2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DA VENTILAÇÃO NATURAL ATRAVÉS DE CFD: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO BANCÁRIOS, JOÃO PESSOA/PB[1]

ARAÚJO, Renato Régis Pinheiro Medeiros de (1); MORAIS, Juliana Magna da Silva Costa (2)

(1) Universidade Federal da Paraíba – UFPB, renato.regis@estudantes.ufpb.br
(2) Universidade Federal da Paraíba – UFPB, juliana.costa@academico.ufpb.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a ventilação natural em frações urbanas do bairro Bancários, na cidade de João Pessoa/Brasil, através do uso da dinâmica dos fluidos computacional (CFD). Para isso, foram caracterizadas e executadas simulações de ventilação que analisam a direção predominante do vento na cidade no software ANSYS CFX, com base no volume de edifícios mapeados e sua conjugação no tecido urbano. Nas duas áreas diagnosticadas, é indicada uma redução significativa na velocidade do fluxo de ar. Essa conjunção desfavorece as casas baixas e o espaço público em termos de condicionamento ambiental. Percebe-se também que em um dos cenários a conformação das ruas favorece a canalização do vento, potencializada pela praça e lotes vazios no centro do bairro.

Palavras-chave: *Ventilação natural. Simulação computacional. Fluidodinâmica computacional (CFD).*

ABSTRACT

This work aims to analyze natural ventilation in urban fractions of the Bancários neighborhood, in the city of João Pessoa/Brazil, through the use of computational fluid dynamics (CFD). Ventilation simulations were characterized and executed in ANSYS CFX software, according to the predominant wind direction in the city and the volume of mapped buildings and their combination in the urban space. In both diagnosed areas, a significant reduction in airflow speed is indicated. This conjunction disfavors low houses and public space in terms of environmental conditioning. It is also noticed that in one of the scenarios the conformation of the streets favors the channeling of the wind, enhanced by the square and empty lots in the center of the neighborhood.

Keywords*: Natural ventilation. Computacional simulation. CFD.*

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a cidade de João Pessoa/PB tem experimentado um rápido processo de verticalização. Segundo Andrade (2017) este processo contemporâneo

[1] ARAÚJO, Renato Régis Pinheiro M.; MORAIS, Juliana M. S. C. Análise da ventilação natural através de CFD: estudo de caso no bairro Bancários, João Pessoa/PB. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

foi prescindido por três outras fases: a primeira, marcada pela construção dos primeiros edifícios altos no bairro do Centro (entre as décadas de 1950 e 1970); a segunda, com a expansão da cidade para o litoral (estendendo-se até 2005); e, por fim, a terceira fase – em curso – que tem como característica os esforços especulativos pela difusão desse processo, que passou a alcançar bairros de índices socioeconômicos medianos, como Mangabeira e Bancários. Este último bairro é o cenário escolhido para análise nesta pesquisa. O processo de transformação da morfologia urbana (que em João Pessoa são o espraiamento e a verticalização) modifica a dinâmica natural da ventilação, podendo favorecer algumas áreas e desfavorecer outras.

A ventilação natural é um fenômeno caracterizado pela movimentação do ar sem a indução de nenhum sistema mecânico, e, sobretudo no ambiente urbano, é uma das variáveis que contribuem para o conforto térmico tanto no nível do solo como no interior das edificações. Além de renovação do ar, a ventilação natural retira por convecção a carga térmica acumulada nos ambientes, diminuindo desconforto térmico dos usuários – sobretudo em climas quentes e úmidos, como o de João Pessoa.

Sendo assim, o objetivo geral desta pesquisa é realizar análise de ventilação natural em frações urbanas do bairro Bancários na cidade de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, Brasil (Figura 1), através do uso da fluidodinâmica computacional (CFD).

Figura 1 – Mapa de localização (Brasil, Paraíba, João Pessoa e bairro Bancários)

