos e o $k-\omega$ (k-ômega), o qual é mais usado em escoamentos confinados ou junto às paredes. Esta decisão deu-se em função do objetivo geral que visa à ventilação interna dos edifícios escolhidos como estudos de caso.

As condições de contorno são um conjunto de parâmetros aplicados às *parts* do domínio, que interferem diretamente no escoamento. Estas condições estão descritas em Cost, 2004. No domínio, uma das faces é definida como entrada de vento (INLET), onde se atribui uma velocidade que reproduz o vento a ser modelado. É importante que a variação da velocidade do vento com a altura seja considerada. Neste artigo utilizou-se a equação de perfil logarítmico do vento, mencionada anteriormente na Equação 1.

No *CFX-Post*, foram gerados três planos horizontais: Plano 1, 2 e 3, localizados respectivamente a 1,5m, a 6,5m e a 11,5m do solo. Essas alturas foram escolhidas por corresponderem à altura de zona de respiração humana (em média 1,5m acima do piso) do primeiro, terceiro e quinto pavimentos. Além de recursos de análise qualitativa do fluxo de ar interno, como é o caso de visualização por meio de vetores, utilizou-se ferramenta denominada *Isoclips*, que corresponde a um corte na simulação segundo parâmetros do domínio (distâncias nos eixos x e y) fornecidos pelo usuário. Criada a *Isoclip*, o usuário pode obter informações sobre diversas variáveis (como velocidade do ar, temperatura, pressão) tendo por base cálculos realizados nos nós da malha tetraédrica localizados naquele local. Esta ferramenta foi muito importante, pois permitiu a obtenção dos valores de **velocidade média** do ar em cada ambiente nos três planos em questão se aproximando assim da metodologia proposta por Givoni (1962).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para 3 direções de vento incidente: 0° (vento Norte), 90° (vento Leste), incidência de vento oblíqua à 135° (vento Sudeste). Como os edifícios estudados são simétricos, estas três incidências de vento fornecem uma idéia muito clara do que ocorre nas orientações opostas, dando ao projetista um panorama geral de quando ele posiciona a edificação de oito maneiras em relação ao vento incidente (0°,45°,90°,135°,180°, 225°,270°,315°).

Os resultados referem-se a análises qualitativas obtidas em imagens vetoriais do fluxo de ar e quantitativas baseadas nas velocidades médias encontradas em cada cômodo registradas nas *Isoclips*. Para estas análises de velocidades médias estabeleceu-se uma escala de valores relacionados ao conforto térmico (Figura 8). Esta escala foi desenvolvida com base no trabalho de Cândido et al (2010).

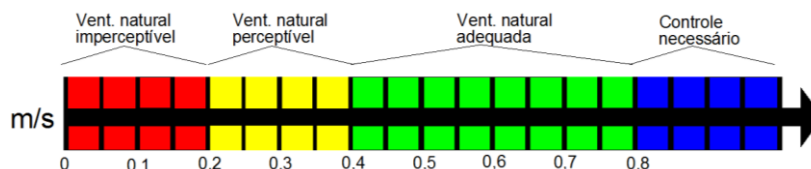


Figura 8: escala quantitativa cromática de velocidades médias do ar encontradas nos cômodos

Os resultados que serão apresentados a seguir foram obtidos da seguinte maneira: realizou-se classificação cromática das velocidades médias de cada ambiente para as três alturas de pavimento estudadas (primeiro, terceiro e quinto pavimentos). A seguir foram obtidos os diagramas finais sempre representando dois dos três resultados encontrados. Ou seja, se na sala, no primeiro pavimento a velocidade média encontrada ficou na categoria amarela, e no terceiro e quinto ficou verde, neste diagrama representou-se a cor verde para sala. Assim é possível dar um panorama geral do desempenho da tipologia por direção de vento incidente.

