

## CONSTRUÇÃO DE UM TÚNEL DE VENTO DIDÁTICO

**Luciano Wotikoski Sartori (luciano16sartori@hotmail.com).**

Aluno de graduação do curso Engenharia Mecânica.

**Daivid de Castro Soeiro (daividsoeirocouth@gmail.com).**

Aluno de graduação do curso Engenharia Mecânica.

**Harerton Oliveira Dourado (harerton@fsjb.edu.br)**

Professor das Faculdades Integradas de Aracruz.

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um túnel de vento do tipo aberto de sucção, de baixo custo para fins acadêmicos, onde foi possível realizar testes visuais em modelos geométricos conhecidos assim como em perfis de asas em escala reduzida. Neste projeto uma bancada didática foi dimensionada e fabricada considerando um exaustor de 40 cm de diâmetro e com vazão de 4200 m<sup>3</sup>/h. Para a câmara de testes foi determinado uma seção quadrada e comprimento suficiente para diferentes modelos; para os cálculos da seção de contração e difusor foram utilizados os modelos adotados por Miranda e Oliveira (2013) e Groff (2000), respectivamente. Os testes ao serem comparados com a literatura mostraram-se satisfatórios pela semelhança no escoamento do fluido, validando o equipamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Túnel de Vento. Circuito aberto. Escoamento externo.

### 1 – INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de projetos em diversos ramos da indústria como construção civil, automobilística e espacial exige o estudo das propriedades do escoamento do ar e sua interação com edifícios, carros, aviões, etc. A busca por qualidade e eficiência vai além de pesquisas de otimização de formas para diminuição de arrasto aerodinâmico em veículos ou construções. Como exemplo, o desenvolvimento de trocadores de calor também exige estudos aerodinâmicos, onde o escoamento precisa ser controlado a fim de que possa haver confiança nos experimentos, possibilitando a comparação de diferentes alterações no projeto em estudo. O túnel de vento é considerado uma importante ferramenta que visa simular o escoamento de ar em objetos como prédios, aeronaves e automóveis, a fim de obter soluções mais realísticas do que as apresentadas pelos programas de dinâmica dos fluidos computacional (CFD).

Os túneis de vento também são utilizados em instituições de ensino para auxiliar nas disciplinas de fluidodinâmica e aerodinâmica. As Faculdades Integradas de Aracruz não possuem um túnel de vento que equipe os laboratórios. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo construir um túnel de vento de baixo custo.

### 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sabendo da importância desse equipamento para os ramos da engenharia, diversas pesquisas são realizadas em túneis de vento.

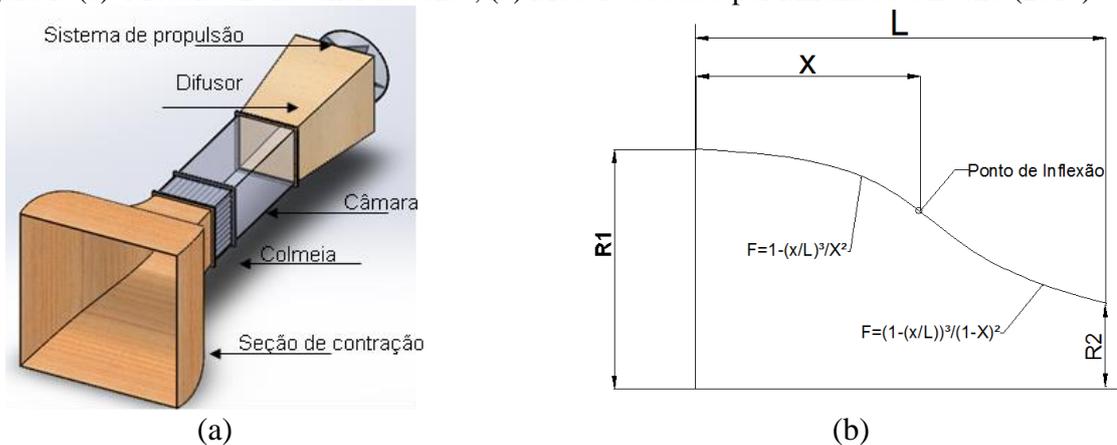
Klein (2004) utilizou o túnel de vento para testar o escoamento em torres treliçadas de telecomunicações, com o objetivo de avaliar as características aerodinâmicas e estudar como estas torres se comportam em relação a força do vento. Em seu estudo percebeu a importância de uma correta determinação das áreas a serem utilizadas para cálculo da força de arrasto. Percebeu também que, para torres triangulares o coeficiente de arrasto calculado é superior ao recomendado pela norma NBR-6123.

