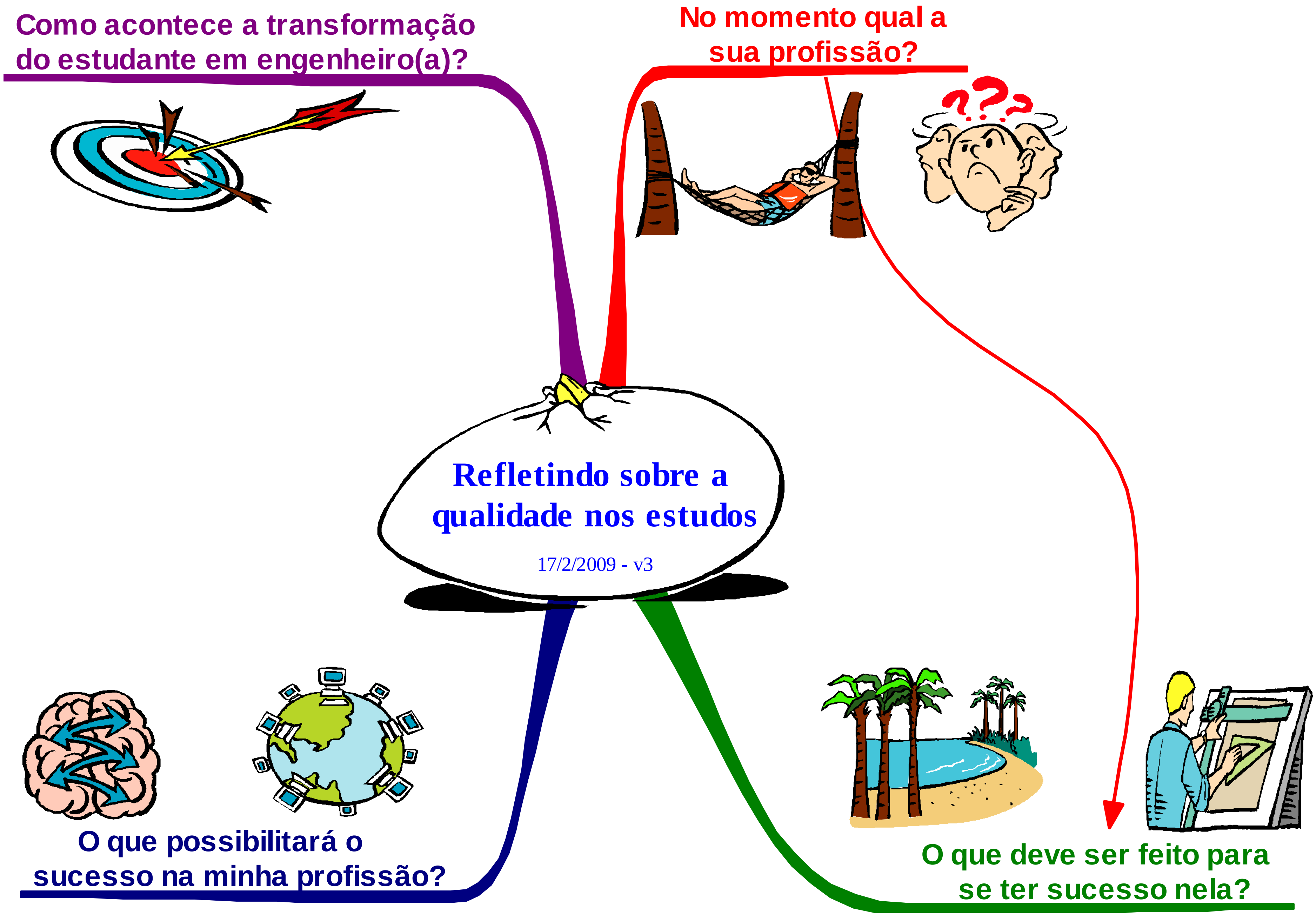
Mecânica dos Fluidos para Engenharia Química

