

ESCOAMENTO AO REDOR DE ESFERAS

M.F. Pelegrini (1) e E.D.R. Vieira

Departamento de Engenharia Mecânica, FEIS, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Brasil Centro, 56, Ilha Solteira, S.P., cep: 15.385.000.

Palavras chaves: Esfera Rígida, Fotografia, Emissão de Vórtices.

RESUMO

O problema referente ao movimento de queda livre de uma esfera rígida em um meio fluido isotérmico infinito despertou a atenção dos pesquisadores há muitos séculos, em especial GALILEO GALILEI, e seus célebres experimentos acerca do movimentos dos corpos. Nos dias atuais o problema ainda é alvo de extensos trabalhos de pesquisa experimental e numérica devido a importância que este tipo de escoamento possui em diversas aplicações de engenharia.

Segundo Fox & McDonald, (1998), para números de Reynolds abaixo da unidade, verifica-se a formação de uma esteira simétrica e com uma alta estabilidade, onde o fluido consegue contornar a superfície do corpo, pois as forças viscosas praticamente dominam o escoamento. Com o aumento do número de Reynolds forma-se a jusante do corpo, dois vórtices permanentes estacionários rotativos, denominados de bolhas de recirculação. Com um maior aumento do número de Reynolds, começam a aparecer instabilidades na linha do escoamento abaixo das bolhas de recirculação, provocando uma oscilação da mesma. Aumentando ainda mais o número de Reynolds, ocorre o desprendimento da camada limite, provocando a geração de vórtices alternados em ambos os lados do corpo, formando a esteira turbilhonária de VON KÁRMÁN.

No presente trabalho, realiza-se com auxílio de técnicas experimentais, o estudo do escoamento, para número de Reynolds menores que 10^3 , ao redor de uma esfera rígida visando a determinação de parâmetros qualitativos e quantitativos.

Os ensaios foram conduzidos em um Túnel Hidrodinâmico Vertical de baixa turbulência de $146 \times 146 \times 500$ mm de seção de testes, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, operando em “blow-down” por efeito gravitacional. O sinal de velocidades na esteira de vórtices de uma esfera de 35,5 mm de diâmetro foi obtido utilizando-se de um anemômetro de filme quente e uma placa de aquisição A/D. A frequência de aquisição do sinal foi de 100 Hz e a amostragem de 2048 pontos, totalizando-se um tempo de amostragem de 20,48 s. Imagens da esteira de turbilhões foram geradas utilizando-se a técnica de injeção de corantes líquidos denominada de *Dye Wash*.

Na Fig. 1 é apresentada as imagens capturadas em película fotográfica da esteira gerada pela esfera rígida para diferentes números de Reynolds. O sentido do escoamento é de cima para baixo. O ângulo de descolamento (θ) pode ser obtido a partir do processamento digital da imagem.

Na Fig. 2 é apresentado o gráfico obtido a partir das imagens do escoamento visualizado do ângulo de descolamento (θ), também denominado de ângulo de separação, em função do número de Reynolds. Os resultados experimentais obtidos no presente trabalho são comparados com os resultados obtidos através de análise numérica de Lee, (2000).

O sinal de velocidades na esteira da esfera foi colhido para Reynolds igual 475, com a sonda posicionada na esteira a jusante quatro vezes o diâmetro da esfera na direção vertical (y). A Fig. 3 apresenta os valores da turbulência média obtida para diferentes posições horizontais (x). O valor da turbulência foi calculado pelo valor médio quadrado RMS.

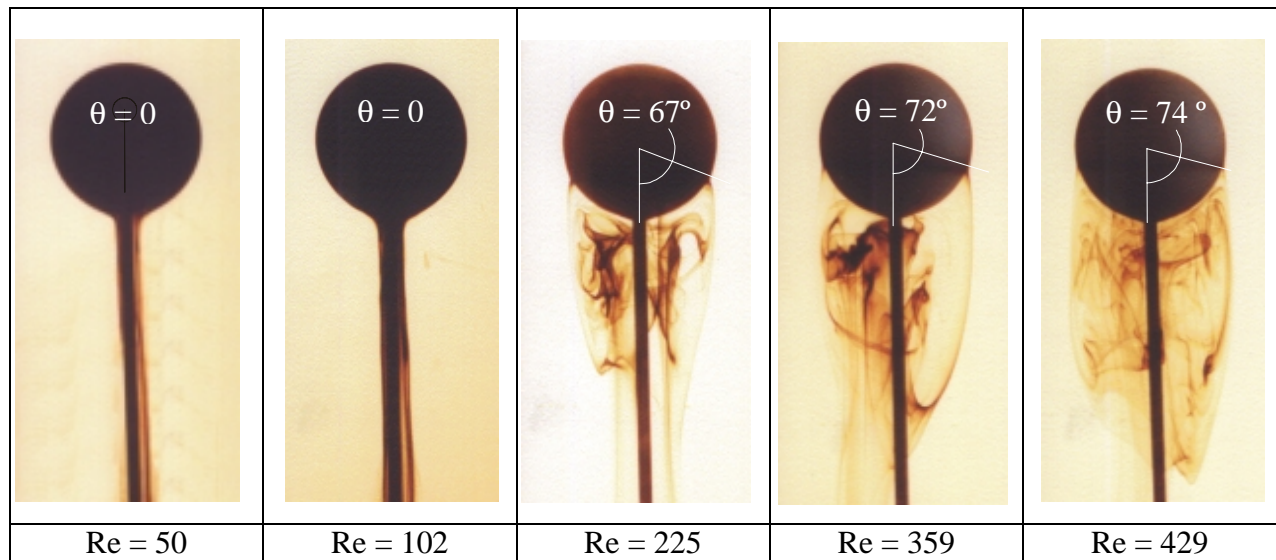


Figura 1 – Emissão de vórtices em função do nº de Reynolds, e seus respectivos ângulos de separação da camada limite.

