

APLICAÇÃO DE MINI TÚNEL DE VENTO NO ENSINO DA AÇÃO DOS VENTOS EM MODELOS REDUZIDOS DE EDIFICAÇÕES

Giovanna Pereira Rosseto – gi__r@hotmail.com

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT,
Bolsista FAPESP de IC

Rua Roberto Simonsen, nº 305, Centro Educacional

CEP: 19060-900 – Presidente Prudente – São Paulo

Cesar Fabiano Fioriti – c.fioriti@unesp.br

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT

Rua Roberto Simonsen, nº 305, Centro Educacional

CEP: 19060-900 – Presidente Prudente – São Paulo

Resumo: As primeiras e mais importantes decisões na concepção de um projeto estrutural, que visa tanto os aspectos estéticos como também os econômicos, são valores qualitativos e intuitivos. Tendo em vista estes aspectos, este trabalho teve como objetivo geral o ensino, de forma prática, das forças devidas ao vento nas edificações. Para isso inicialmente foi construído um mini túnel de vento baseado no projeto The Baals Wind Tunnel, disponível no site da NASA (National Aeronautics and Space Administration) do Governo dos Estados Unidos da América. O mini túnel de vento teve como principais características ser de circuito aberto e seção de teste fechada. Após sua construção foram realizados cinco diferentes ensaios, sendo que os mesmos possibilitaram demonstrar qualitativamente como o vento atua nas edificações. Os resultados obtidos nos ensaios com o mini túnel de vento foram comparados com os resultados obtidos a partir de simulações dos mesmos no software Flow Design, que permitiu constatar se a ação do vento nas edificações estudadas no mini túnel de vento é realmente similar ao comportamento de uma edificação em situação real. Dessa forma, o mini túnel de vento, se mostrou um auxiliador nas investigações acerca dos efeitos do vento nas edificações, bem como garantiu ensaios e posteriores resultados de qualidade, gerando a possibilidade de tornar-se ferramenta didática no curso de Arquitetura e Urbanismo da FCT/UNESP (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista), campus de Presidente Prudente.

Palavras-chave: Mini túnel de vento. Modelos reduzidos. Forças devidas ao vento.

1 INTRODUÇÃO

O termo “vento” é utilizado habitualmente para fazer referência à movimentação aproximadamente horizontal de ar atmosférico, o vento, portanto, é uma massa de ar em movimento. Compreender a fenomenalidade dos ventos para abstrair dele elementos que possam fazer a diferença, sob diversos aspectos em áreas do conhecimento, é um estudo fundamental para assessoria em áreas ambientais, automobilísticas e de construção civil.

O vento é produzido por diferenças de temperatura de massas de ar na atmosfera, o caso mais fácil de identificar é quando uma frente fria chega na área e choca-se com o ar quente

resultando no vento, isso pode ser observado no início de uma chuva (PRAVIA e DREHMER, 2004).

Ainda de acordo com Pravia e Drehmer (2004), forças advindas do vento dependem basicamente de dois aspectos, o primeiro é o meteorológico que se resume em velocidade, direção do vento, entre outros. O segundo, aerodinâmico, mostra as pressões do vento exercidas nas edificações. Para tratar de aspectos meteorológicos é necessária apenas uma ferramenta chamada anemômetro portátil, que registra e define a velocidade básica do vento. O aspecto aerodinâmico é tratado com modelos reduzidos ensaiados em túneis do vento do tipo camada limite.

O auxílio da visualização e entendimento dos efeitos aerodinâmicos concebido pelo uso dos túneis de vento fez com que sua utilidade venha se tornando cada vez mais comum nos dias atuais, visto que essa ferramenta ainda não é tão difundida se compreendido sua tecnologia. Quando percorrido sobre construção civil, seu uso está associado a estudos sobre a estabilidade de obras como pontes, viadutos, estádios de futebol, coberturas, hangares e diversas edificações.