Segunda aula de complemento

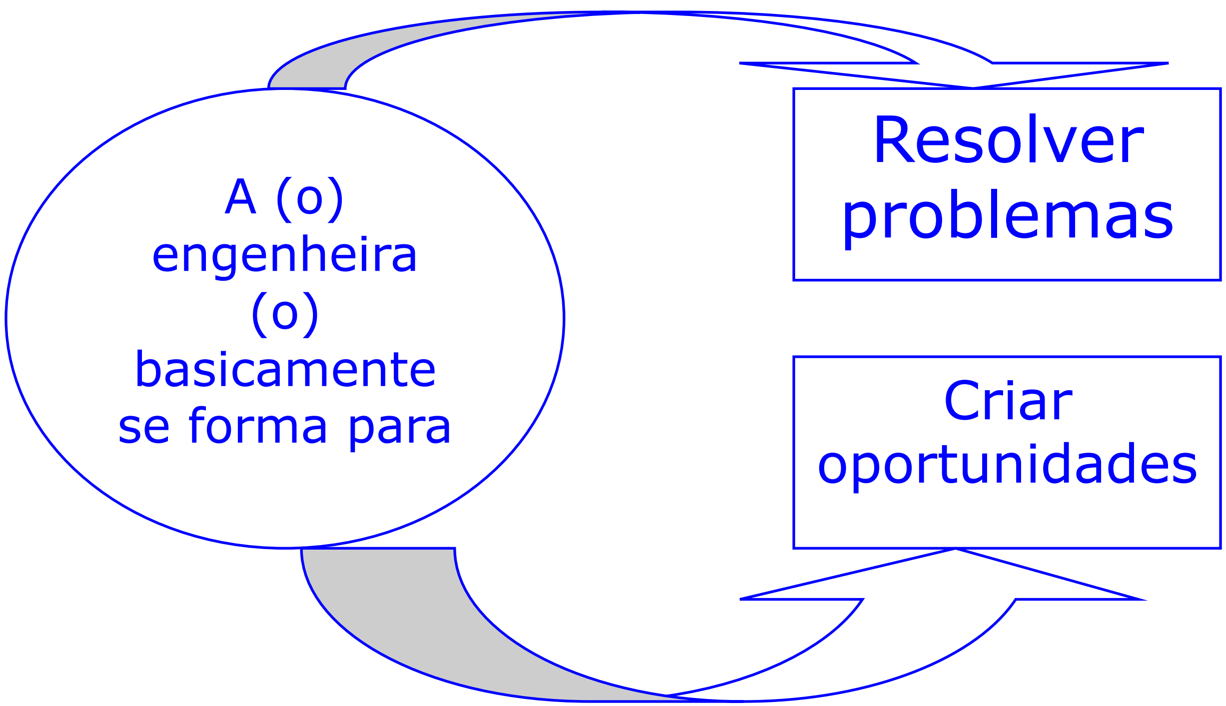
17/02/2009

Para construir a qualidade profissional denominada de empregabilidade é fundamental que se construa uma formação alicerçada na excelência e na conscientização que ela deve ser contínua.

Para se refletir e conhecer a qualidade observada nos estudos propostos, proponho as questões a seguir:


Refletindo sobre a qualidade nos estudos
17/2/2009 - v3
Como acontece a transformação do estudante em engenheiro(a)?
No momento qual a sua profissão?
O que possibilitará o sucesso na minha profissão?
O que deve ser feito para se ter sucesso nela?

Após as reflexões anteriores, lembrem que não dá para fazer engenharia com truques e ilusões, já que:



Já que a(o) engenheira(o) deve resolver problemas, vamos praticar ...


Através dos exercícios objetiva-se recordar:
17/02/2009 - v2
determinação da vazão
diagrama de Rouse
conceito de Leq
cálculo da perda
distribuída
localizada ou singular
tipos de perda de carga
determinação da pressão
em uma seção do escoamento
incompressível e em reg. permanente
determinação do
semtido do escoamento
equação da energia
equação manométrica
relação
peso específico
x
massa específica
viscosidade absoluta
x
viscosidade cinemática

