

PQI 3202: FENÔMENOS DE TRANSPORTE I
PRIMEIRA PROVA
Formulário Auxiliar

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \Delta u + \frac{\Delta p}{\rho} = Q + W_s \quad (\text{balanço macroscópico de energia})$$

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \Delta H = Q + W_s \quad (\text{balanço macroscópico de energia})$$

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \frac{\Delta p}{\rho} + l_{wf} + \eta_p W_s = 0 \quad (\text{equação de Bernoulli})$$

$$\eta_p = \frac{l_{wp} + W_s}{W_s} \quad (\text{rendimento ou eficiência da bomba})$$

Perfil de velocidades para escoamento laminar de fluido newtoniano

$$v = \frac{(-\Delta P)}{4\mu L} R^2 \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]; v_{\max} = 2v_b$$

$$\dot{m} = \rho v_b A \quad (\text{vazão mássica})$$

$$v_b = \frac{1}{A} \iint_A v dA \quad (\text{velocidade média})$$

$$l_{wf} = \frac{2f_F L v_b^2}{D} \quad (\text{perda de energia em tubo, usando fator de atrito de Fanning})$$

$$l_{wf} = k \frac{v_b^2}{2} \quad (\text{perda de energia mecânica, usando o fator } k)$$

$$f = \frac{F_{\text{atrito}}}{\left(\frac{1}{2} \rho v_b^2 \right) (\pi D L)} \quad (\text{definição de fator de atrito de Fanning num tubo})$$

$$f = f \left(\frac{\rho v_b D}{\mu}, \frac{e}{D} \right) \quad (\text{fator de atrito em tubo})$$

$$\frac{e}{D} = \frac{e}{D} \quad (\text{material de construção, } D) \quad (\text{rugosidade relativa de tubo})$$

$$f = \frac{16}{Re} \quad (\text{fator de atrito de Fanning para escoamento em regime laminar})$$

$$\tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) \quad (\text{lei de Newton})$$

$$\tau_{rz} = -\mu \frac{\partial v_z}{\partial r} \quad (\text{lei de Newton para escoamento unidirecional em tubo})$$

$$\tau = \frac{(-\Delta P)r}{2L} \quad (\text{para um tubo horizontal})$$

$$AMT = \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v_b^2}{2g} + z \right)_{\text{saída}} - \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{v_b^2}{2g} + z \right)_{\text{entrada}} \quad (\text{altura manométrica total para uma bomba})$$

Medidor Venturi e placa de orifício:

$$v = C_v \sqrt{\frac{2(-\Delta p)}{\rho(1 - \beta^4)}}$$

$$\beta = \frac{d}{D}$$

$\Delta P = (\rho_m - \rho)g \Delta h$ (diferença de pressões num manômetro em U)