4.1 Estudo de caso 1

Com vento incidente a 0° (Figura 9) o fluxo de ar que percorre os apartamentos a barlavento (ap1 e ap2) entra pela abertura da sala –posicionada na grande reentrância- e usa as aberturas da cozinha e banheiro como saída. Este sentido de percurso, onde o ar entra por uma zona seca e sai por zonas de áreas molhadas, responsáveis pela grande produção de odores, é considerado correto e deve ser buscado sempre que possível pelos projetistas. Porém nos demais apartamentos, ap3 e ap4 - os quais se localizam à sotavento- apesar do mesmo sentido do fluxo, os valores de velocidades médias são baixíssimos como mostra a Figura 10.

Para incidência à 90° (Figura 11), a eficiência da ventilação fica totalmente concentrada nos ambientes que possuem abertura direta para esta posição (cozinhas e banheiros), funcionando como entrada de ar (zona de pressão positiva) e na sala por ter abertura que funciona como saída de ar (localiza-se numa zona de pressão negativa). Ou seja, nestes apartamentos o vento vai da cozinha para a sala estando os quartos sem ventilação, como mostra a Figura 12. A simples adoção de outra abertura ou mesmo do deslocamento da abertura de um dos quartos para a fachada de vento incidente mudaria este resultado.

Já na incidência à 135° (Figura 13) identifica-se um maior incremento da ventilação nos apartamentos 2 e 4 e deficiência nos apartamentos 1 e 3 (Figura 14). No apartamento 4 além de ser ótima a ventilação em todos os ambientes, ela ocorre no sentido correto, contrariamente ao apartamento 2.

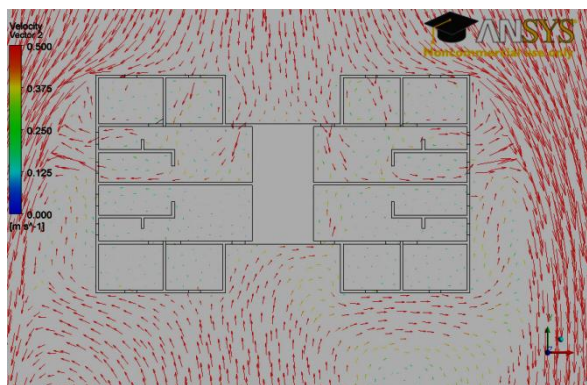


Figura 9: imagem de vetores no estudo de caso 1 no plano correspondente ao terceiro piso. Vento incidente 0° .

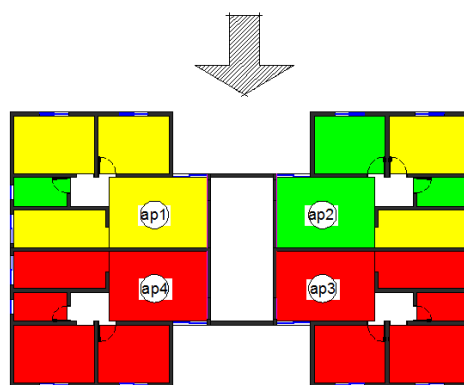


Figura 10: escala cromática de velocidades médias no estudo de caso 1 para vento incidente 0° .

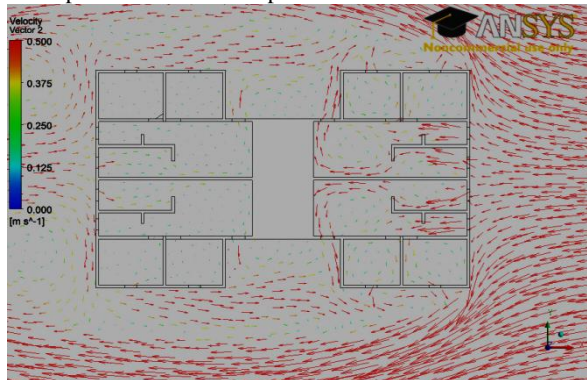


Figura 11: imagem de vetores no estudo de caso 1 no plano correspondente ao terceiro piso. Vento incidente 90° .