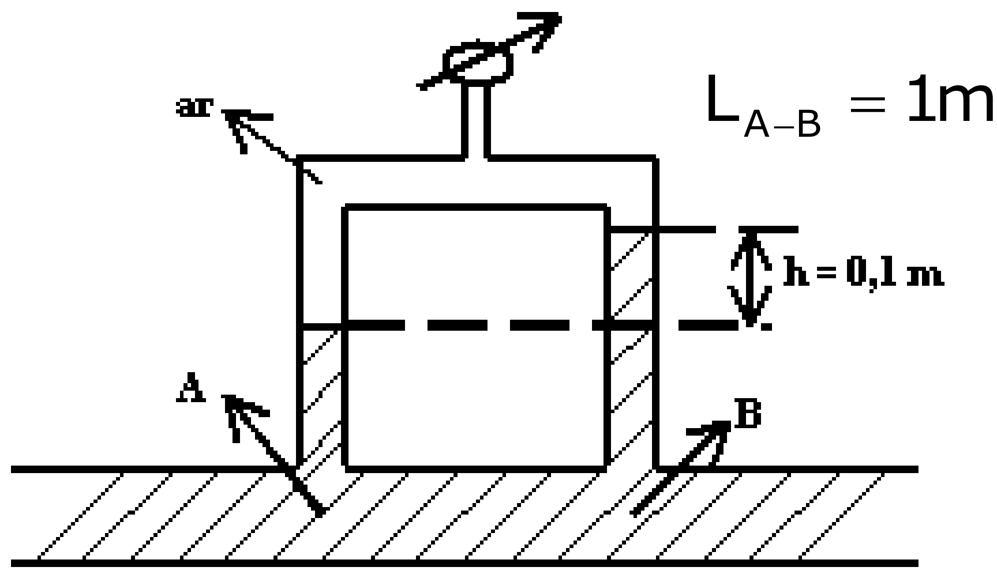
G1

O dispositivo mostrado na figura abaixo mede o diferencial de pressão entre os pontos A e B de uma tubulação por onde escoa água.

Sabendo-se que:

$g = 9.8\frac{m}{s^2}$ $\rho_{H_2O} = 1000\frac{kg}{m^3}$

$\rho_{ar} = 1.2\frac{kg}{m^3}$



Com base nos dados apresentados na figura, sabendo que o tubo é de cobre de 25 mm de diâmetro interno e que a viscosidade da água pode ser considerada igual a 10^{-6} m^2/s, pede-se estimar a vazão de escoamento d'água.

G1 = Mauro, Patrícia, Bruno Bellini e Felipe Luz

G2

A camisa de resfriamento de um reator experimental está sendo alimentada por uma salmoura alcoólica a 20% através de um tubo isolado de cobre com 20,6 mm de diâmetro interno. Num trecho reto e sem válvulas ou qualquer outro acessório a salmoura circula a $-1^{o}C$ e pressão pouco acima da atmosférica. Um manômetro em U ligado em tomadas de pressão distantes 4,5 m uma da outra indica uma perda de carga que é representada pelo desnível de 5,9 cm do fluido manométrico, que no caso é o mercúrio. Nestas condições determine a vazão da salmoura.

Dados:

Massa específica da salmoura igual a 977,6 kg/m^3 e sua viscosidade igual a $5{,}5 \times 10^{-3}$ (Pa x s)

G2 = Larissa, Isadora, Marília e Eder

G3

A camisa de resfriamento de um reator experimental está sendo alimentada por uma salmoura alcoólica a 20% através de um tubo isolado de cobre com 20,6 mm de diâmetro interno. Num trecho reto e sem válvulas ou qualquer outro acessório a salmoura circula a $-1^{o}C$ e pressão pouco acima da atmosférica. Um manômetro em U ligado em tomadas de pressão distantes 4,5 m uma da outra que origina uma variação de pressão entre as duas seções consideras de 5,9 cm de coluna d'água. Nestas condições determine a vazão da salmoura.

