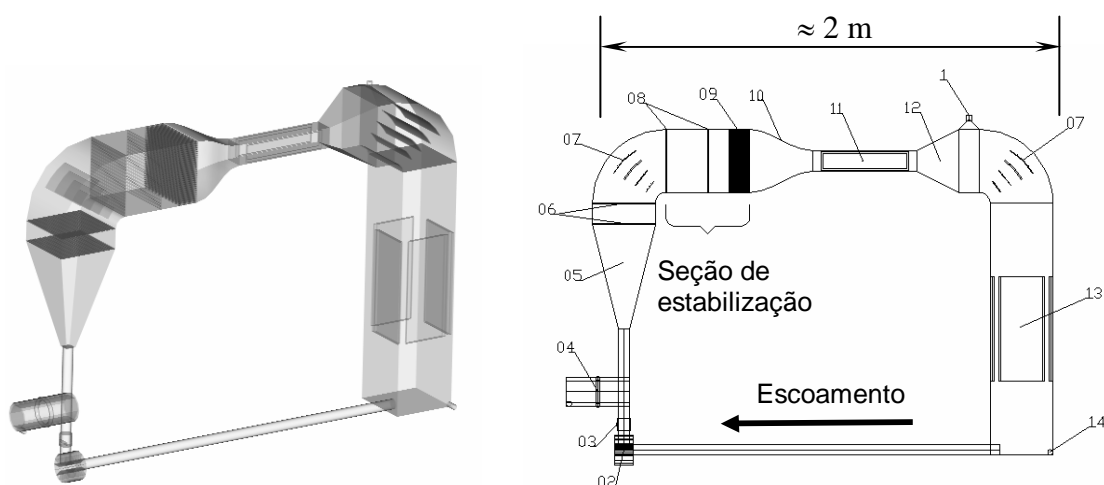


PROJETO, CONSTRUÇÃO E TESTE OPERACIONAL DE UM TÚNEL HIDRODINÂMICO EM CIRCUITO FECHADO PARA O ENSINO E A PESQUISA EM ENGENHARIA. Leonardo de C. Oyama, Augusto S. Bornschlegell, Reginaldo Cordeiro da Silva, Sérgio Said Mansur. – Engenharia Mecânica - Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira

Túneis hidrodinâmicos podem apresentar diferentes configurações geométricas e constituem as principais instalações de ensaio em muitos laboratórios de aerodinâmica e dinâmica dos fluidos ao redor do mundo. O objetivo deste equipamento, cujo projeto e a construção não podem ser encarados como tarefas triviais, é produzir um escoamento regular e em condições controladas no interior da seção de testes, para o ensaio de modelos e obstáculos sólidos de diferentes tipos, tais como os apresentados por Lindquist et al. (1997) e Lindquist et al. (2000). O presente trabalho descreve o projeto, a construção e os testes operacionais de um túnel hidrodinâmico em circuito fechado, inteiramente construído em acrílico, com 10 mm de espessura, permitindo a visualização do escoamento em cada um de seus componentes. Além da utilidade científica que lhe é inerente, estas características conceituais tornam o equipamento adequado também para aplicação no ensino de engenharia.

A Figura 1 mostra um esquema do circuito, identificando seus principais elementos. O sistema é alimentado por uma bomba centrífuga (02), com vazão nominal de $4,3 \text{ m}^3/\text{h}$. O fluido de trabalho – água da rede urbana – passa por uma válvula reguladora de vazão (03) e um filtro (04) e, em seguida, atravessa o primeiro difusor (05), que transforma a seção circular de $\frac{3}{4}$ de polegada em uma seção quadrada de $300 \times 300 \text{ mm}$. Na sequência, o fluido atravessa duas placas perfuradas (06) para, depois, entrar em um joelho equipado com vanes (07), que têm a função de evitar distorções exageradas do perfil de velocidade, melhorando as condições do escoamento na entrada da seção de estabilização (08 e 09), a qual, por sua vez, é dotada de duas outras chapas perfuradas (08) e de uma colméia (09). Em



(a) Vista em perspectiva

(b) Vista lateral

Legenda

- | | |
|--|----------------------------------|
| (01) Respiro. | (09) Colméia. |
| (02) Bomba. | (10) Contração. |
| (03) Válvula reguladora de vazão e filtro. | (11) Seção de testes horizontal. |
| (04) Sistema de filtragem. | (12) Segundo difusor. |
| (05) Primeiro difusor. | (13) Seção de testes vertical. |
| (06) Conjunto de placas perfuradas. | (14) Dreno. |
| (07) Placas diretrizes. | (15) Seção de estabilização. |
| (08) Conjunto de placas perfuradas. | |