O túnel de vento é uma ferramenta que tem como objetivo simular e analisar os efeitos do fluxo de ar e seus movimentos ao redor de objetos sólidos com escala reduzida. Seus testes geram uma gama de resultados para inúmeras situações. Localizado no Rio Grande do Sul, na UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) no Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC), está o túnel de vento que levou o nome do engenheiro Joaquim Blessmann, fundador do laboratório, construiu o túnel para ensaios estáticos e aerodinâmicos de modelos de construção civil. Esse material possibilita resultados tais como prognósticos de pressões, tensões, deformações, deslocamentos e características das vibrações causadas pelo vento, avaliação de requisitos estruturais para otimização de projetos para resistir às forças geradas pelo vento, realização de estudos de diferentes tipos de vento (tempestades elétricas, tornados, ciclones), vento em pedestres, dispersão de poluentes, transporte e deposição de areia, solo e poeira, interação vento e chuva, efeitos do vento em estruturas em geral (pontes, torres, linhas de transmissão, estruturas flexíveis), erosão eólica, efeitos do vento em plantas e posicionamento de quebra-ventos, identificação topográfica para implementação de geradores de energia (BLESSMANN, 2011).

2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo geral o ensino, de forma prática, das forças devidas ao vento nas edificações. Para isso será apresentada a construção e a influência do uso de um mini túnel de vento como ferramenta de aprendizado no estudo de edificações exigidas pela ação dinâmica do vento.

3 METODOLOGIA

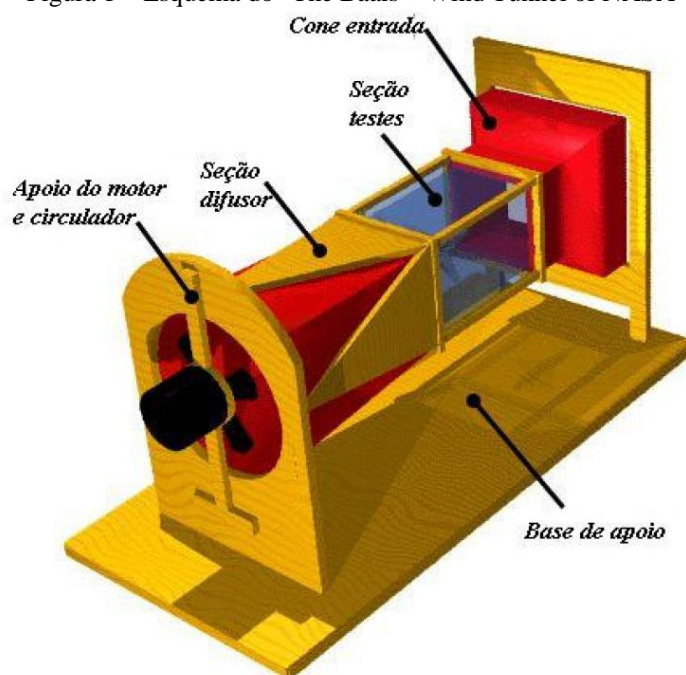
Inicialmente cabe mencionar que todo o processo de construção do mini túnel de vento, bem como a realização de seu programa experimental de ensaios, foram realizados nas dependências do Laboratório de Sistemas Estruturais, da FCT/UNESP (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista), campus de Presidente Prudente. Sendo que tal proposta faz parte da linha de pesquisa "Análise de sistemas estruturais através de modelos qualitativos", cujo objetivo é desenvolver e construir modelos qualitativos para o ensino de estruturas, tendo sempre em mente fabricar estes modelos com custos reduzidos.

Sendo assim, a metodologia deste trabalho se dividiu em cinco etapas, apresentadas nos subitens a seguir.

3.1 Construção do mini túnel de vento

As características básicas do projeto do túnel de Baals (Figura 1), da NASA (National Aeronautics and Space Administration), foram modificadas e várias adaptações foram necessárias para construir um equipamento de baixo custo. As dimensões preconizadas no projeto Baals (NASA) são: dimensões externas do modelo de 66 x 130 cm e câmara de testes de 25 cm de altura x 17,5 cm de largura x 33 cm de comprimento.

Figura 1 – Esquema do "The Baals – Wind Tunnel of NASA".



Fonte: <http://windtunnels.arc.nasa.gov>.

Assim, neste trabalho foi construído um mini túnel de vento com as seguintes dimensões: comprimento total do equipamento de 1,50 m; bocal de entrada com 50 cm; difusor com 65 cm e câmara de testes com 35 cm de comprimento x 20 cm de altura x 20 cm de largura.

Os materiais básicos para a construção do mini túnel de vento foram: chapas de madeira MDF (Medium Density Fiberboard) de 4 e 6 mm de espessura; colas; acrílico incolor de 4 mm de espessura; e parafusos auto atarraxantes.