Dados:

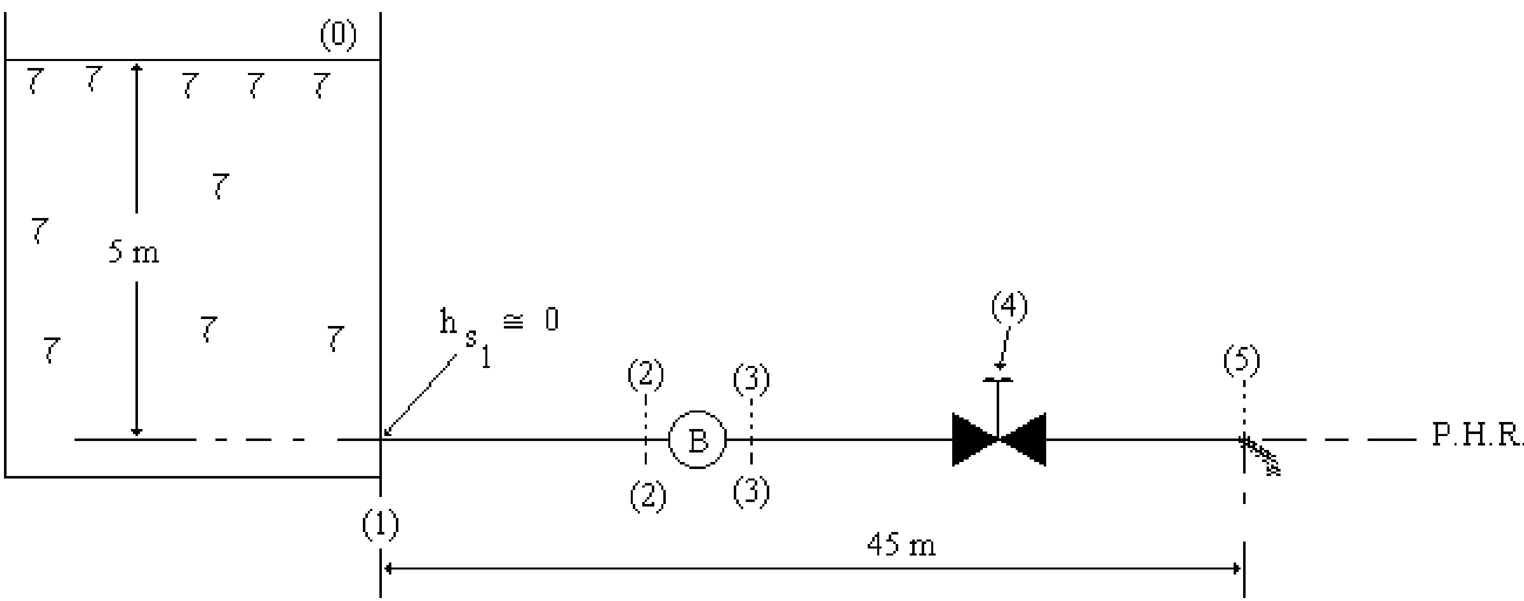
Massa específica da salmoura igual a 977,6 kg/m^3 e sua viscosidade igual a $5{,}5 \times 10^{-3}$ (Pa x s)

G3 = Felipe Rossi, Renato, Nicholas e Ivander.

G4

Para a instalação esquematizada pela figura pede-se determinar a vazão de escoamento e a rugosidade equivalente da tubulação, sabendo-se que a bomba fornece 20 m de energia por unidade de peso ao fluido e que a perda de carga singular na válvula é 3m.

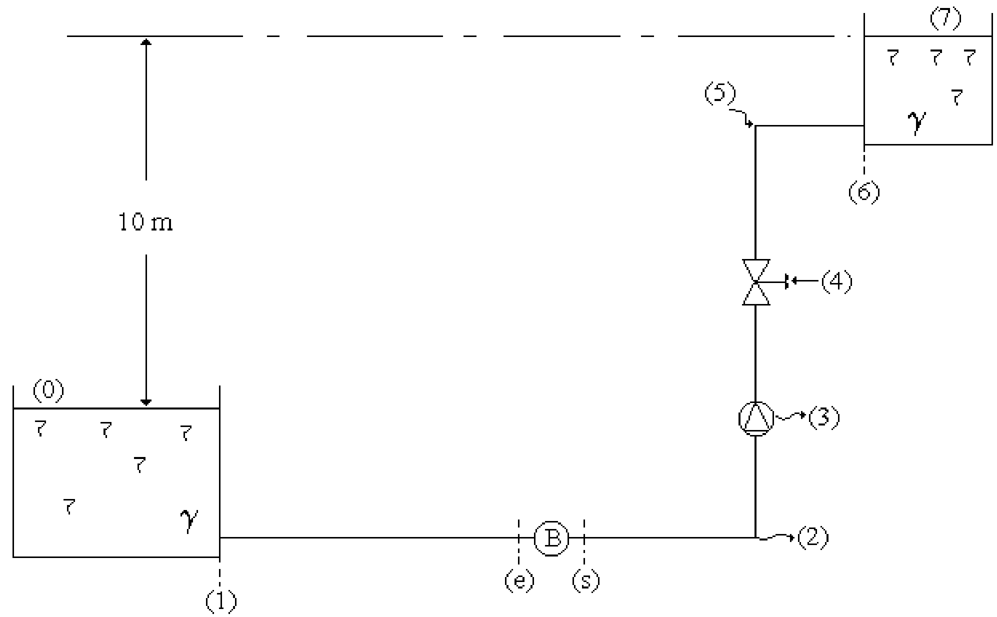
Dados: f = 0,03; D_{int} = 10 cm; $\nu = 2 \times 10^{-6}$ m^2/s