Moreira e Antuniassi (2009) construíram e validaram um túnel de vento de circuito aberta e seção fechada para simular a aplicação de agrotóxicos em plantações e minimizar os desvios das trajetórias de gotículas, conhecida como deriva, desses agrotóxicos e maximizar a área de aplicação dos produtos.

### 3 – METODOLOGIA DO TRABALHO

O túnel adotado nesse projeto foi o do tipo de circuito aberto de sucção por apresentar um baixo custo de fabricação. O túnel foi dimensionado considerando um exaustor de 40 cm de diâmetro, rotação de 1600 rpm e vazão de 4200 m<sup>3</sup>/h, seguindo o modelo apresentado na Figura 1a.

Figura 1: (a) Modelo 3D do túnel de vento; (b) Modelo adotado por Miranda e Oliveira (2013).



#### 3.1 CÂMARA DE TESTE

Segundo Coutinho (2014), esta é projetada de acordo com os estudos a serem realizados e, deve possuir dimensões para suavizar o escoamento. Sendo assim, como o projeto tem a finalidade de auxiliar nos ensaios de aerodinâmica, foi considerado uma seção quadrada e um comprimento que permita testar modelos geométricos variados.

#### 3.2 SEÇÃO DE CONTRAÇÃO

A seção de contração foi dimensionada segundo o mesmo modelo adotado por Miranda e Oliveira (2013) (Figura 1b).

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \frac{(\frac{x}{L})^2}{X^2} Se \frac{x}{L} \leq X \\ \frac{(1 - (\frac{x}{L})^2)^2}{(1-X)^2} Se X \leq \frac{x}{L} \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

L= Comprimento da seção.

X= Ponto de inflexão da curva.

R1 e R2 correspondem aos raios da entrada e saída da seção, respectivamente. Essa curvatura, segundo Groff (2000), é o principal parâmetro e é responsável para minimizar as perdas de carga entre as parede.

#### 3.3 DIFUSOR

Para dimensionar o difusor, foi utilizado a equação proposta por Groff (2000).

$$L = \frac{D2 - D1}{2tg \alpha} \quad (2)$$

L= Comprimento do difusor.

D1= Largura da entrada do difusor.

D2= Largura da entrada do difusor.

$\alpha$ = Ângulo cônico.

#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os componentes do túnel foram construídos utilizando madeira compensado naval 4 mm, enquanto a câmara de teste foi construída de material acrílico 4 mm. O túnel apresentou o comprimento 2,3 metros e os componentes construídos possibilitaram realizar ensaios satisfatórios, além disso, o equipamento foi montado sob uma bancada móvel que permitiu manuseá-lo para atividades fora de laboratório (Figura 2). A seção de contração, o difusor e a colmeia foram construídas na faculdade e, permitiu que o custo final ficasse abaixo de R\$ 2000,00 reais, preço relativamente baixo se comparado a outros projetos da mesma classe (Tabela 1).

Figura 2 – Túnel de vento montado.



Tabela 1 – Relação de custo na construção do túnel de vento.

Item	Quantidade	Valor
Difusor, Seção de contração, favo de mel.	1	R\$ 374,23
Câmara de teste	1	R\$ 452,00
Exaustor	1	R\$ 180,00
Anemômetro digital	1	R\$ 86,33
Máquina de fumaça	1	R\$ 220,19
Fita de led	1	R\$ 51,58
Outros	1	R\$ 250,00
	Total	R\$ 1614,33

O bom dimensionamento e a construção do projeto foram satisfatórios e permitiu realizar qualitativos para comparação com ensaios disponíveis na literatura. No primeiro teste (Figura 3a), verificou-se no ensaio realizado com um perfil de asa de avião que há a formação de região separada, estando de acordo com o que afirma Potter e Wiggert (2013) (Figura 3b). O segundo teste (Figura 4a) avaliou o escoamento entre dois edifícios. É possível perceber a região onde a recirculação do escoamento, conforme afirma Blessmann (1990) (Figura 4b).

Os ensaios apresentaram resultados similares ao encontrado na literatura. Dessa forma, o túnel de vento pode ser aplicado a pesquisas científicas e como complemento para aulas de engenharia.

## 5 – CONCLUSÕES

O túnel de vento construído proporcionou obter testes satisfatórios e com um custo relativamente baixo, atingindo o objetivo proposto neste trabalho. Dessa forma, o túnel se mostrou apto para ser utilizado em pesquisas futuras e auxiliar professores e alunos nos ensinamentos de aerodinâmica.