O mini túnel de vento é composto de três partes, cada uma delas construídas em separado e posteriormente unidas em definitivo, a saber:

a) Bocal de entrada

Que teve uma grelha ortogonal (com função de evitar a separação da camada limite e proporcionar uma uniformidade da entrada de ar em todo o fluxo) executada em chapa de papel paraná, e que teve seu corte realizado em equipamento de corte a laser para se obter maior precisão.

b) Difusor

Um exaustor com hélice de 200 mm de diâmetro, potência de 40W, velocidade de 1700 RPM, vazão de 300 m³/h e tensão 127/220V foi utilizado para realizar a sucção do ar no equipamento, seu acionamento é será realizado por meio de interruptor individual instalado na base de apoio do equipamento.

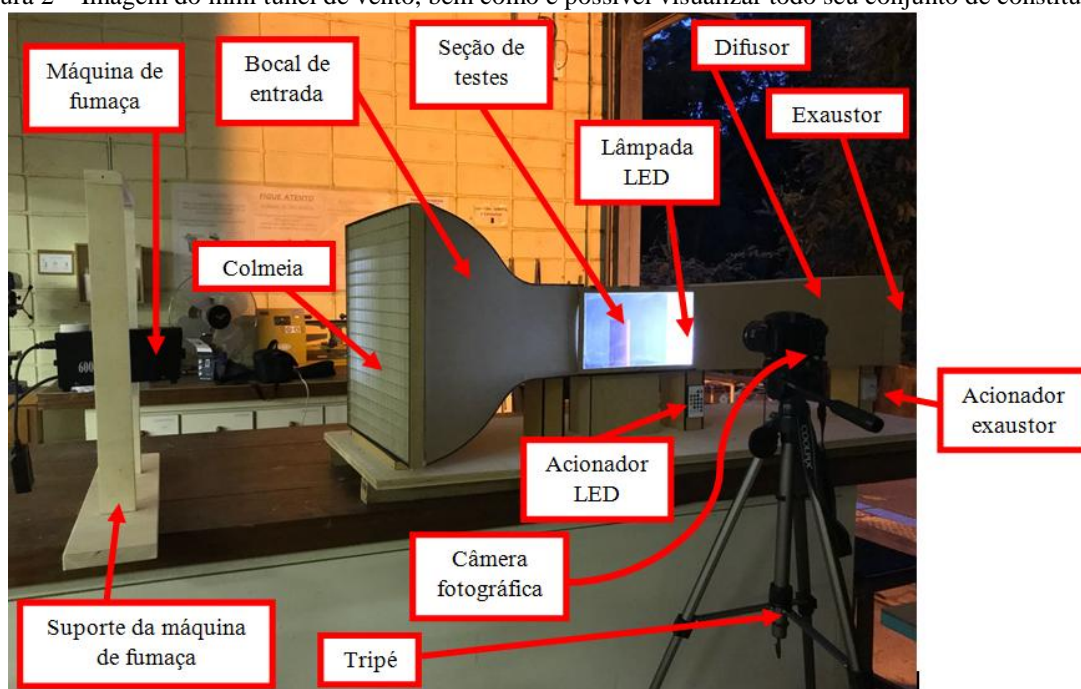
c) Seção de testes

A parte interna foi pintada com tinta acrílica fosca na cor preta com o objetivo de facilitar a visualização dos ensaios. A parte interna também é dotada de um sistema de LED (Light Emitting Diode), de 12W de potência, tensão de alimentação 127V, com dezesseis diferentes cores e controle de intensidade, acionado por controle remoto, que propicia iluminação e consequentemente facilidade no auxílio da visualização dos ensaios.

Mini túnel de vento finalizado

Esta etapa iniciou a prática deste trabalho, e o modelo construído, após as adaptações necessárias, é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Imagem do mini túnel de vento, bem como é possível visualizar todo seu conjunto de constituição.



Fonte: Autoria própria.

3.2 Ensaios qualitativos em modelos reduzidos de edificações

Foram realizados cinco diferentes ensaios no mini túnel de vento para observar as forças devidas ao vento nas edificações, a saber:

- I) Vórtices de base em edificações;
- II) Efeito do vento em edificação alteada;
- III) Efeito do vento em edificação alargada;
- IV) Efeito do vento em edificação profunda;
- V) Escoamento bidimensional em edificação com seção cilíndrica.

