

## DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS DE MECÂNICA DOS FLUIDOS

Alexandre Vagtinski de Paula<sup>(1)</sup> Jorge A. Villar Alé<sup>(2)</sup>

(1) Estudante de Eng. Mecânica – Estagiário LSFM (2) Prof. Orientador

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS

FENG-DEM- Laboratório de Sistemas Fluidomecânicos - LSFM

Avenida Ipiranga 6681 - Caixa Postal 1429 - Porto Alegre, RS – Brasil

Palavras-chave: Túnel de Vento, Canal Hidráulico, Técnicas de Visualização

### RESUMO

No ensino de Mecânica dos Fluidos é fundamental a utilização de ferramentas computacionais e experimentais. Os alunos devem lidar com experiências práticas de laboratório, tanto qualitativas como quantitativas. No presente trabalho se descreve um túnel de vento de pequeno porte e um canal hidráulico para visualização de fluxo, ambos desenvolvidos no Laboratório de Sistemas Fluidomecânicos.

Até agora não é tarefa fácil dispor de equipamentos didáticos que possam ser adquiridos com baixo custos para tal análise. Existe um mercado de equipamentos didáticos de excelente qualidade, contudo, estes equipamentos devem ser importados e geralmente são de alto custo o que torna proibitiva a compra de várias unidades para atividades em grupos de alunos. Uma alternativa para fornecer os conhecimentos aos alunos é construir no próprio laboratório equipamentos didáticos. A construção de um equipamento específico traz vantagens já que segundo o projeto pode ter um custo muito reduzido, permitindo assim reproduzir tal equipamento conforme o sucesso alcançado. No presente trabalho são apresentados os principais resultados obtidos com as metodologias utilizadas. Cabe assinalar que os resultados apresentados não tem o intuito de reproduzir o que já é consagrado na literatura, mas sim mostrar como é possível a reprodução de tais resultados de maneira simples e econômica permitindo que os alunos coloquem em práticas conteúdos das disciplinas, que muitas vezes são estudadas somente de forma teórica ficando o aluno com informações superficiais e não com conhecimentos dos conteúdos. O presente trabalho aborda os equipamentos utilizados para levantarem as experiências e posteriormente são apresentados os resultados e as conclusões dos trabalhos.

Túnel de vento de pequeno porte: O túnel de vento utilizado para as experiências foi projetado e construído no Laboratório de Sistemas Fluidomecânicos (LSFM). Foi todo fabricado em acrílico. A Fig. (1) mostra os componentes do túnel de vento. O túnel conta com um inversor de frequência que permite controlar a velocidade de rotação do ventilador e assim controlar a velocidade de corrente livre na seção de teste.



Figura 1. Túnel de vento de pequeno porte construído no LSFM

Foram utilizados os seguintes instrumentos para as medições no túnel de vento: Tubo de Pitot, manômetro digital e inclinado, anemômetro digital e cilindro. Foi utilizado um cilindro de pvc com diâmetro de 40mm (Fig.(2)). Cabe salientar que tanto o tubo de Pitot como o manômetro inclinado foram também fabricados no LSFM.



Figura 2. Esquema da tomada de pressão sobre um cilindro

Para a determinação experimental de  $C_p$  se realiza um procedimento de calibração dos manômetros; Posteriormente se liga o ventilador fixando uma rotação específica com o inversor de frequência. Posteriormente se mede a velocidade na seção de teste do túnel, o qual pode ser realizado por dois procedimentos: (1) Com o tubo de Pitot; (2) Com anemômetro digital. A pressão da corrente livre ( $P_\infty$ ) se mede com o manômetro conectado a tomada  $T_2$ . A outra tomada do manômetro deve estar no ambiente. Posteriormente instala-se o cilindro de pvc na seção de teste. A seguir mede-se a pressão estática da tomada que sai do cilindro para um ângulo de incidência igual a  $0^\circ$ ; Em seguida se repete o procedimento da medição da pressão estática no cilindro para diferentes ângulos.

Canal hidráulico para visualização de fluxo: Também foi aperfeiçoado um canal hidráulico inserindo o dispositivo de Hele-Shaw para visualização de fluxo descrito a seguir. O modelo foi instalado entre duas placas paralelas de acrílico. O escoamento do fluido neste estreito espaço é realizado por gravidade e a vazão é controlada através de uma válvula de registro. Injetando-se corante na entrada do canal, podem ser observadas as linhas de corrente correspondentes às características do escoamento potencial. Tal método é utilizado quando a velocidade é suficientemente pequena para que as forças de inércia sejam desprezíveis. Para tal, deve-se garantir que  $(h/L)^2 < 1$ , onde  $h$  é a separação entre placas e  $L$  o comprimento característico do modelo. Tal sistema deve ser introduzido no canal hidráulico com a finalidade de colocar o modelo a ser visualizado. O material do dispositivo é de acrílico e mangueira transparente. O elemento injetor de corantes também é incluído nesta fase do trabalho. A Fig.3(a) mostra uma vista superior do canal hidráulico, a Fig. 3(b) e a Fig. 3(c) apresentam uma vista frontal do canal com um modelo na seção de teste, e a Fig.3(d) apresenta-se um detalhe do injetor do canal hidráulico.

