

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
EXPERIÊNCIA 06

ATRITO EM TUBOS LISOS

Prof. Luiz Simão de Andrade Filho

1. OBJETIVO

Estudar a perda de carga linear em tubos lisos.

2. BASE TEÓRICA

Quando um fluido real escoar através de um tubo, a soma da energia cinética, pressão e energia potencial decresce ao longo do tubo. A diferença entre a energia de dois pontos quaisquer do tubo será da por:

$$h_l = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + z_1 - z_2$$

onde h_l é chamada de perda de carga.

Se o tubo é horizontal e de seção constante, h_l é chamada de perda de carga linear, passando a ser dada por:

$$h_l = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \quad (1)$$

A perda de carga é ocasionada pelo cisalhamento viscoso e pela dissipação de energia devida à turbulência. Quando o fluxo é laminar a turbulência não está presente e a perda de carga é proporcional à velocidade. Quando o fluxo é turbulento é aproximadamente igual ao quadrado da velocidade.

A maior parte das aplicações na engenharia de escoamento de tubos estão no regime turbulento, a equação comumente utilizada para o cálculo da perda de carga é a equação de Darcy e Weisbach:

$$h_l = \frac{\Delta p}{\gamma} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

onde f é coeficiente de atrito, obtido experimentalmente, função do número de Reynolds (Re) e da rugosidade relativa (ϵ/D), fig. 1.

Para escoamento laminar a perda pode ser determinada analiticamente, pela equação de Hagen-Poiseuille:

$$h_l = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{32\mu LV}{\rho g D^2} \quad (3)$$

As figuras se encontram em anexo na última folha desta experiência.

Comparando (2) e (3) observamos que para escoamento laminar $f = 64/Re$.

Numerosas relações para o coeficiente de atrito f , estão disponíveis na literatura. As mais comuns são apresentadas a seguir:

Equação de Blasius:

$$f = 0,316Re^{-1/4} \quad (4)$$

utilizada para $Re < 10^5$ em tubos lisos.

Fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re f^{1/2}} \right)$$

utilizada para tubos lisos e rugosos. Esta equação é a base do diagrama de Moody, fig. 1.

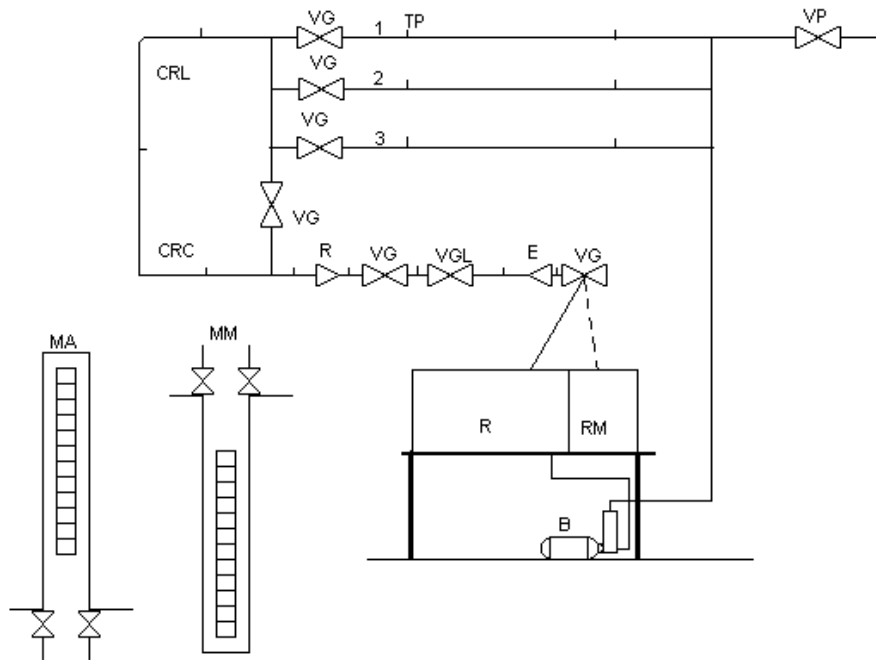
3. EQUIPAMENTO

O equipamento utilizado nesta experiência, fig. 2, consiste de três tubos lisos (PVC) com diâmetros internos de 25,2mm, 20,5mm e 15,9mm. Tomadas de pressão distantes 2,0m uma da outra são disponíveis nos três tubos.

A perda de carga é medida através de manômetros de tubo U (água-mercúrio) e U invertido (ar-água).

A vazão volumétrica é medida pelo método gravimétrico. Para isto existe um cronômetro e um divisor montado na descarga do sistema de modo a se poder desviar rapidamente o fluxo do reservatório para o recipiente de medida e vice-versa.

Próximo ao reservatório existe uma balança de plataforma para determinar-se o peso da água recolhida no recipiente e daí seu volume.



4. PROCEDIMENTO

- Abrir todas as válvulas do sistema, exceto a de descarga (9), a mais próxima do reservatório) e ligar a bomba.
- Abrir gradualmente a válvula de descarga até que saia todo o ar da tubulação.
- Conectar os tubos plásticos nas tomadas de pressão do tubo 1, fechar as válvulas dos tubos 2 e 3 e verificar se não existem bolhas de ar nos tubos plásticos.
- Para 5 vazões diferentes, obtidas através do fechamento parcial da válvula de descarga, proceder as leituras das perdas de carga no manômetro, esperando antes que os meniscos se estabilizem.
- Para cada vazão considerada desviar o fluxo do reservatório para o recipiente de medida e vice-versa, recolhendo no mínimo $\frac{3}{4}$ de seu volume, medindo o tempo de recolhimento através do cronômetro. Levar o recipiente com água à balança, anotar o peso total e devolver a água recolhida ao reservatório.
- Repetir os procedimentos (c), (d) e (e) para os tubos 2 e 3. A leitura da perda no tubo 3, por ser muito grande, só poderá ser feita no manômetro de mercúrio.
- Pesar e anotar o peso próprio do recipiente.
- Fechar a descarga e desligar a bomba.

5. RESULTADOS

- Calcular f através da equação (2) e do número de Reynolds (Re) para cada vazão e tubos considerados.
- Plotar os gráficos em papel di-log do coeficiente de atrito f versus o n^o de Reynolds Re .
- Inserir no gráfico do item (b) a equação de Blasius (4).

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Comparar os valores obtidos experimentalmente para f com aqueles fornecidos pela equação de Blasius e discutir as discrepância. Discutir sobre as possíveis fontes de erro existentes na experiência.

7. BIBLIOGRAFIA

TUVE, G.L. & Domholdt, L.C. “Engineering Experation”. Nova Yorque. Mc Graw Hill Book Company. 1996.

FOX, R.W. & Mc Donald, A.T. “Introdução à mecânica dos fluidos”. Guanabara Dois. 1981.

8. MATERIAL NECESSÁRIO

- 01 Cronômetro
- 01 Recipiente volumétrico
- 01 Bomba de pneu de bicicleta

- 02 Folhas De Papel Pautado
- 01 Folha De Papel Di-Log (Log-Log)
- 01 Planilha
- 01 Capa De Relatório