3.3 Confecção dos corpos de prova e mecanismo de visualização de fluxo

Foram confeccionados corpos de prova conforme os tipos de ensaios realizados. Sendo assim, os corpos de prova de formato prismático e cúbico foram executados de madeira maciça e receberam pintura com tinta acrílica vermelha. Já o corpo de prova cilíndrico foi executado de tubo PVC (Policloreto de Polivinila) e também recebeu pintura com tinta acrílica vermelha, com o intuito de facilitar a visualização do fluxo de ar no momento dos ensaios. Os modelos tiveram suas dimensões previamente calculadas e determinadas para cada tipo de ensaio.

Quanto ao mecanismo de visualização de fluxo de ar, foi utilizado uma máquina de geração de fumaça com 600W de potência, tensão de alimentação 127V, com controle de acionamento sem fio, que transformou o ar transparente em opaco, possibilitando melhor visualização dos resultados.

3.4 Análise da influência dos modelos reduzidos ensaiados

Os levantamentos de dados para gerar os resultados dos ensaios foram realizados por meio de imagens digitais a serem obtidas utilizando uma máquina fotográfica digital, marca Nikon, modelo D3200, 24.2MP, LCD 3", com lente objetiva NIKKOR 18-55mm, acoplada a um tripé da marca Greika, modelo WT 3730, com estrutura em alumínio, manopla de elevação, perfil U, coluna central com trava, bolha de nível, pernas com três seções e pés emborrachados.

O processo de aquisição das imagens digitais durante a realização dos ensaios compreendeu o correto posicionamento da máquina fotográfica em frente ao visor da seção de testes (constituída em acrílico incolor), em que foi realizada a filmagem de cada ensaio, com consequente acionamento da máquina de fumaça (que permitiu a visualização do fluxo de ar), por aproximadamente 1 minuto. Dessa maneira, as imagens digitais foram obtidas por meio de uma seleção de multimídia de maior qualidade e melhor visualização dos fenômenos ocorridos durante os ensaios.

A orientação dos modelos de edificações foi realizada de maneira que os mesmos ficassem fixados no piso do mini túnel de vento (seção de testes), com auxílio de adesivo comercial PVA, sendo que os ângulos de incidência do vento foram de 0° e 90°, dependendo do ensaio a ser realizado:

- I) Vórtice de base em edificações: incidência do vento igual a 0°;
- II) Efeito do vento em edificação alteada: incidência do vento igual a 90°;
- III) Efeito do vento em edificação alargada: incidência do vento igual a 90°;
- IV) Efeito do vento em edificação profunda: incidência do vento igual a 0°;
- V) Escoamento bidimensional em edificação com seção cilíndrica: incidência do vento igual a 0°.

Após a realização das séries de ensaios nos modelos reduzidos, cujo objetivo foi demonstrar qualitativamente como o vento atua nas edificações, foram realizadas análises sobre as principais características observadas em função do posicionamento das edificações em relação ao fluxo de vento.

3.5 Elaboração de simulações computacionais

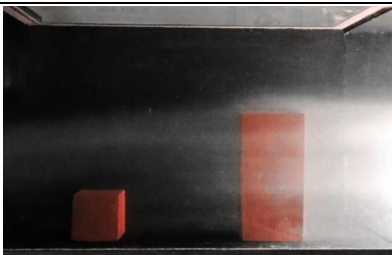
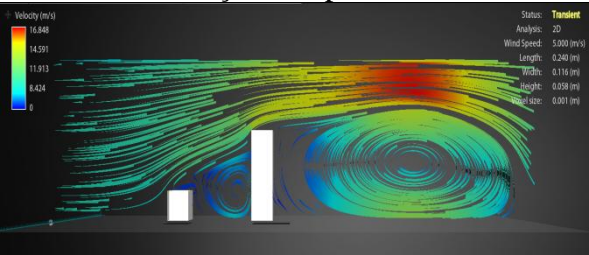
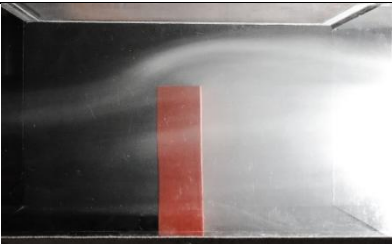
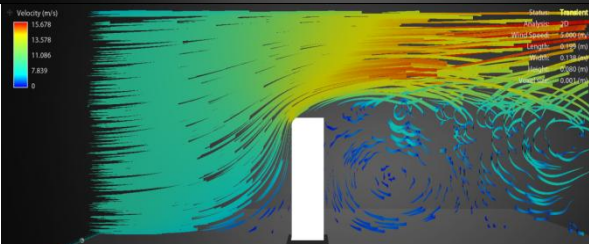
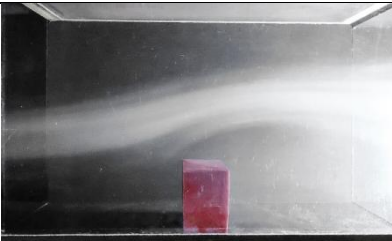
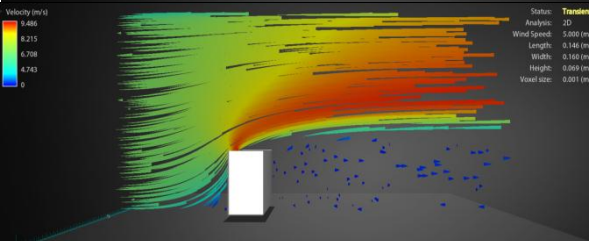