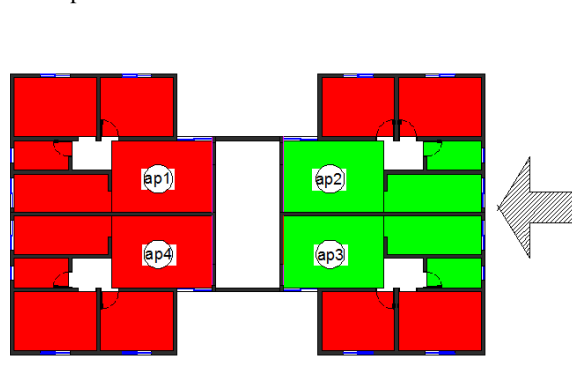


Figura 12: escala cromática de velocidades médias no estudo de caso 1 para vento incidente 90° .

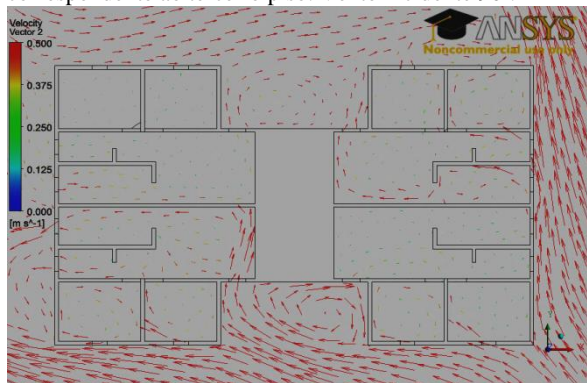


Figura 13: imagem de vetores no estudo de caso 1 no plano correspondente ao terceiro piso. Vento incidente 135° .

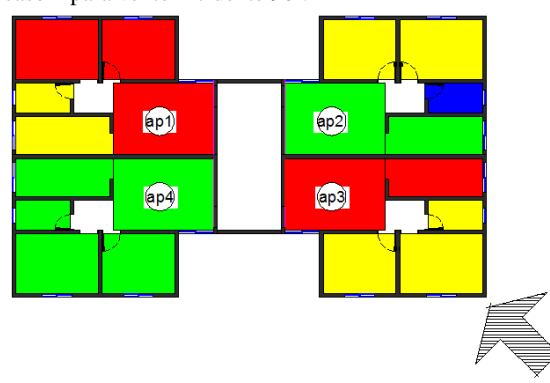


Figura 14: escala cromática de velocidades médias no estudo de caso 1 para vento incidente 135° .

4.2. Estudo de caso 2

Para ventos a 0° (Figura 15), apenas os apartamentos de canto (ap1 e ap4), apresentam ventilação regular, pois as aberturas de cozinha e quartos servem de entrada e a abertura da sala posicionada na grande reentrância serve como saída de ar. Os demais apartamentos, por estarem suas aberturas todas voltadas para a mesma fachada, sob a mesma pressão do vento, não apresentam ventilação cruzada (Figura 16). Isto é uma demonstração de que, para uma ventilação eficiente, há que se ter diferença de pressão nas aberturas. Neste caso, a geometria do edifício contribuiu decisivamente para estes resultados.

O mesmo pode ser observado para incidência à 90° (Figura 17), onde dos 8 apartamentos, apenas 2 apresentaram ventilação natural cruzada (Figura 18).

A 135° a situação melhora um pouco (Figura 19), para os apartamentos do centro à barlavento pois há incremento de diferença de pressão nas aberturas, mas nada significativo para conforto térmico. Os melhores resultados são nos apartamentos de esquina, 4 e 8. No apartamento 4 o sentido da ventilação acontece de forma desejável (da sala para quartos e cozinha), já no apartamento 8 ocorre sentido inverso (ventilação vinda da cozinha para sala) o que deve ser evitado pelo projetista (Figura 20).

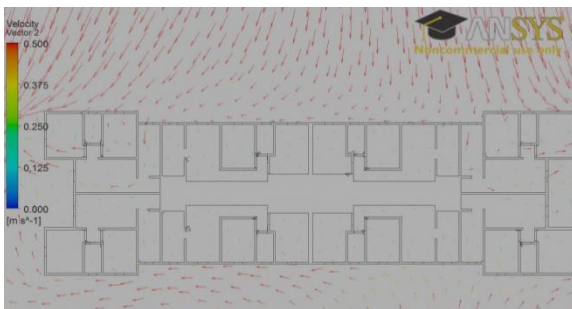


Figura 15: imagem de vetores no estudo de caso 2 no plano correspondente ao terceiro piso. Vento incidente 0° .