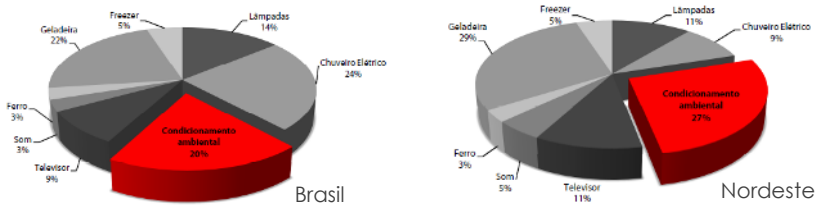


Fonte: Elaborado pelos autores no *software QGIS*

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de modificação da morfologia urbana "através da incorporação cada vez maior de edifícios compromete a porosidade ao vento e redireciona as correntes de ar" (LEITE, 2015, p. 47). Quando não se permite a boa circulação de vento entre as edificações, todos esses fatores exercem influência direta no conforto higrotérmico dos usuários. Em climas quentes e úmidos, como o de João Pessoa, situada na Zona Bioclimática 8 (ABNT, 2005), as principais estratégias bioclimáticas são sombreamento e aproveitamento da ventilação natural. Isto é de extrema importância, pois, de acordo com Barbirato, Souza & Torres (2016), quando as condições para o conforto térmico do usuário não estão satisfeitas, este tende ao subterfúgio da climatização artificial (ventilador e ar-condicionado, por exemplo), contribuindo para a elevação dos gastos com energia elétrica. Em 2007, esse gasto representava 27% do consumo de eletricidade na Região Nordeste (Figura 2), acima dos 20% da média nacional (ELETROBRÁS, 2007), podendo hoje o cenário ser ainda mais dramático.

Figura 2 – Consumo elétrico residencial no Brasil e na Região Nordeste em 2007



Fonte: ELETROBRÁS, 2007

A ventilação natural pode ser investigada através de diversas ferramentas tradicionais, tais como como túnel de vento e a mesa d'água, no entanto, estas exigem a manufatura de maquetes físicas – e acesso à aparatos específicos. Com o avanço da tecnologia computacional, foram desenvolvidos *softwares* para simulações fluidodinâmicas: os chamados CFD's (Computer Fluid Dynamics). Trata-se de um sistema preciso de simulação numérica de processos físicos de escoamento dos fluídos, como é o caso da ventilação natural. Estes *softwares* evitam a confecção dos modelos físicos, sendo substituídos por modelos digitais, no entanto, requerem um conhecimento específico do usuário, além de uma considerável capacidade computacional. Apesar disso, essas ferramentas, como o *ANSYS CFX* que foi usado nesta pesquisa, destacam-se como poderosas aliadas em estudos de ventilação natural no mundo todo, sendo considerada uma ferramenta aceita pela comunidade científica (PRATA, 2005; LEITE, 2015; MORAIS, 2013).

3 MÉTODO

3.1 Seleção e caracterização do bairro e dos trechos estudados

A escolha deste bairro se deu pelo seu caráter residencial, que ainda permanece desde sua criação, em 1978, servindo de apoio e moradia a muitos estudantes e funcionários do Campus da Universidade Federal da Paraíba. Conforme plano diretor da cidade de João Pessoa, boa parte do bairro está situado na Zona Residencial 3 (ZR3), sendo limitada à altura das edificações em até quatro pavimentos, o que impulsiona construções deste tipo no bairro.

Apesar do uso do solo ser predominantemente residencial, atualmente dispõe de uma grande variedade de atividades, como comercio e serviços. O bairro é dotado de equipamentos de grande porte, como shoppings e supermercados, além de parte do Campus I da UFPB, que atraem grandes investimentos para a área, aumentando a especulação imobiliária e, consequentemente, o aumento da verticalização. Possui duas praças na avenida principal do bairro, no entanto, pouco arborizadas. Quanto ao recobrimento de vias, apenas as vias coletoras são asfaltadas, sendo as ruas locais com calçamento. De acordo com o IBGE (2012), 11.863 pessoas residiam no bairro e o número de habitações chegava 4.072, um valor 47,3% maior se comparado censo demográfico anterior.

Para o estudo de caso, através de investigação usando *Google Street View* e visitas *in loco*, foram selecionados dois trechos do bairro (Figura 3) que apresentam aspectos importantes tais como localização próxima de importantes equipamentos urbanos e de pontos comerciais, com pouca variação topográfica e considerável processo de transformação da paisagem através da construção de edifícios multifamiliares.

Sabe-se que idealmente seria preferível uma simulação que contemplasse o bairro em sua totalidade, porém isto demandaria uma grande capacidade de processamento computacional. No entanto, de acordo com Leite (2015), não existem grandes prejuízos em trabalhar com recortes espaciais. E importante destacar que toda simulação representa uma simplificação da realidade em seus níveis de complexidade, assim, destaca-se que neste trabalho não foram considerados elementos como muros e massas arbóreas, e foram desconsideradas aberturas por se tratar de estudo de escoamento ao redor das edificações.