G4 = Ana Carolina, Érica, Bruno Lanças e Jennifer.

G5

Na instalação esquematizada pela figura a bomba fornece ao fluido 37,5 m de energia por unidade de peso. Sabendo-se que o comprimento total da tubulação é 35 m; que a somatória dos comprimentos equivalentes é 9,17 m; que o diâmetro interno da tubulação de aço é 0,0158 m e que as características da água à 20º C são: $\gamma = 10^{4}\ N/m^3$ e $\nu = 10^{-6}\ m^2/s$, pede-se determinar a vazão nesta situação, supondo escoamento em regime permanente.



G5 = Karen, Ana Raquel, Eduardo e Juliane

G6

Para a instalação esquematizada pela figura onde são dados :

$\phi_{\text{interno do tubo}} = 10$ cm ; Q = 10 l/s ; $p_A = 2 \times 10^4$ N/m^2 ; $p_3 = 0$

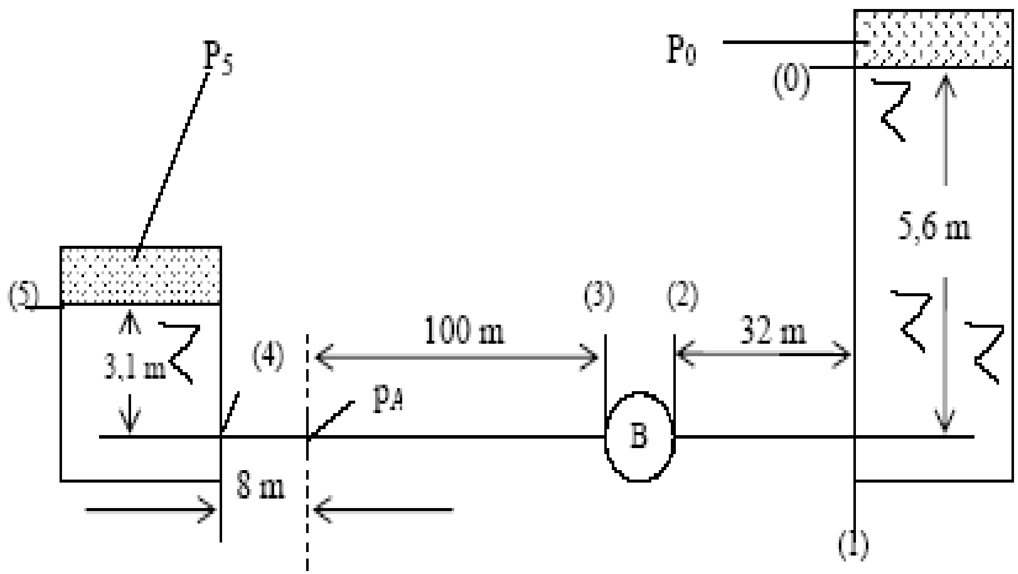
$K_{S1} = K_{S4} = 1{,}0$; $p_0 = 3\text{x}10^4$ N/m^3 ; $\gamma_{H2O} = 10^4$ N/m^3 ; g = 10 m/s^2

e sentido de escoamento de (A) para (3), determinar:

a) o coeficiente de perda de carga distribuída;

b) a pressão de escoamento na seção (5);

c) a energia por unidade de peso fornecida pela bomba ao fluido (H_B)