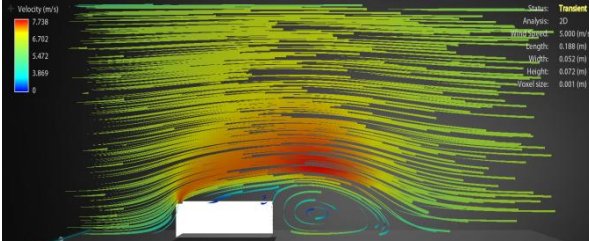
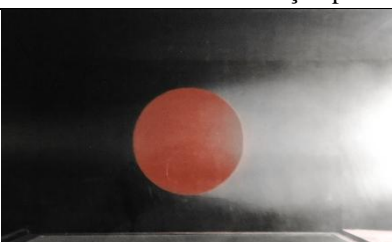
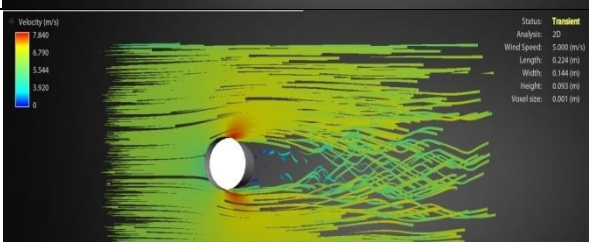
Por fim, os resultados obtidos nos ensaios com o mini túnel de vento foram comparados com os resultados obtidos a partir de simulações dos mesmos no software Flow Design. Esse software, da Autodesk, simula o fluxo de ar e o teste de túnel de vento ao redor de edificações, veículos, equipamento exterior, produtos de consumo ou qualquer outra estrutura virtual.

Dessa maneira, a utilização do software Flow Design permitiu constatar se a ação do vento nas edificações estudadas no mini túnel de vento é realmente similar ao comportamento de uma edificação em situação real.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

São apresentados os resultados dos ensaios no Quadro 1, bem como na sequência as respectivas análises de cada um dos ensaios realizados no mini túnel de vento.

Quadro 1 – Resultados dos ensaios.

Mini túnel de vento	Simulação computacional
 <p>I) Vórtice de base em edificações</p>	
 <p>II) Efeito do vento em edificação alteada</p>	
 <p>III) Efeito do vento em edificação alargada</p>	
 <p>IV) Efeito do vento em edificação profunda</p>	
 <p>V) escoamento bidimensional em edificação com seção cilíndrica</p>	

Fonte: Autoria própria.

Ensaio I: Vórtices de base em edificações

Neste ensaio o menor corpo de prova foi determinado com altura (h) = 1 e o corpo de prova de maior altura (H) com $H > 3h$, a distância entre eles é equivalente a $1,0H$, de acordo com especificações de Blessmann (2011). No ensaio do mini túnel de vento as imagens não puderam garantir total nitidez do fenômeno presente através da movimentação da fumaça, que representa os fluxos de vento, quando inserido no meio dos corpos de prova (vórtices de

base). Porém foi possível observar os movimentos formados no encontro dos corpos de prova e na parte superior dos mesmos (turbilhões e região de esteira).