Figura 3 – Conjunto edificado do bairro Bancários e trechos analisados



Fonte: Elaborado pelos autores no *software* QGIS

3.2 Caracterização dos ventos da cidade

O regime de ventos de João Pessoa foi caracterizado por Oliveira (2013), de onde se pode observar que cidade possui vento predominante sudeste (com ângulo aproximado de 135º) e velocidade média que varia entre 2,1 e 3,6m/s. Nesse artigo adotou-se a velocidade de 3,6m/s e direção sudeste.

3.3 Simulação computacional da ventilação em CFD

Após o desenvolvimento do modelo tridimensional de cada cenário considerado, exportou-se o arquivo em formato ".sat", necessário para sua utilização no *ANSYS CFX*. Foram seguidos as recomendações e o processo metodológico apresentados por trabalhos que utilizaram esta ferramenta (MORAIS, 2013; LEITE, 2015). O programa é composto de quatro módulos nos quais podem ser executadas etapas da simulação que vão desde a confecção do modelo até o tratamento dos resultados.

3.3.1 ICEM CFD

No ICEM, são definidos todos os parâmetros para construção da malha e do domínio. De acordo com Leite (2015), o domínio pode assumir variadas formas geométricas, como configurações retangulares, octogonais ou circulares, sendo este aspecto determinado pelas direções do vento a serem investigadas. Para as simulações desta pesquisa definiu-se uso do domínio octogonal (vento sudeste) e adotou-se as recomendações de Cost (2004) para as suas dimensões, seguindo como referência o edifício mais alto (altura de 5 vezes o valor deste e 15 vezes em todas as outras direções).

Os grupos das superfícies importadas e que compõem o modelo recebem o nome

de "*parts*", sendo: BASE (base do domínio), TOPO (topo do domínio), e as direções NORTE, NORDESTE, LESTE, SUDESTE, SUL, SUDOESTE, OESTE e NOROESTE, além da *part* EDIFICIOS (a geometria das edificações) e FLUIDO, que corresponde a atmosfera na qual ocorre a circulação do ar.

Finalmente, neste modulo confeccionou-se a malha *(mesh)* para cada fração urbana do bairro. Optou-se por malha desestruturada tetraédrica. Esta decisão se deu em função de maior agilidade na simulação, uma vez que os tetraedros se adequam mais facilmente às geometrias mais complexas e ainda permitem refinamento nas regiões próximas a obstáculos (MORAIS, 2013).

3.3.2 CFX-*Pre*

O arquivo da malha gerada na fase anterior foi exportado para o modulo do CFX-Pre, onde foram introduzidos os parâmetros iniciais da simulação, tais como modelo de turbulência, propriedades dos materiais e as condições de contorno. O modelo de turbulência adotado foi o k-ε (k-*Epsilon*), adequado a esse tipo de simulação de escoamento em escala urbana, como averiguado por Leite (2015).

As *parts* definidas na etapa anterior foram agrupadas em três grupos de condição de contorno: paredes *(wall)*, entrada *(inlet)* e saída *(outlet)*. Considerou-se "paredes" as *parts* EDIFICIOS, além de BASE e TOPO, referentes a uma fronteira sólida, não permitindo a entrada ou a saída de fluido do domínio (MORAIS, 2013). Definiu-se "entrada" ou *inlet* a *part* que indica a direção do vento predominante, ou seja, SUDESTE, e "saída" todas as demais direções.

3.3.3 CFX-*Solver*

Neste módulo foram definidos o número de interações (entre 300 e 10.000) e o critério de convergência (10^{-4}), os quais foram respeitados gerando modelo convergente.