Figura 17: imagem de vetores no estudo de caso 2 no plano correspondente ao terceiro piso. Vento incidente 90° .

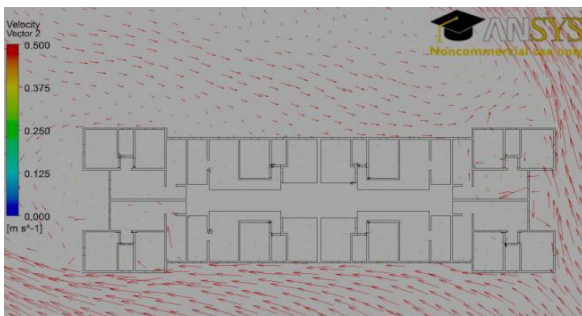


Figura 19: imagem de vetores no estudo de caso 2 no plano correspondente ao terceiro piso. Vento incidente 135° .

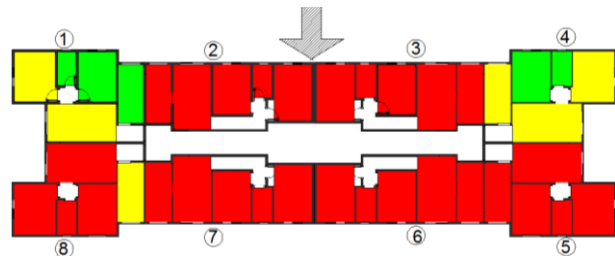


Figura 16: escala cromática de velocidades médias no estudo de caso 2 para vento incidente 0° .

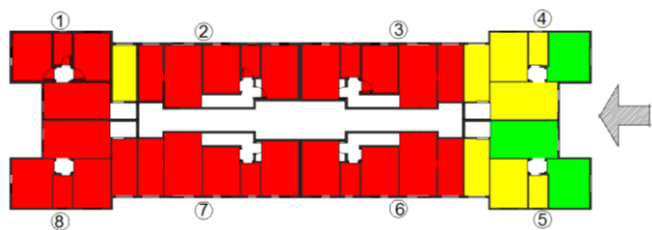


Figura 18: escala cromática de velocidades médias no estudo de caso 2 para vento incidente 90° .



Figura 20: escala cromática de velocidades médias no estudo de caso 2 para vento incidente 135° .

4.3. Comparação entre os estudos de caso 1 e 2

Para comparar as duas tipologias realizou-se tratamento estatístico do banco de dados das velocidades médias em todos os ambientes nas três alturas de pavimento e nas três direções de vento dominante. A análise foi realizada com auxílio do software estatístico R (versão 12.2.0).

Os resultados expostos na figura 21 mostram que, no estudo de caso 1, os quartos apresentaram os piores resultados independentemente da direção do vento incidente, contrariamente ao que ocorreu com cozinhas e banheiros. O fato dos dois quartos estarem posicionados lado a lado e sobretudo com aberturas para a mesma fachada contribuiu negativamente para a ventilação interna destes cômodos.

A Figura 22 mostra o desempenho dos cômodos do estudo de caso 2, o qual oscila de acordo com o vento incidente. Neste resultado deve-se ressaltar que o desempenho dos apartamentos do canto foi superior ao dos apartamentos do centro do edifício, os quais praticamente não tiveram ventilação em nenhuma das direções. Porém observa-se no gráfico que, os apartamentos localizados no centro do edifício- os quais correspondem a 50% dos apartamentos- têm um peso muito grande na média final.

A Figura 23 mostra o desempenho das duas tipologias quanto à altura do pavimento. O Bassoli (estudo de caso 1) registra praticamente um empate nas médias encontradas no terceiro e quinto pavimentos. Já o Resaguas (estudo de caso 2) apresenta desempenho inferior e praticamente indiferente por pavimento.