Figura 3 – (a) Ensaio em túnel de vento simulando o escoamento numa asa de avião; (b) Esquemática de um escoamento ao redor de uma asa de avião (Potter e Wiggert, 2013).

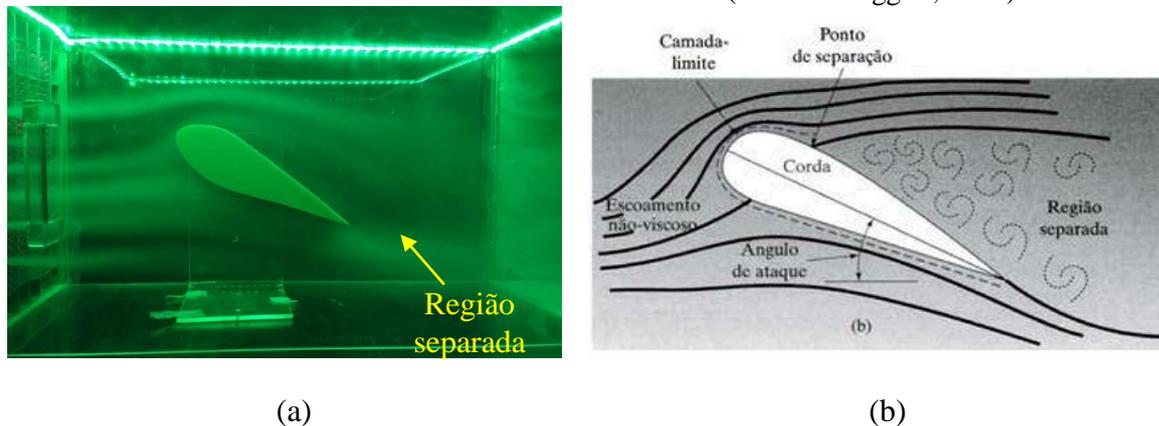
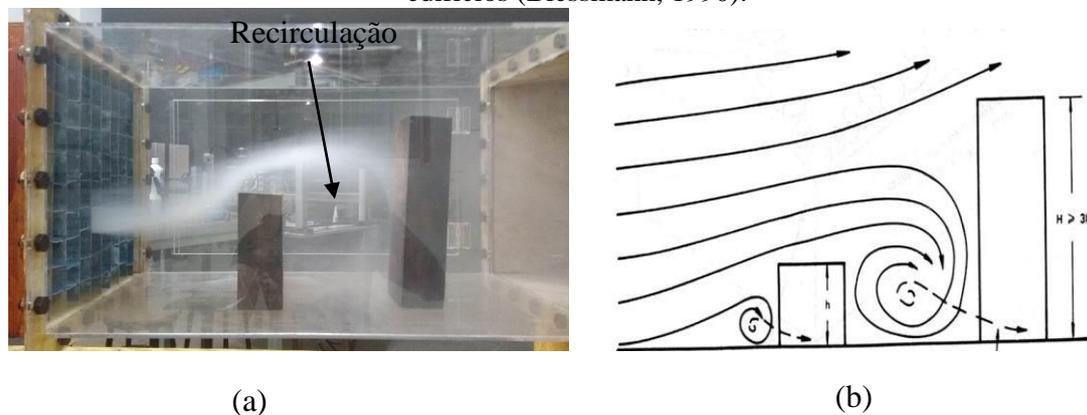


Figura 4: (a) Escoamento entre dois edifícios; (b) Esquemática de um escoamento entre dois edifícios (Blessmann, 1990).



## 6 – AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FSJB e ao CNPQ pelo apoio financeiro na forma de bolsa de IC.

## 7 – REFERÊNCIAS

1. KLEIN, T. **Dimensionamento de um túnel de vento subsônico**. 143 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
2. MOREIRA JUNIOR, O; ANTUNIASSI, U. R. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas**. Revista Energia na Agricultura, v. 25, n. 3, 2010. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/71>>. Acesso em 22 de junho de 2017.
3. BLESSMAN, J. **Aerodinâmica das Construções**. 2a Edição. Porto Alegre: Sagra. 1990.
4. COUTINHO, F. R. **Projeto de um túnel de vento subsônico do tipo soprador**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
5. GROFF, Jeana E. A.; ALÉ, Jorge Villar. **Projeto de túnel de vento subsônico de circuito aberto**. Rio Grande do Sul: PUC-RS, 2000.
6. POTTER, M. C; WIGGERT, D. C. **Mecânica dos Fluidos**. 3ª Edição. São Paulo. Cengage Learning. 2013.