Assim, o menor corpo de prova representa uma edificação mais baixa, de até cinco andares, e o maior corpo de prova representa uma edificação alteada. Na situação onde o vento está incidindo a barlavento sobre uma edificação mais alta com uma menor a montante, verifica-se a existência de um confinamento de ar no local, ilustrado pelos movimentos circulatórios no meio das duas edificações simuladas. De acordo com Blessmann (2011) e Saraiva (1994), em aproximadamente $2/3$ da altura da edificação mais alta (no caso $2/3H$) surge um fluxo descendente, em consequência da diferença de pressões, este fluxo forma o vórtice de base que tem sua aceleração definida a partir da velocidade do vento e das dimensões da edificação incidida, afinal quanto maior a área maior será a pressão e assim, maiores serão os vórtices que escoarão bilateralmente. O vórtice então escapa pelas laterais adquirindo alta aceleração de velocidade e com sucções como Blessmann (2011) coloca em sua ilustração relatando que o “fluxo de alta velocidade escapa pelos lados”. Dessa forma, fica evidente o vórtice de base formado entre os corpos de prova e sua velocidade tal qual sua altura determina, no caso a altura estabelecida, não foi suficiente para a demonstração de uma velocidade maior de direção vertical. Porém a velocidade que o fluxo gera nas laterais do corpo de prova mostra a aquisição de velocidade.

Quando esta simulação é analisada em ambiente real, o espaço entre as edificações onde o ar é confinado gera desconforto aos usuários, pois o vento tem direção vertical descendente e pode levantar objetos leves. Portanto este ensaio é importante para determinação do conforto ambiental, plantas e dimensionamentos de estruturas secundárias.

Ensaio II: Efeito do vento em edificação alteada

O ensaio II foi realizado observando a face frontal do aparato de testes e é referente ao estudo dinâmico do vento em estruturas de maior altura.

Na utilização de geometria paralelepédica no corpo de prova, deve-se ressaltar a diferença entre a incisão do fluxo de ar em objeto aerodinâmico e superfícies paralelepédicas, pois estas resultam em um “efeito de canto”. Este efeito é resultado da união dos ângulos do edifício formado por fachadas em pressão (positiva) e sucção (pressão negativa). Em estações do ano frias este efeito torna-se desagradável, pois o vento desenvolve grande velocidade (MASCARÓ, 1991).

Em todos os casos ensaiados foi identificável o fluxo das partículas incidindo no corpo de prova analisado, tanto superior quanto lateralmente. O fluxo de maior visibilidade nos testes foi o fluxo superior, que apesar de se apresentar com grande influência é definido por Blessmann (2011) como um fluxo de pouca atuação sobre o corpo de prova. O fluxo que se destaca por sua presença então será o escoamento bilateral, chamado de “fluxo principal” e conforme Mascaró (1991), o fluxo que causará o “efeito de canto”.

Apesar de não ser possível observar na simulação em software a atuação do fluxo principal, notaram-se suas consequências na área de sotavento do corpo de prova, gerando diversos turbilhões causados pelo encontro do vento com o objeto, causando, portanto o efeito de desprendimento de vórtices.

Além disso, verificou-se uma longa área de baixa velocidade do ar logo após o contato do fluxo de vento com o corpo de prova, esta área ainda que possua turbilhões alternados, também possui baixa pressão e é chamada de zona de esteira. De acordo com Mascaró (1991), quanto mais alto for a edificação mais profunda será a zona de baixa pressão. O efeito resultante desta longa esteira é fruto não somente da velocidade do ar, mas também da ação de redemoinhos provocados pela circulação turbulenta do fluxo de vento e que se prolonga a uma grande distância do edifício, de fácil visualização nos ensaios, no mini túnel destaca-se

por ser uma área de baixa velocidade e pressão dos fluxos de ar, e no software por demonstração dos redemoinhos na parte posterior ou na parte sotavento.

Ensaio III: Efeito do vento em edificação alargada

O ensaio III foi realizado observando a face frontal do aparato de testes e é referente ao estudo dinâmico do vento em estruturas de maior largura.

Assim como no ensaio anterior, a geometria paralelepédica do corpo de prova proposto induz ao efeito de canto. No momento em que o fluxo de ar em movimento encontra edificações ou obstruções, sua velocidade aumenta e este efeito é ainda ampliado quando encontra quinas e bordas agudas, diferente do encontro com bordas arredondadas ou aerodinâmicas. Num fluxo de ar turbulento, à medida que o vento entra em contato com o corpo de prova há pressões positivas e grande aceleração da velocidade. Conforme Blessmann (2005), a região de esteira e velocidade de disparo se dará próximo à borda de fuga (área limítrofe da forma dos blocos) é menor para corpos aerodinâmicos, um pouco maior para corpos arredondados, mas muito maior para corpos com arestas vivas.