G6 = Rafael, Lina, Gabriel e Ariane

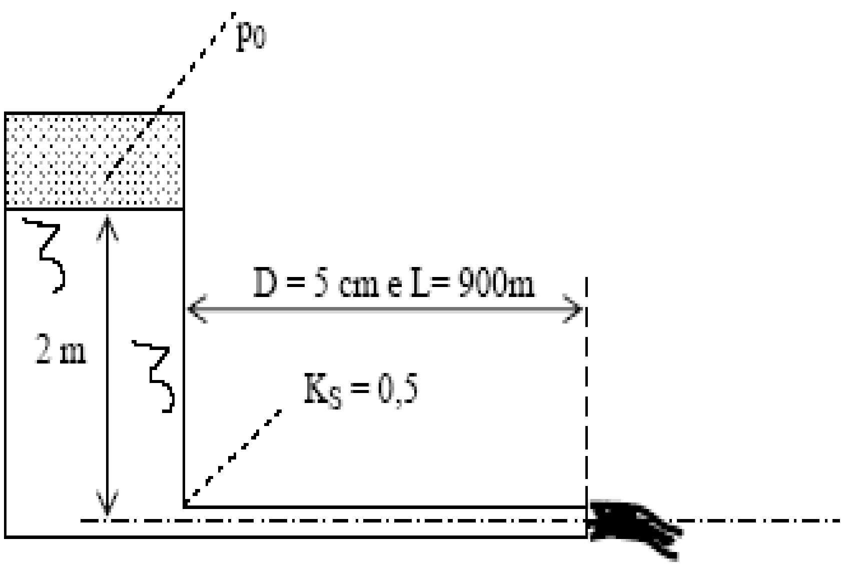
G7

Na tubulação de ferro fundido da figura escoa um fluido de peso específico γ = 7840 N/m ^{3} e ν = 3x10 $^{-5}$ m²/s . Nessas condições a pressão na tubulação a 400 m do reservatório (seção x) é 0,49 bar. Pede-se:

a) qual a vazão;

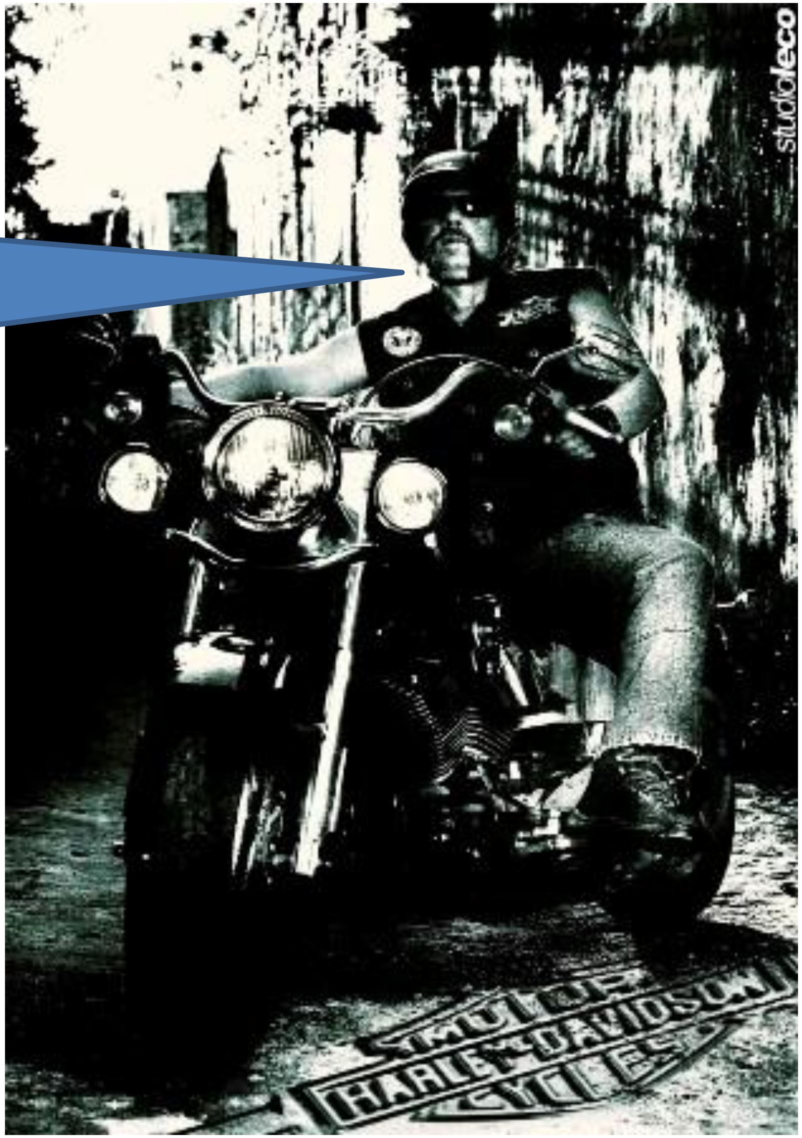
b) qual a pressão p_0 que provoca o dobro da vazão;