Por fim, quando se comparam as duas tipologias (Figura 24) verifica-se que a tipologia do estudo de caso 1 é melhor que o estudo de caso 2 nos três diferentes ângulos de vento dominante. A geometria do edifício associada ao posicionamento das aberturas concorreu decisivamente para este resultado. Edifícios muito longilíneos e com fachadas monolíticas (sem reentrâncias) apresentam ventilação interna deficiente.

Em relação ao posicionamento ou orientação do bloco frente ao vento dominante, destacam-se os resultados do vento a 135°. Este resultado foi ajudado pelo fato de ser o maior valor de velocidade média. Entre os ventos a 0° e 90° não ficou comprovada diferença estatística significativa. Então para as duas tipologias apresentadas, indica-se implantação oblíqua em relação ao vento dominante.

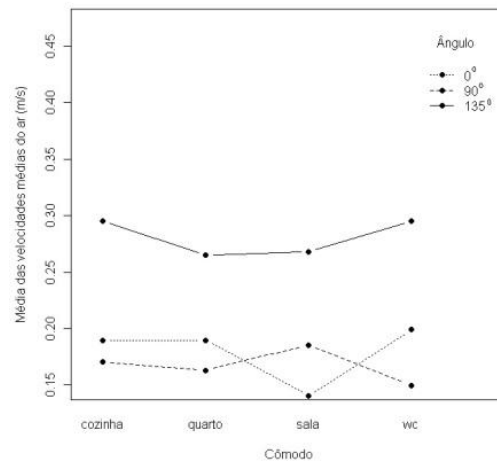
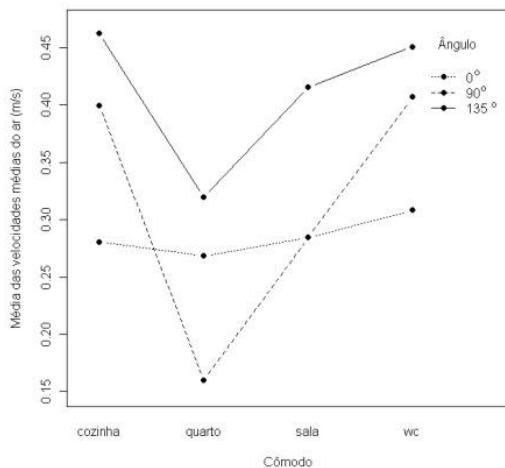


Figura 21: médias finais direção x cômodo do estudo de caso 1- Bassoli.

Figura 22: médias finais direção x cômodo do estudo de caso 2- Resaguas.

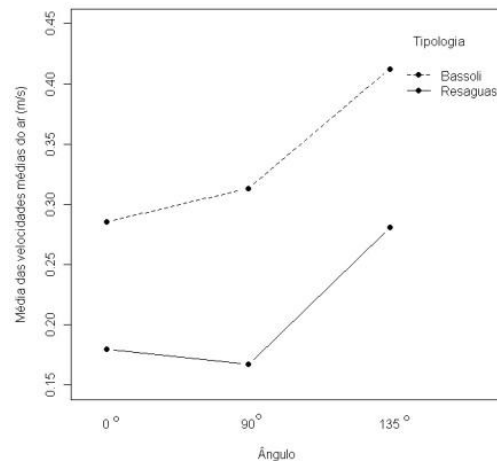
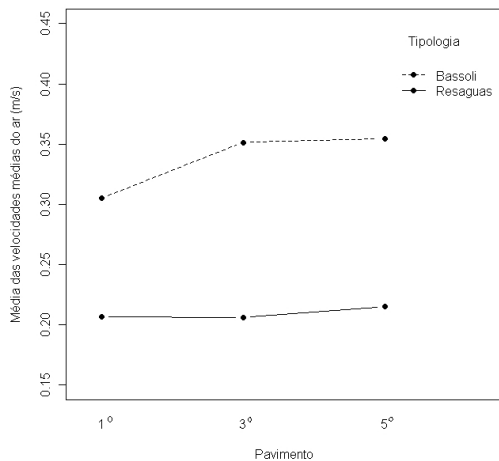


Figura 23: médias finais altura pavimento x tipologia.