3.3.4 CFD-*Post*

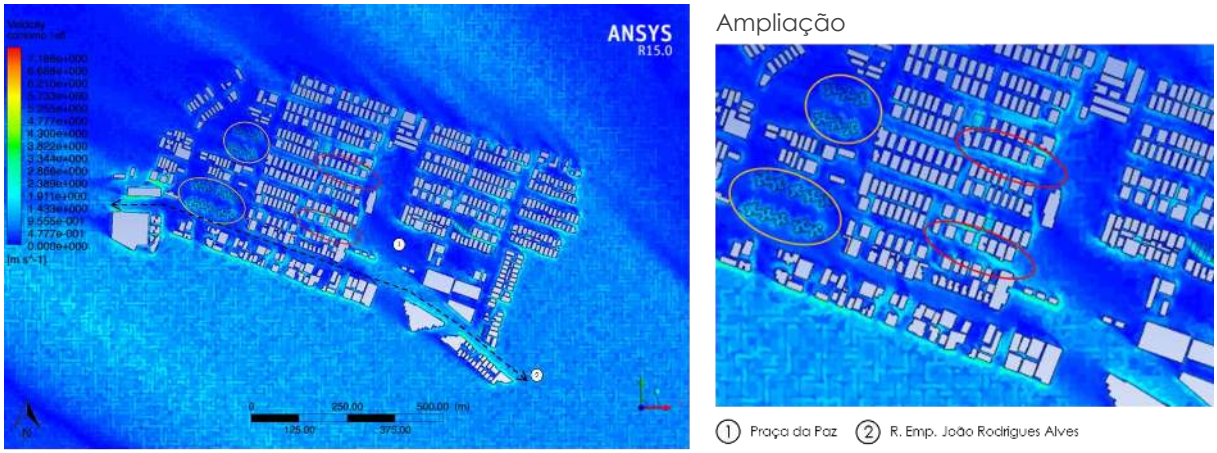
Por fim, o *software* oferece uma gama de estilos de visualização que podem ser utilizados para a compreensão dos dados obtidos na simulação. Foram definidos dois planos de corte horizontais para discussão, correspondendo às alturas de: 1,5m do solo (altura nível do pedestre); e, 6m do solo (altura correspondente ao terceiro piso, considerando as edificações térreo mais três pavimentos tipicamente encontradas no bairro).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Trecho 1

No nível do pedestre (1,5 m), nota-se a canalização do vento através da Rua Empresário João Rodrigues Alves, que passa novamente a ser canalizado pelas ruas paralelas a esta (em vermelho, Figura 4) através do vazio constituído pela Praça da Paz e os lotes vazios adjacentes. No conjunto de edifícios sobre pilotis, percebe-se um ganho de velocidade se comparando com o entorno, como indicado em amarelo nessa mesma figura. Isto reforça a importância dos pilotis para ampliar velocidades do ar em nível do pedestre, bem como permitir a passagem do ar para áreas mais longínquas, ao contrário do que se ocasiona nos casos de edifícios que possuem toda área do térreo ocupada, tipologia predominante no contexto do bairro.

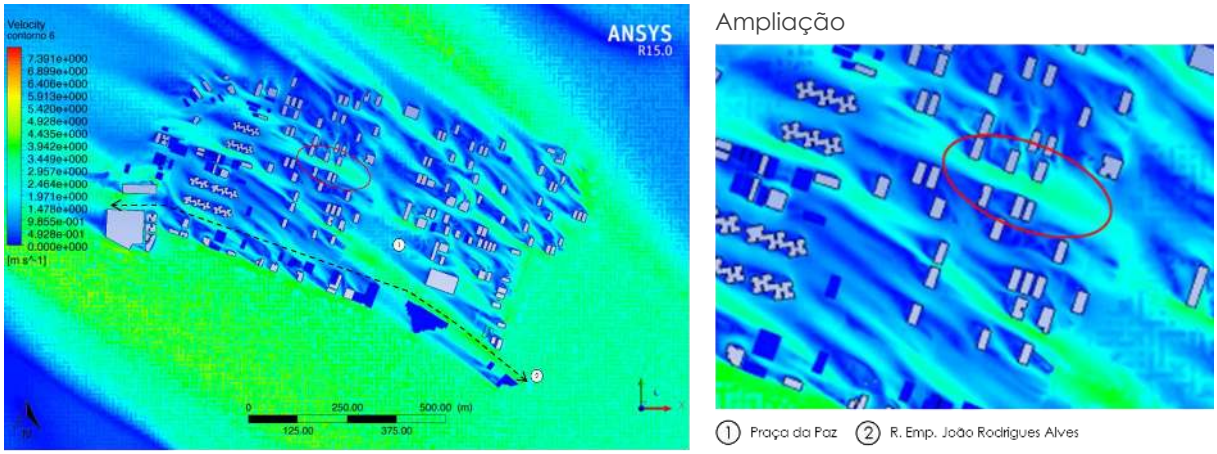
Figura 4 – Trecho 1 (1,5m)



Fonte: Elaborado pelos autores no *software ANSYS CFX*

No nível equivalente ao terceiro pavimento, 6 metros de altura, os efeitos da porosidade da malha urbana ficam mais evidentes. No cenário atual, a massa edificada oferece pouca resistência ao vento, e é sentida uma velocidade próxima a 3,5 m/s em regiões mais ao centro do domínio (em vermelho, figura 5), observando-se, também, a formação de sombras de ventos, onde a velocidade tende a se aproximar de 0 m/s, representado na figura pela cor azul escuro. Neste caso, observa-se que a implantação dos prédios em sua maioria é quase perpendicular ao vento dominante (sudeste), fato que privilegia uma fachada do edifício, deixando as demais praticamente em sombra de vento e ocasionando áreas de estagnação de ar para seus vizinhos.