Tal como os estudos demonstraram, nos ensaios notou-se a similaridade entre os resultados. Assim, é de simples percepção o efeito do vento no “fluxo principal” acarretando em grande aceleração da velocidade do ar, após seu encontro com o corpo de prova. No ensaio de mini túnel e no ensaio por meio de software percebeu-se a brusca mudança de direção do vento e por consequência, alcançando a velocidade de disparo, que causa o efeito do galope.

Na face sotavento do corpo de prova foi observada a formação de longa zona de esteira, caracterizada pela baixa velocidade e alta formação de redemoinhos. A questão da largura está diretamente proporcional ao tamanho da esteira que será formada e também a região chamada de sombra de vento, região de turbulência onde ocorre formação de vórtices e recirculação do ar. Esta última está relacionada com a área de esteira, ou seja, onde o vento não adquira aceleração e nem aumento de pressão. A esteira é caracterizada por um grande turbilhão estacionário e redemoinhos com pouca agitação.

Ensaio IV: Efeito do vento em edificação profunda

O ensaio IV foi realizado observando a face frontal do mini túnel de vento e é referente ao estudo dinâmico do vento em estruturas de maior profundidade.

Como já mencionado, a forma do corpo de prova influencia diretamente no comportamento do fluxo de ar que terá após o contato com o modelo. A forma aplicada ainda foi a paralelepédica, causando novamente o efeito de cantos, pois de acordo com Blessmann (2005) este efeito é ampliado quando visualizado em modelos com arestas vivas, quinas e bordas agudas. O vento incidindo a 0° do corpo de prova tem sua velocidade acelerada quando encontra o modelo e sobe, como a altura não é suficiente para gerar o ponto de estagnação, há um escoamento e mudança de direção quando está na borda de fuga.

Segundo Blessmann (2005), o comportamento do vento incidindo na fachada menor perpendicularmente é semelhante ao das edificações alteadas. Entretanto o fluxo principal é o que passa pelo topo, gerando maior influência na diferença de pressões e região de esteira do que nas edificações alteadas, assim o fluxo diminui o ímpeto do movimento da esteira. Quanto mais profunda for a edificação, maior será a tendência do fenômeno do recolamento do fluxo nas faces laterais. Isto é, quanto maior for o comprimento do edifício mais profundo será a zona de sucção criada a sotavento do escoamento, que será facilitado por ventos de maior turbulência. Além disso, modelos com profundidade muito acentuada terão formação de dois turbilhões estacionários na esteira.

Torna-se claro diante dos ensaios a grande influência do fluxo do topo, ou de acordo com Blessmann (2011): “fluxo principal”, e seu consequente aumento de velocidade (ilustrada no ensaio do software Flow Design de cor vermelha) alcançando a velocidade de disparo e

provocando as turbulências. Na face de sotavento do corpo de prova notou-se que sua profundidade criou a zona de esteira que propiciou uma barreira, produzindo um limite inferior ao fluxo do vento. Esta longa zona de esteira proporcionou sucção a sotavento e também foi possível observar o fenômeno do drapejamento, responsável pelo acoplamento de vibrações em diferentes graus de liberdade. Este estudo é importante no comportamento, por exemplo, de pontes pênséis.

Ensaio V: Escoamento bidimensional em edificação com seção cilíndrica

O ensaio V foi realizado observando a face superior do mini túnel de vento e se trata do estudo dinâmico do vento em estruturas cilíndricas.

De acordo com Mendis et al. (2010) quando o fluxo de vento atravessa um corpo o mesmo separa-se da estrutura, ao invés de contornar sua fachada. Então o espaço que surge entre o corpo e o fluxo cria uma pressão negativa que resulta em redemoinhos, como já aconteceu em ensaios anteriores. Porém, quando se trata de um modelo com forma cilíndrica os redemoinhos são surgem nas fachadas opostas e com isso a estrutura da edificação simulada fica submetida a uma pressão de sentido transversal ao do fluxo de vento. Esta pressão causa um deslocamento da estrutura que gera vórtices na fase oposta, assim tornando-se periódica, cada vez criando um redemoinho em cada lado da face sotavento do corpo. Se a frequência da estrutura coincidir com a frequência do desprendimento dos vórtices pode ocorrer ressonância e grandes deslocamentos, até mesmo ao colapso da estrutura.