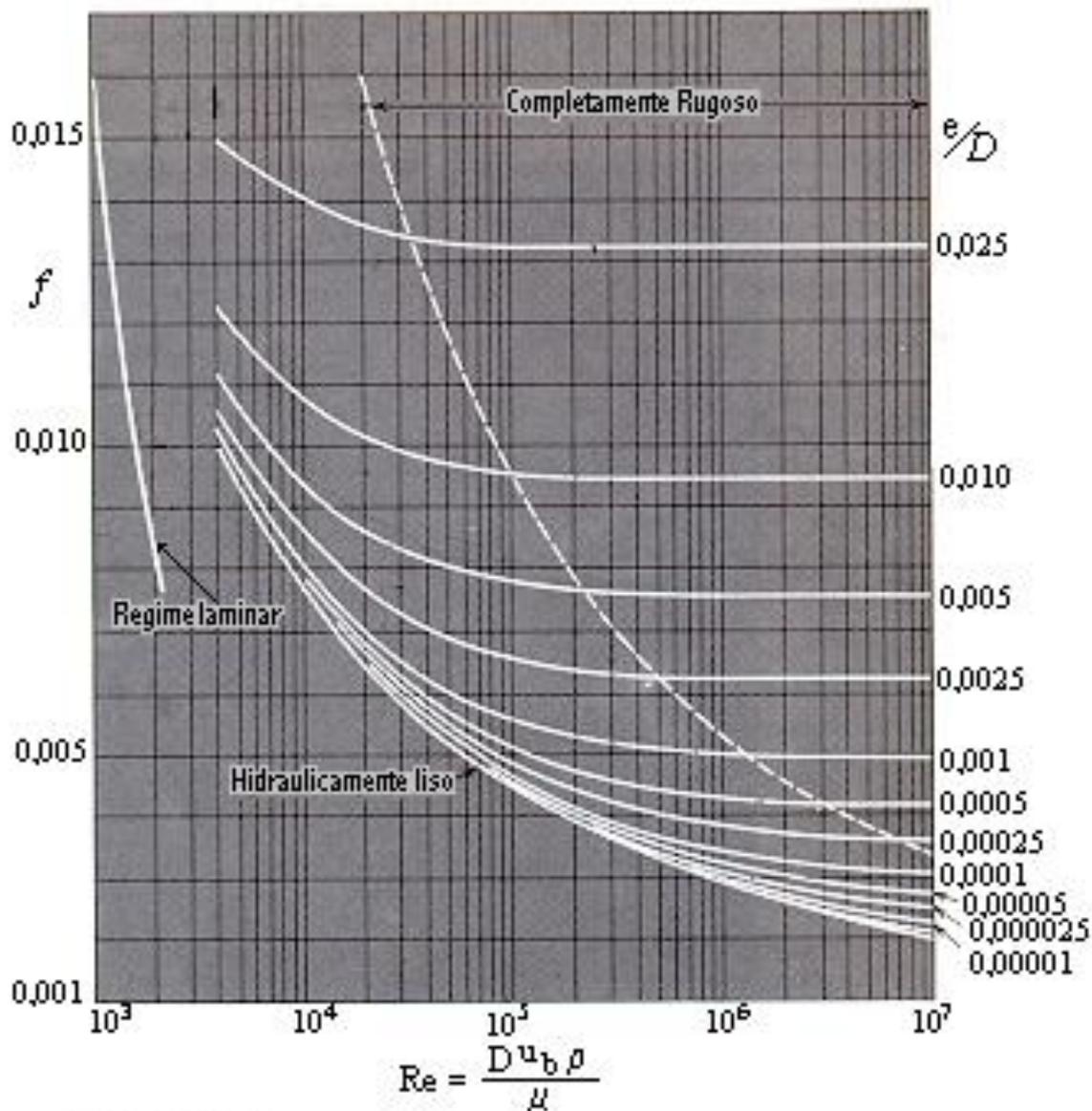


Figura 14-1

Fator de atrito versus número de Reynolds e rugosidade relativa para tubos comerciais.

Fonte: J. G. Kraudsen and D. L. Katz, "Fluid Dynamics and Heat Transfer", fig. 7-21, p. 176, Mc Graw - Hill Book Company, New York, 1950.

In: Bennett and Myers, 1982.



NOME: _____ Nº USP: _____

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PQI 3203 Fenômenos de Transporte II

Prova P1 - escrita/duração total: 180 min.

18/06/2020

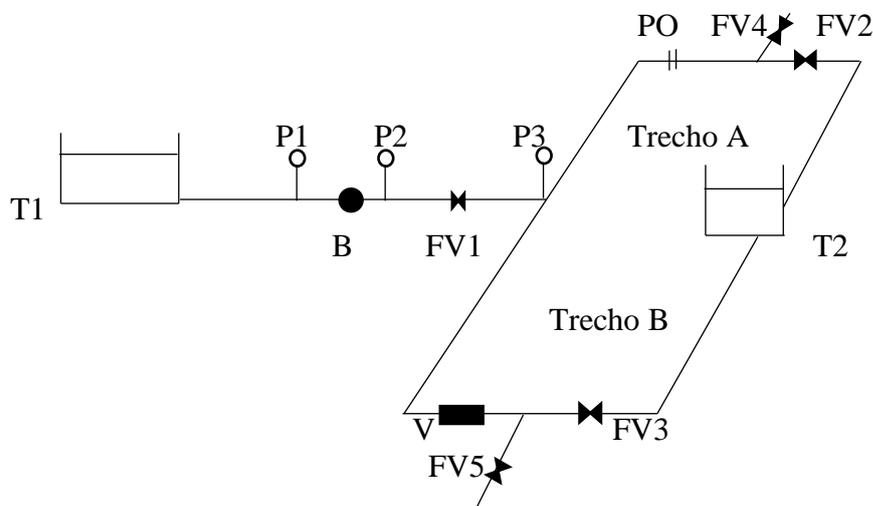
| | | | | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
| Número USP: | | | | | | | | | | |
| NOME: | | | | | | | | a | b | c |