c) qual o comprimento equivalente da singularidade (referente ao ítem b).

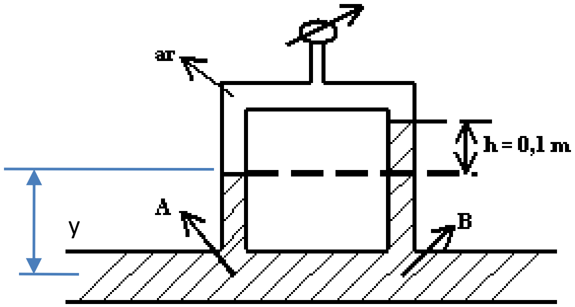


G7 = Allan, Maira, Felipe Okada, Thales e Pamela.

A seguir os gabaritos desta segunda atividade dos grupos.



G1 = Mauro, Patrícia, Bruno Bellini e Felipe Luz.



Observando a figura ao lado, pode-se concluir que p_B é maior que p_A, como as cotas e as velocidades médias netas seções são iguais, pode-se afirmar que o escoamento é de B para A.

$$p_B = p_{ar} + 0{,}1 \times \gamma_{H_2O} + y \times \gamma_{H_2O}$$

$$p_A = p_{ar} + y \times \gamma_{H_2O}$$

$$\therefore p_B - p_A = 0{,}1 \times \gamma_{H_2O} = 0{,}1 \times 1000 \times 9{,}8 = 980\,\text{Pa}$$

Aplicando - se a equação da energia de B a A :

$$z_B + \frac{p_B}{\gamma_{H_2O}} + \frac{\alpha_B \times v_B^2}{2g} = z_A + \frac{p_A}{\gamma_{H_2O}} + \frac{\alpha_A \times v_A^2}{2g} + h_{f_{B-A}}$$

$$h_{f_{B-A}} = \frac{p_B - p_A}{\gamma_{H_2O}} = \frac{980}{9{,}8 \times 1000} = 0{,}1\,\text{m}$$