Contudo, o desprendimento dos vórtices acontece de maneiras variadas em função do número de Reynolds. As variáveis deste quociente são: velocidade média do fluido, densidade do fluido, altura do obstáculo e viscosidade dinâmica do fluido (BLESSMANN, 2005). Para o presente ensaio e com o intuito de facilitar a comparação dos resultados obtidos entre a ilustração do citado autor, no ensaio em mini túnel e na sua simulação em software foi escolhido o número de Reynolds de regime subcrítico de valores $150 < Re < 300$. O regime subcrítico proporciona escoamento de características na camada livre de laminar para turbulento. Ou seja, a ocorrência de turbilhões alternados que ocorrem em ambos os lados do cilindro, com esteira mais alta e larga do que o diâmetro do cilindro.

Por meio dos ensaios é perceptível o aumento da velocidade nos fluxos bilaterais do corpo de prova, as partículas de menor velocidade não possuem grande diferença de percurso após o contato com o cilindro. Já as partículas de alta velocidade criam uma zona de esteira com vórtices instáveis e também um escoamento laminar nas proximidades da esteira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho obtiveram, no geral, boa conformidade entre si. Os métodos computacionais também apresentaram concordância com os resultados experimentais, como também por ensaios realizados pelas referências teóricas estudadas. A maioria dos ensaios no mini túnel de vento concluíram-se com nitidez necessária para o comparativo de simulação no software, naqueles ensaios em que não foi possível a captação da nitidez necessária, o software assegurou que os resultados estivessem de acordo com o esperado.

Os estudos complementares para análise dos resultados possibilitaram, além da expansão do nível de conhecimento sobre os efeitos dinâmicos do vento, o surgimento de novas indagações e ideias para a continuidade do aprofundamento de estudos na área.

Por fim concluiu-se que a ferramenta construída a baixo custo, o mini túnel de vento, se mostrou um auxiliador nas investigações acerca dos efeitos do vento nas edificações, bem como garantiu ensaios e posteriores resultados de qualidade, gerando a possibilidade de tornar-se ferramenta didática no curso de Arquitetura e Urbanismo da FCT/UNESP.

Agradecimentos

A FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de iniciação científica a autora.

REFERÊNCIAS

BLESSMANN, J. **Introdução ao estudo das ações dinâmicas do vento**. 2ª edição, Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2005.

BLESSMANN, J. **Aerodinâmica das construções**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2011.

MASCARÓ, L. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 2ª edição, São Paulo: Projeto, 1991.

MENDIS, P. C.; Luz, M.; Couceiro, M.; Iglésias, P.; Ferreira, A.; Sismeiro, J.; Mendes, R.; Fuentes, J. P. Analysis of the wind influence in tennis serve. In: Mathematical Methods in Engineering, 2010; International Symposium, 2010, Coimbra. **Anais**. Coimbra, 2010.

PRAVIA, Z. M. C.; DREHMER, G. A. **Estruturas de aço**. Passo Fundo: Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UPF, 2004.

SARAIVA, J. A. G. Ação do vento e nível de conforto em espaços urbanos. In: Encontro de Professores de Conforto Ambiental – NE, 2, 1994, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa, 1994.

APPLICATION OF MINI WIND TUNNEL IN THE INSTRUCTION OF THE ACTION OF WINDS IN REDUCED MODELS OF BUILDINGS

Abstract: *The first and most important decisions in the conception of a structural project, which aims at both the aesthetic as well as the economic aspects, are qualitative and intuitive values. In view of these aspects, this paper had as a general objective the instruction, in a practical way, of the forces due to the wind in the buildings. A mini wind tunnel was initially built based on the project The Baals Wind Tunnel, available on the United States Government's National Aeronautics and Space Administration website. The mini wind tunnel had as main characteristics to be open circuit and closed test section. After their construction, five different tests were carried out, which allowed them to demonstrate qualitatively how the wind acts in the buildings. The results obtained in the tests with the mini wind tunnel were compared with the results obtained from simulations of the same in the Flow Design software, which allowed to verify if the wind action in the buildings studied in the mini wind tunnel is really similar to the behavior of a real-life building. In this way, the mini wind tunnel proved to be a helper in the investigations about the effects of the wind on the buildings, as well as assuring tests and subsequent quality results, generating the possibility of becoming a didactic tool in the Architecture and Urbanism course of the FCT/UNESP (Faculty of Science and Technology of the Paulista State University), Presidente Prudente campus.*

Key-words: Mini wind tunnel. Reduced models. Forces due to the wind.