

# Princípios de Aerotécnica

PARTE V (quinta parte)

ENG. J. CARVALHO LOPES

Professor Catedrático da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais e da Escola de Minas de Ouro Prêto.

## TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA

(Princípio de BERNOULLI)

**Demonstração empregando TUNEL DE VENTO e tubo de seção variável. Visualização manométrica pelo álcool colorido.**

O estudo que apresentamos nesta quinta parte consta do aproveitamento de relatório de "trabalho de laboratório" dum aluno, o de n.º 574 da terceira série de eng. mecânicos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Belo Horizonte. Empregou-se uma das três bôcas do Tunel de Vento da referida Escola, descrito no capítulo primeiro desta série. Potência de 20 HP e descarga de 20 am., com tubo quadrado (seção) de ar de  $V_{\infty} = 17,8$  m/s, pois o tubo Prandtl indicou 20 mm de álcool, donde

$$V = 4\sqrt{h_c} = 4\sqrt{20} = 17,8 \text{ m/s}$$

velocidade do jato, não perturbada (infinito-montante).

Pedimos que me relevem os professôres, os engenheiros e os técnicos em geral, que lerem o desenvolvimento que segue, que poderia parecer prolixo e monótono. Nossa exposição é, todavia, didática, dirigida a alunos de Mecânica dos Flúidos de nossas escolas de engenharia, cujos conceitos sôbre Física nos chegam tão deturpados. É que nós professôres recebemos, do secundário, algo fraco nêsses assuntos. Ainda há pouco, em concurso de admissão à Escola de Arquitetura, alunos entraram com Bária, Newton e outras do sistema Giorgio; embrenhavam-se na confusão entre pêso e massa, terminando errando no cálculo de pressão em simples coluna d'água. Nossa Cadeira, com sete disciplinas, tem cêrca de 500 alunos. Somos forçados, por questão de horário, a organizar 25 turmas de 20 alunos, o que é excessivo em trabalhos de laboratório. Chamada morosa, inevitável alguma algazarra, chegadas tardias perturbadoras, etc., de modo que se pode contar no máximo com 25% de alunos eficientes.

O ar, com 17,8 m/s penetra no citado tubo de seção variada ao longo de seu eixo, as velocidades se modificando e conseqüentemente as pressões, conservando constante a soma das energias correspondentes. O tubo da fig. 1 apresenta onze (11) tomadas estáticas (com incidência normal e sem saliência interna), dez das quais vão ter ao tôpo das colunas do "multi-manômetro", transmitindo-lhes as respectivas pressões, com exceção do extremo da direita que está aberta para a atmosfera, e chamado "testemunha" (tomada 0 = zero). Define êste as características do jato não perturbado. Sua pressão é a da sala do laboratório, isto é, a atmosférica local, que vimos ser de 66,5 cm de Mercúrio ou 9000 milímetros de coluna d'água, ou 9000 kg/m<sup>2</sup>, ou 9000 metros de coluna de ar no laboratório, uma vez que o ar aí é mil vêzes menos pesado que a água (1,022, ou sensivelmente 1 kg/m<sup>3</sup>). Sendo o jato livre na atmosfera, pela terceira Regra de Bresse numa seção reta do mesmo

## ESQUEMA DO TUBO DE VENTURI

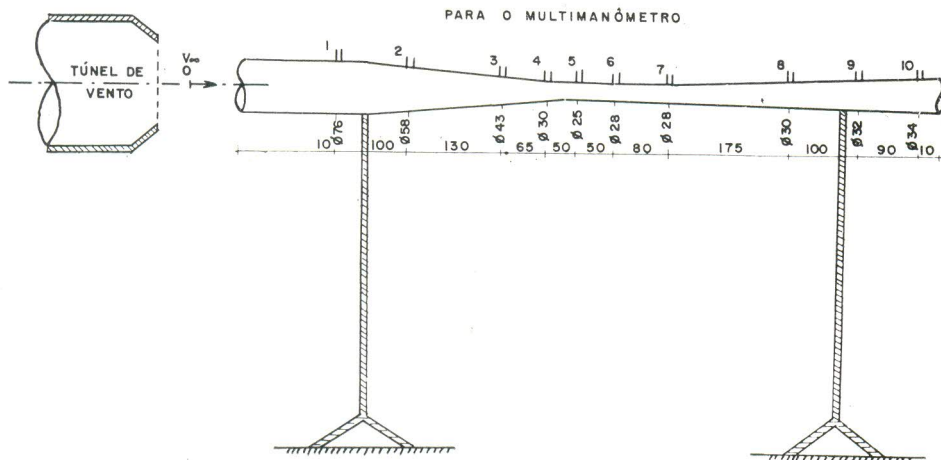


FIG. 1

FIG. 1

reinará a pressão atmosférica. Na realidade o tubo Pitot-Prandtl acusa pressão ligeiramente inferior, de fração de mm. A velocidade não perturbada, como vimos, é,

$$V_{\infty} = 17,8 \text{ m/seg}$$

Estes dois elementos, de índice infinito, abstração feita das cotas, definem a altura do plano absoluto de carga:

$$p_{\infty}/\bar{\omega} + V_{\infty}^2/2g = H$$

ou

$$9000/1 + 17,8^2/2 \cdot 9,80 = 9000 + 16,33 = 9016,33 \text{ metros}$$

que é a cota do plano de carga absoluto: H em metros de ar, segundo nossa convenção. Para partículas já penetradas no tubo e, pois, **perturbadas**, a equação de Bernoulli se escreverá (sem índices):

$$p/\bar{\omega} + V^2/2g = H = 9016,33 \text{ metros,}$$

p e V ao longo duma trajetória “média” e referentes ao quilograma de fluido transportado. Cabem aqui duas observações importantes:

1 — Dizem os compêndios que a espessura “média” atmosférica (envoltório gasoso da Terra) é da ordem de 80 a 100 quilômetros. **Como, então, poderíamos agora achar que a “altura atmosférica”, H, pouco ultrapassa 9 Km?** — Este resultado, que sempre intriga os alunos, decorre justamente de considerarmos o ar incompressível e de densidade constante. Volveremos detalhadamente, justificando-o, a este procedimento no fim do presente capítulo. Nas fórmulas supra o ar é suposto incompressível e de densidade referente ao ambiente do laboratório (1022 kg/m<sup>3</sup>). A realidade, porém, não é esta. Vimos, no capítulo III, que a pressão atmosférica decresce, e conseqüentemente a densidade, numa razão logarítmica expressa por

$$Z = Z_0 + K \cdot \log \cdot p_0/p \quad \text{para } K = (18,4 + 0,067 \cdot t_m)$$

e nesta correlação pressão-cota é que tem apóio o chamado “nivelamento barométrico”, pois Z<sub>0</sub> é a cota do laboratório e Z cota numa altitude genérica. Como se conhecem Z<sub>0</sub>