Figura 5 – Trecho 1 (6m)



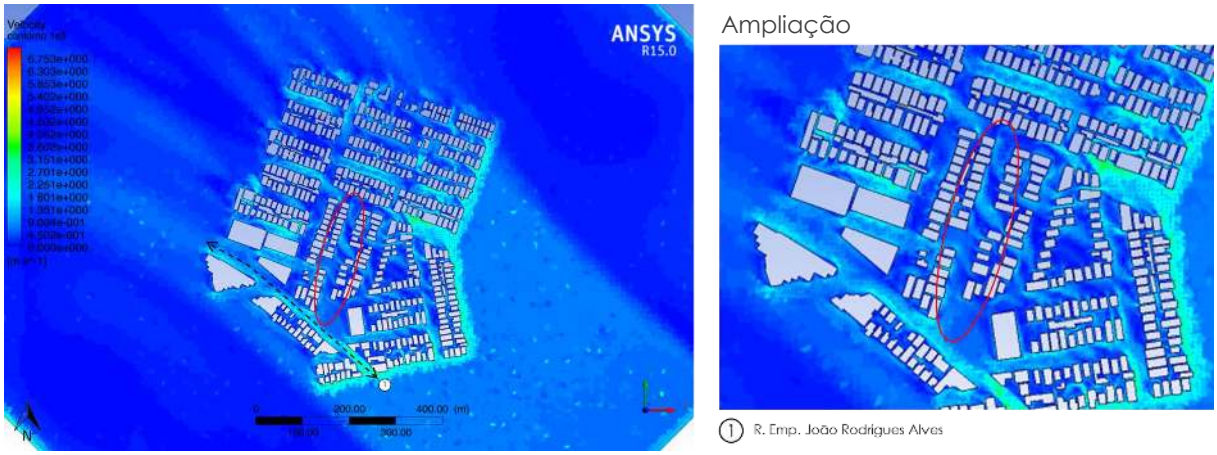
Fonte: Elaborado pelos autores no *software ANSYS CFX*

4.2 Trecho 2

No nível do pedestre, observa-se que a Rua Empresário João Rodrigues Alves (assinalada em pontilhado na Figura 6) funciona como um canalizador do vento, como já foi evidenciado nas discussões das simulações do trecho anterior. A disposição das quadras de forma perpendicular à via principal não favorece a permeabilidade do vento no interior dos lotes, apesar de em alguns pontos apresentarem velocidade de 3,0 m/s (Figura 6). No entanto nos lotes mais a norte do

trecho 2, onde o angulo de implantação dos lotes se diferencia, percebe-se que o vento consegue adentrar mais a quadra.

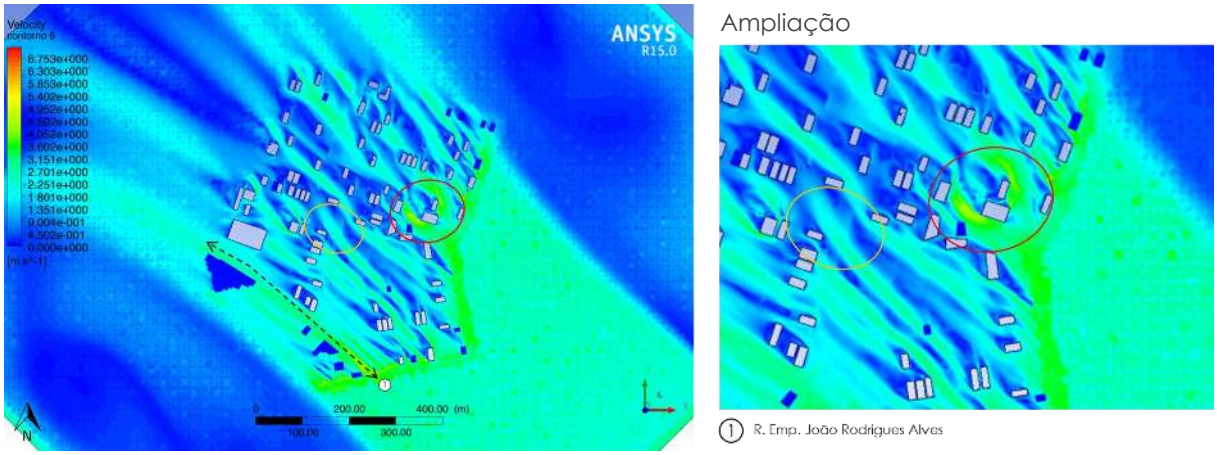
Figura 6 – Trecho 2 (1,5m)