Figura 24: médias finais direção do vento x tipologia.

5. CONCLUSÕES

Nos dois edifícios estudados a simetria formal compromete a eficiência das unidades habitacionais. Por isso o arranjo das unidades habitacionais deve ser projetado e posicionado de acordo como sentido do vento dominante, o que não foi observado nestes dois exemplos.

O fato da porta de entrada permanecer fechada aliado à ausência de ventilação no hall comum do pavimento, condiciona a existência da ventilação cruzada apenas à posição das aberturas externas dos ambientes. Portanto a especificação de porta ventilada bem como de bandeiras nas portas internas deveria ser um recurso usado pelos projetistas para melhoria da ventilação interna.

A altura do pavimento não apresentou grande influência nos resultados, ao contrário do que se esperava, em contrapartida, a geometria do edifício aliada ao posicionamento das aberturas tiveram papel decisivo. Aquela antiga discussão teórica sobre se a forma deve determinar a função ou vice-versa, ganha uma nova variável uma vez que a geometria final do edifício apresenta grande impacto na ventilação natural dos apartamentos.

Quanto à configuração interna, verificou-se que principalmente os quartos, quando posicionados lado a lado com aberturas para a mesma fachada, mostraram resultados piores que outros com aberturas posicionadas em fachadas diferentes. Isto pode facilmente ser resolvido pelo projetista.

O sentido do fluxo de ar deve partir sempre de zonas secas para zonas molhadas, como cozinhas e banheiros. Áreas molhadas devem ser posicionadas sempre que possível na zona de pressão negativa, ou saída de vento, para que não contaminem outros ambientes.

Do ponto de vista formal, as reentrâncias do edifício são benéficas, pois ajudam na promoção da diferença de pressão nas fachadas e promovem a ventilação cruzada. Por isso a planta “H” do estudo de caso 1 apresentou melhores resultados que a planta retangular do estudo de caso 2. Assim deve-se evitar fachadas retas e monolíticas, sobretudo muito alongadas, pois promovem apenas ventilação unilateral nos apartamentos.

Quanto à orientação, percebe-se que para ventos incidentes ortogonais (0°, 90°, 270° e 180°) o número de apartamentos beneficiados corretamente pela ventilação é menor que em incidência de ventos oblíquos.

A orientação de 135° e suas variantes (45°, 225° e 315°) se mostraram melhores para as tipologias estudadas. Portanto, posicionar os blocos de maneira que recebam o vento dominante em diagonal é uma maneira simples de melhorar a eficiência da ventilação interna no caso dos edifícios estudados.

Percebe-se que estes fatores descritos anteriormente podem ser facilmente corrigidos ainda na fase de projeto. Portanto o uso da simulação computacional por meio de CFD para predição da ventilação natural comprovou-se eficaz. Estudos futuros se fazem importantes principalmente para verificar a influência do entorno na ventilação interna dos blocos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, R. S. *As Interações espaciais urbanas e o clima*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2009.
- BRUNA, P. *Os primeiros arquitetos modernos: Habitação Social no Brasil 1930-1950*. São Paulo: EdUSP, 2010.
- CANDIDO C, LAMBERTS R., BITTENCOURT L., DEAR R.. *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.
- COST Action 14: *Recommendations on the use of CFD in predicting Pedestrian Wind Environment*. Bruxelas: COST, 2004.
- FIGUEIREDO, C.M. *Ventilação natural em edifícios de escritórios na cidade de SP: limites e possibilidades do conforto térmico*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2007.
- GIVONI, B. *Basic study of ventilation problems in houses in hot countries*. Israel: Building Research Station of the Institute of Technology, 1962.
- LEITE, R. V. *Fortaleza: terra do vento. A influência da mudança nos padrões de ocupação do solo sobre a ventilação natural em cidade de clima tropical úmido*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2010
- PRATA, A. R. *Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org>>.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a CAPES pela bolsa de estudo de Doutorado.