$\min(a,b,c)+1 = C =$; $a+b+c-A-C+6 = B =$; $\max(a,b,c)+3 = A =$

- A CONSULTA AO MATERIAL DO CURSO ESTÁ AUTORIZADA.
- A PROVA É INDIVIDUAL, SENDO VEDADA QUALQUER COMUNICAÇÃO OU PARTICIPAÇÃO INTERNA OU EXTERNA DURANTE A REALIZAÇÃO DA PROVA.
- SEGUE O ENUNCIADO DO PROBLEMA.
- ÀS 10H15 TERÁ INÍCIO A PROVA TESTE ONLINE COM DURAÇÃO DE 60 MINUTOS.
- ÀS 11H20 TERÁ INÍCIO A PROVA ESCRITA COM 60 MINUTOS.
- EXPLÍCITE CLARAMENTE AS HIPÓTESES ADMITIDAS PARA A RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES ESCRITAS.
- A RESOLUÇÃO MANUSCRITA DA PROVA, COM NO MÁXIMO QUATRO PÁGINAS, DEVE SER ENTREGUE NO SISTEMA MOODLE.

PQI 3203: FENÔMENOS DE TRANSPORTE I

Um fluido newtoniano (densidade 1000 kg/m^3 e viscosidade $0,001 \text{ Pa.s}$) deve ser bombeado de um tanque T1 para uma rede de tubulações a uma vazão de $(23,40 + B/20) \text{ m}^3/\text{h}$ conforme mostrado a seguir.



Toda a tubulação está na horizontal. É construída em aço carbono comercial com rugosidade 0,052mm.

O fluido sai do tanque T1, cujo nível é mantido constante em $(2 + A/10)$ m, em relação ao nível do solo, e é bombeado pela bomba centrífuga B que opera com 75% de rendimento. P1, P2 e P3 são manômetros. A válvula FV1 é do tipo globo e está parcialmente aberta ($K=6,0$). As válvulas FV2, FV3, FV4 e FV5 são válvulas gavetas que regulam a passagem do fluido para os diversos ramos de tubulação. Há dois medidores de vazão: PO é uma placa de orifício que opera com mercúrio (densidade 13600 kg/m^3 e viscosidade 17cP); V é um medidor Venturi que se pretende colocar na linha.

Dados da tubulação:

-tubo que sai de T1 até o manômetro P3: aço comercial 2"Sch40 (5,25cm); contração brusca do tanque para o tubo ($K=1,0$); de T1 até a bomba B, 50m, da bomba B até a válvula FV1, 30m, da válvula FV2 até o manômetro P3, 20m;

-de P3, passando por PO, FV2 até o tanque T2 - designado aqui por TRECHO A: aço comercial 2 ½ "Sch40 (6,271cm); o comprimento total da tubulação, incluindo todas as singularidades exceto a válvula FV2 e a expansão brusca é de 379m;

-de P3, passando por V, FV3 até T2, designado aqui por TRECHO B: aço comercial 3"Sch40 (7,793cm); o comprimento total incluindo todas as singularidades, exceto a válvula FV3 e a expansão brusca é de 976m.

A conexão dos tubos com o tanque T2 é uma expansão brusca ($K=1,0$).

Considere a situação em que as válvulas FV4 e FV5 estão totalmente fechadas e as válvulas FV2 e FV3 regulam a vazão para esses trechos de tubulação respectivamente. Para esta situação, com relação às válvulas tem-se: FV1, $K = 6,0$; FV2 15m; FV3 24m.

Sabe-se que a a pressão no manômetro P3 é $(548 + A)$ kPa.

Com relação aos medidores de vazão:

-a placa de orifício (fluido manométrico é o mercúrio com densidade 13600 kg/m^3 e viscosidade 17cP) tem um diâmetro de orifício de 3cm e coeficiente da placa 0,61.

-o medidor venturi deverá ser instalado para verificação da vazão na respectiva linha indicada na representação da tubulação feita anteriormente. Está indicado como V na linha. Previu-se um diâmetro menor do venturi de 4cm e o coeficiente do venturi é de 0,98. Há dúvidas quanto ao melhor fluido a ser instalado. A tabela a seguir apresenta alguns fluidos como sugestão:

| FLUIDO | DENSIDADE (kg/m^3) |
|--------------------------|-------------------------------|
| Benzeno | 876 |
| Tetracloroeto de carbono | 1584 |
| Mercúrio | 13600 |

Dados:

Pressão: $1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 101325\text{Pa} = 1,033\text{kgf/cm}^2$.

Adotar: $g=9,8\text{m/s}^2$.