Fonte: Elaborado pelos autores no *software ANSYS CFX*

Na altura de seis metros do nível do solo, no cenário atual percebe-se poucos obstáculos ao fluxo do vento e um considerável aumento de velocidade em alguns pontos. Onde indicado pela circunferência vermelha (Figura 7), nota-se o efeito de canto que as edificações indicadas proporcionam.

Figura 7 – Trecho 2 (6m)



Fonte: Elaborado pelos autores no *software ANSYS CFX*

5 CONCLUSÕES

Este artigo teve por objetivo geral realizar a análise de ventilação natural em frações do bairro Bancários na cidade de João Pessoa/PB, através do uso da fluidodinâmica computacional (CFD). Os resultados mostraram que em ambos os trechos analisados, o nível do pedestre é o mais prejudicado com a conformação do tecido urbano atual, o que indica, também, prejuízos às habitações térreas, sejam elas unifamiliares ou multifamiliares. No caso do arruamento, percebe-se que a morfologia do trecho 1 favorece a canalização do vento, potencializada pela área livre de edificações no seu interior (Praça da Paz), diferentemente das ruas perpendiculares à via principal no trecho 2.

Certamente estes resultados se aplicam aos casos aqui estudados, porém as observações aqui levantadas conduzem a discussões como: a importância do pilotis para manutenção da ventilação no nível do pedestre e da vizinhança (contrariando atual tendência de ocupação do térreo por apartamentos); a importância dos espaços livres públicos tanto para o lazer da população quanto como espaços que podem ajudar a permeabilidade do vento em malhas urbanas muito adensadas; a importância dos recuos generosos (em contraponto aos recuos mínimos propostos pela legislação) como fator fundamental para permeabilidade ao vento no nível do edifício, além do ângulo de implantação dos lotes face ao vento dominante (evitando perpendicularidade). Todas estas decisões podem e devem ser testadas através de ferramentas consolidadas como o CFD, a fim do melhor aproveitamento da ventilação natural e consequentes decisões de planejamento urbano em prol de cidades mais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Engenharia Mecânica da UFCG (*ANSYS CFX*) e ao CNPq (PIVIC).

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: 2005.

ANDRADE, Patrícia A. de. **Verticalização em João Pessoa**. Produção do espaço e transformações urbanas. Arquitextos, São Paulo, n. 204.02, Vitruvius, maio, 2017. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.204/6555>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BARBIRATO, G. M; SOUZA, L. C. L. de; TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e Cidade**: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EDUFAL, 2016. 201 p.

COST. **Cost Action 14: Recommendations on the use of CFD in predicting Pedestrian Wind Environment**. Brussels, 2004.

ELETROBRÁS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – SINPHA – ano base 2005 – Classe Residencial Relatório Brasil**. PROCEL, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LEITE, Renan C. V. **Cidade, Vento, Energia**: Limites de aplicação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido. 2015. 273 f. Tese (Doutorado) - Arquitetura e Urbanismo, FAUUSP, São Paulo, 2015.

MORAIS, Juliana M. S. C. **Ventilação natural em edifícios multifamiliares do "Programa Minha Casa Minha Vida"**. 2013. 211 f. Tese (Doutorado) - Arquitetura Tecnologia e Cidade, UNICAMP, Campinas, 2013.

OLIVEIRA, Andréia C. de. **A influência das recomendações do zoneamento bioclimático brasileiro no desempenho térmico da envoltória de edificações de interesse social nos municípios da Paraíba**. 2013. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Arquitetura e Urbanismo, UFPB, João Pessoa, 2013.

PRATA-SHIMOMURA, A. R. **Impacto da Altura de Edifícios nas Condições de Ventilação Natural do Meio Urbano**. São Paulo, 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.