Figura 1: Túnel hidrodinâmico em circuito fechado.

seguida, antes de chegar à seção de testes horizontal (11), com área transversal de 100 x 100 mm e comprimento de 500 mm, o fluido passa por uma contração (10), que além de gerar um perfil de velocidades uniforme na seção de testes (11) e com baixa intensidade turbulenta, tem a finalidade de acelerar o escoamento. A razão de contração utilizada no projeto foi de 9:1, cujo perfil é constituído de uma curva do terceiro grau, com ponto de inflexão situado na metade de seu comprimento e derivadas nulas em suas extremidades. A equação que define esse perfil é dada por:

$$f(x) = 7,407 \cdot 10^{-6} \cdot x^3 - 3,333 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 150 \quad (1)$$

na qual x é dado em mm. Com velocidade máxima de 0,12 m/s na seção de testes horizontal, ao passar por um segundo difusor (12), o fluido ganha energia potencial, pois a área é ampliada de 100 x 100 mm para 300 x 300 mm e, conseqüentemente, perde energia cinética. Dando continuidade ao trajeto, o fluido passa por uma segunda curva, também contendo placas diretrizes (vanes) (07), saindo da direção horizontal para a direção vertical descendente de baixa velocidade, e entrando, assim, na seção de testes vertical (13), com área transversal de 300 x 300 mm, onde a velocidade máxima é da ordem de 0,01 m/s. Em seguida, o fluido de trabalho é reconduzido à entrada da bomba (02), para ser continuamente impulsionado através do circuito.

No processo de construção, primeiramente foram desenhadas sobre as placas de acrílico o traçado das peças, que foram, em seguida, cortadas e usinadas. O próximo passo foi a confecção de moldes para a conformação termomecânica de alguns componentes, tais como os a contração e os joelhos. As peças foram conformadas após atingirem uma consistência gelatinosa devido a sua permanência em uma estufa a 120°C, durante um período aproximado de 20 minutos. Com todas as peças prontas, iniciou-se a colagem dos elementos, utilizando-se metacrilato de metila, que possui uma eficiência muito maior que a do clorofórmio. Para garantir uma boa qualidade óptica, o acabamento dos componentes foi realizado com uma cuidadosa operação de lixamento, com as lixas 80, 320, 400 e 600, nessa seqüência, seguido de um polimento com massa. Na montagem dos componentes, uma especial atenção foi dada à vedação entre os elementos separados por flanges. Por último, um tratamento térmico foi realizado em todo o equipamento, para alívio das tensões internas geradas durante todas as fases de construção e montagem.

Inicialmente, foram realizados testes de estanqueidade, utilizando-se um procedimento simples, porém de muita importância para garantir que não haja vazamentos no equipamento, já que se trata de um sistema hidrodinâmico fechado. Nesse processo, os componentes pré-montados foram devidamente vedados e preenchidos com água. Em seguida, verificou-se a eficiência da vedação e os eventuais vazamentos foram identificados e corrigidos. As Figuras 2 e 3 o túnel hidrodinâmico parcialmente montado, durante a realização dos testes de estanqueidade.

Na próxima etapa, será confeccionado um suporte para a sustentação e o nivelamento do equipamento. Serão, também, definidos os métodos a serem empregados na realização dos testes operacionais, tais como medição de pressão, velocidades e de visualização, para a determinação do envelope operacional do túnel.

Referências Bibliográfica

- Lindquist, C., Vieira, E.D.R., Ramos, R.A.V., Mansur, S.S. Estudo numérico e experimental do escoamento ao redor de um perfil aerodinâmico NACA 0012, *in: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM'97*, Associação Brasileira de Ciências Mecânicas – ABCM, CD-ROM, paper code: COB258, pp.1-8, Bauru, 1997.
- Lindquist, C., Almeida, O., Mansur, S.S., Silveira Neto, A. Estudo numérico e experimental do escoamento ao redor de cilindros de base retangular: influência da razão de forma, *in: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas - ENCIT'2000*, Associação Brasileira de Ciências Mecânicas – ABCM, CD-ROM, paper code: s16p20, pp.1-10, Porto Alegre, 2000.



(a) Elementos 01, 07, 12 e 13



(b) Elementos 06, 07, 08, 09 e 10

Figura 2: Túnel hidrodinâmico parcialmente montado, submetido a testes de estanqueidade.

Bolsa: CNPq