O valor da intensidade turbulenta (IT) pode ser calculado segundo a equação (1):

$$IT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(u_i - \bar{u})^2} \quad (1)$$

onde (u_i) é o i ésimo valor da velocidade e (\bar{u}) é o valor médio temporal da velocidade, para nosso caso, (n) é igual a 2048 pontos de medição.

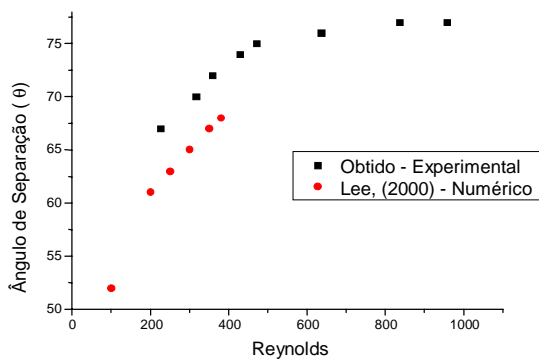


Fig. 2 Ângulo de descolamento

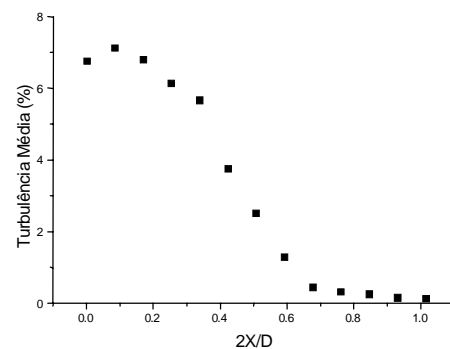
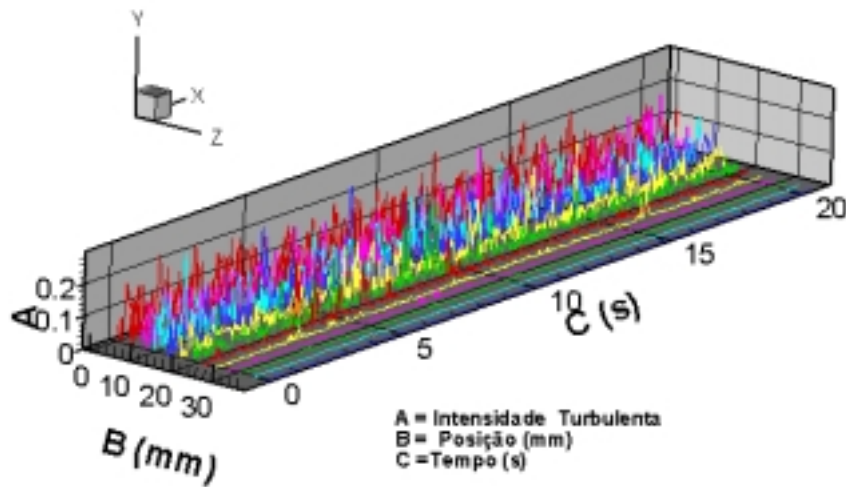


Fig. 3 Turbulência média na esteira

Podemos observar na Fig. 2 que a intensidade turbulenta média é maior no centro da esfera, região onde ocorre toda a dinâmica de formação e de despreendimento dos vórtices, e vai diminuindo à medida que a sonda é posicionada fora da esteira tendendo ao valor próximo de zero correspondente ao valor da turbulência do escoamento livre não perturbado ($IT < 0,1 \%$).

Na Fig. 4 é apresentado diferentes valores coletados da intensidade turbulenta instantânea obtidas em diferentes posições horizontais (x) na esteira da esfera, equivalente a um tempo de aquisição de 20,48 s.



Um estudo experimental do escoamento ao redor de esferas utilizando-se de técnicas de visualização hidrodinâmica de escoamentos e anemometria de filme quente foi realizado no âmbito do presente trabalho. Os resultados obtidos de caráter qualitativo, referentes as imagens da esteira, e de caráter quantitativo, referente ao ângulo de descolamento, obtidos do processamento digital das imagens e da intensidade turbulenta da esteira são importantes subsídios para confirmação de resultados obtidos através de análise numérica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FOX, R. W. & MCDONALD, A., T., Introdução à Mecânica dos Fluidos, 4ª Edição, LTC Editora, 1998.

LEE, S. - A Numerical Study of the Unsteady Wake Behind a Sphere in a Uniform Flow at Moderate Reynolds Numbers, Computer and Fluids, vol. 29, pp.639-667, 2000.