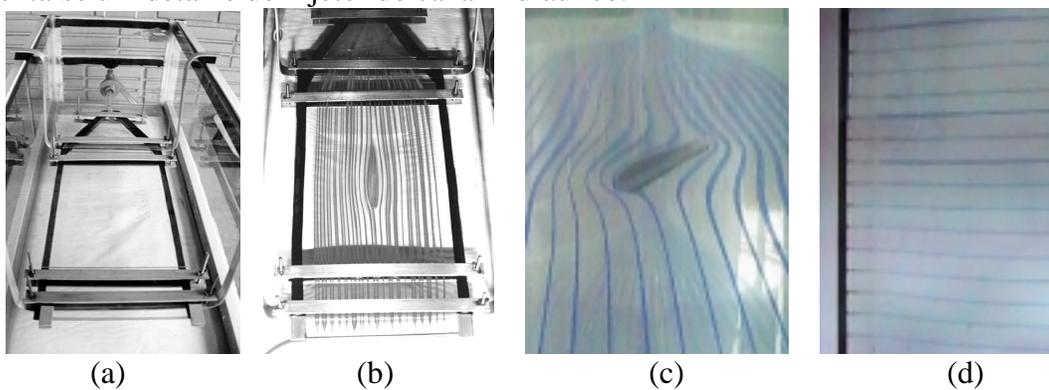


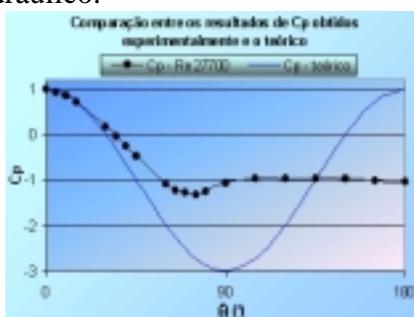
Figura 3. Vista superior do canal hidráulico e detalhe do injetor.

Constatamos a viabilidade da construção e funcionamento dos equipamentos desenvolvidos e construídos no Laboratório de Sistemas Fluidomecânicos (LSFM). Os resultados experimentais do coeficiente de arrasto do túnel de vento didático de pequeno porte obtidos pela integração da distribuição de pressão mostram uma boa concordância, verificando-se a potencialidade das ferramentas computacionais e experimentais para uso didático no ensino de Mecânica dos Fluidos. Na continuidade deste trabalho esperamos que os alunos das disciplinas de ciências térmicas possam utilizar este e outros equipamentos similares em fase de construção para as aulas práticas de Mecânica dos Fluidos. Espera-se acrescentar a esta experiência o levantamento da distribuição de pressão em torno de um perfil aerodinâmico no túnel de vento. Atualmente estão em processo de montagem 3 unidades de este tipo de túnel de vento construídos totalmente em acrílico.

Já no canal hidráulico para visualização de fluxo, a técnica de injeção de corantes permitiram a visualização do escoamento sobre diversas geometrias. Algumas dificuldades foram encontradas devido a sensibilidade necessária para conseguir posicionar corretamente o injetor de corante entre as paredes formadas pelas chapas de acrílico. Podem ser obtidos ótimos resultados de visualização de fluxo para uso didático assim como para investigações de fenômenos complexos em qualquer campo da Mecânica dos Fluidos.

Os equipamentos aperfeiçoados estão sendo reproduzidos para atividades de laboratório no ensino de Mecânica dos Fluidos e Aerodinâmica permitindo que os alunos possam complementar o aprendizado teórico com informação quantitativa dos campos de escoamento reproduzidos nas experiências.

A Fig.4(a) mostra os dados da distribuição de pressão sobre um cilindro obtido no túnel de vento, e a Fig.4(b) mostra as linhas de corrente através de um perfil aerodinâmico em canal hidráulico.



(a) distribuição de pressão de cilindro em túnel de vento



(b) perfil aerodinâmico em canal hidráulico

Figura 4. Alguns resultados obtido com os equipamentos aperfeiçoados no laboratório

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alé J.V.; 1998, **Visualização de Fluxo em Canal Hidráulico com Técnica de Injeção de Corantes.**, Congresso Chileno de Ingenieria Mecânica., vol.1. pp. 1033-1037.
- Alé, J.A.V., Dias, D.S., Peña, R.M., Cordeiro, C., 1999, **Visualização de fluxo em Corpos Submersos com Técnica de injeção de Corantes.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM99, Águas de Lindóia - SP.
- Alé.,V.J.A., 1997, **Implementação de Ferramenta Computacional para Análise Computacional de Escoamento em Sistemas Fluidomecânicos.** Projeto PIBIC/CNPq/PUCRS.
- Fox, R.W., McDonald, A.T., 1998, **Introdução à mecânica dos Fluidos**, School of Mechanical Engineering Purdue University, Ed. LTC, 4<sup>o</sup> Edição, pp. 361-368.