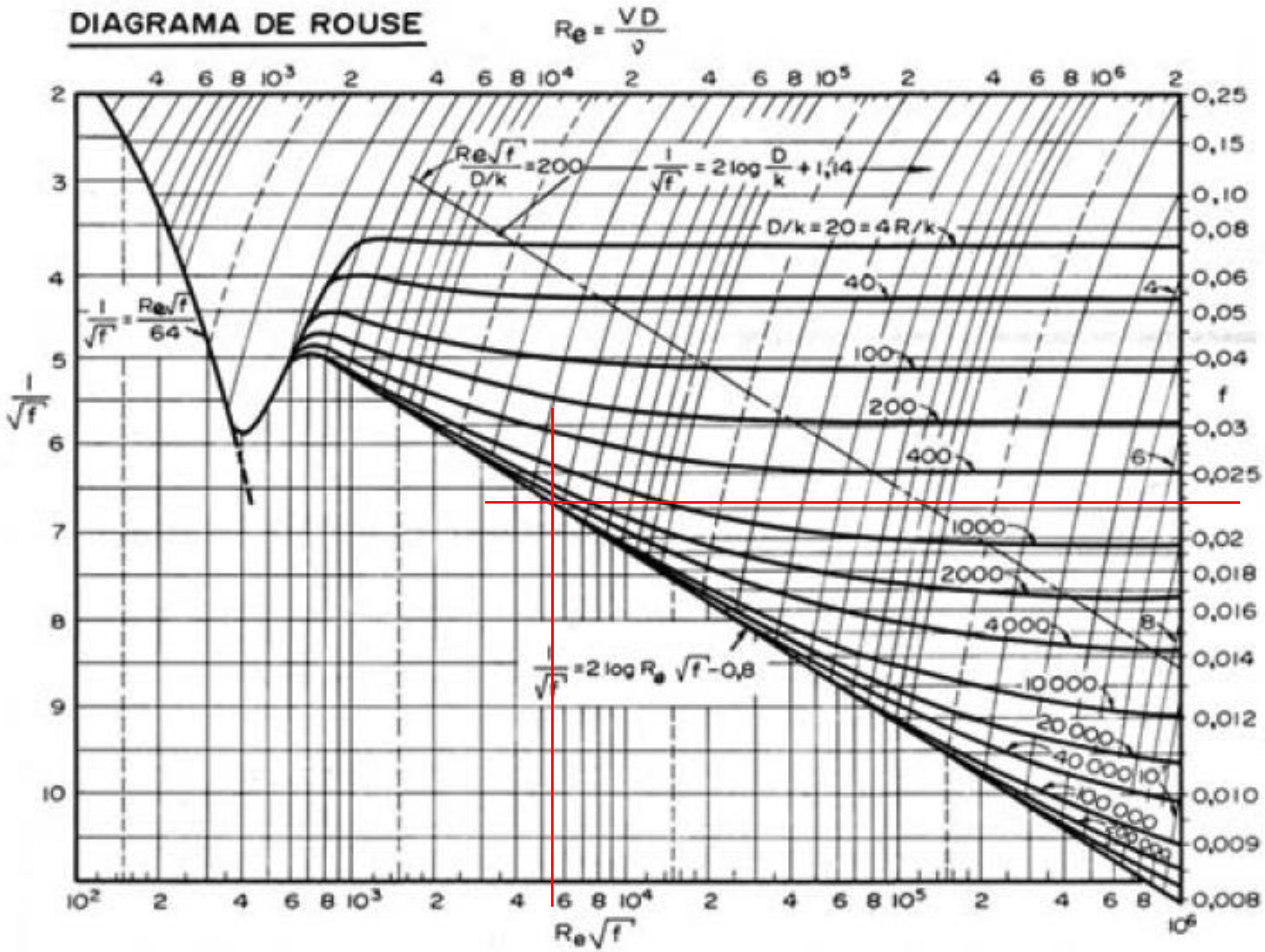
G1 = Mauro, Patrícia, Bruno Bellini e Felipe Luz (cont.)

$$\mathrm{Re}\sqrt{f} = \frac{D_H}{\nu} \times \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g}{L}}$$

$$\therefore \mathrm{Re}\sqrt{f} = \frac{0{,}025}{10^{-6}} \times \sqrt{\frac{0{,}1 \times 0{,}025 \times 19{,}6}{1}} \cong 5534$$

Como a material do tubo é cobre trata-se de um tubo considerado liso, como mostra o diagrama de Rouse a seguir.

G1 = Mauro, Patrícia, Bruno Bellini e Felipe Luz (cont.)



G1 = Mauro, Patrícia, Bruno Bellini e Felipe Luz (cont.)

Pelo diagrama de Rouse, obtemos:

$f = 0{,}023$

$$\therefore h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} \therefore 0{,}1 = 0{,}023 \times \frac{1}{0{,}025} \times \frac{v^2}{19{,}6}$$

$$v = \sqrt{\frac{0{,}1 \times 0{,}025 \times 19{,}6}{0{,}023 \times 1}} \cong 1{,}46\ \frac{m}{s}$$

$$Q = 1{,}46 \times \frac{\pi \times 0{,}025^2}{4} \cong 7{,}2 \times 10^{-4}\ \frac{m^3}{s} = 0{,}72\ \frac{L}{s}$$

G2 = Larissa, Isadora, Marília e Eder.

$$h_f = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{0{,}059 \times 9{,}8 \times (13600 - 977{,}6)}{977{,}6 \times 9{,}8} \cong 0{,}762\,m$$

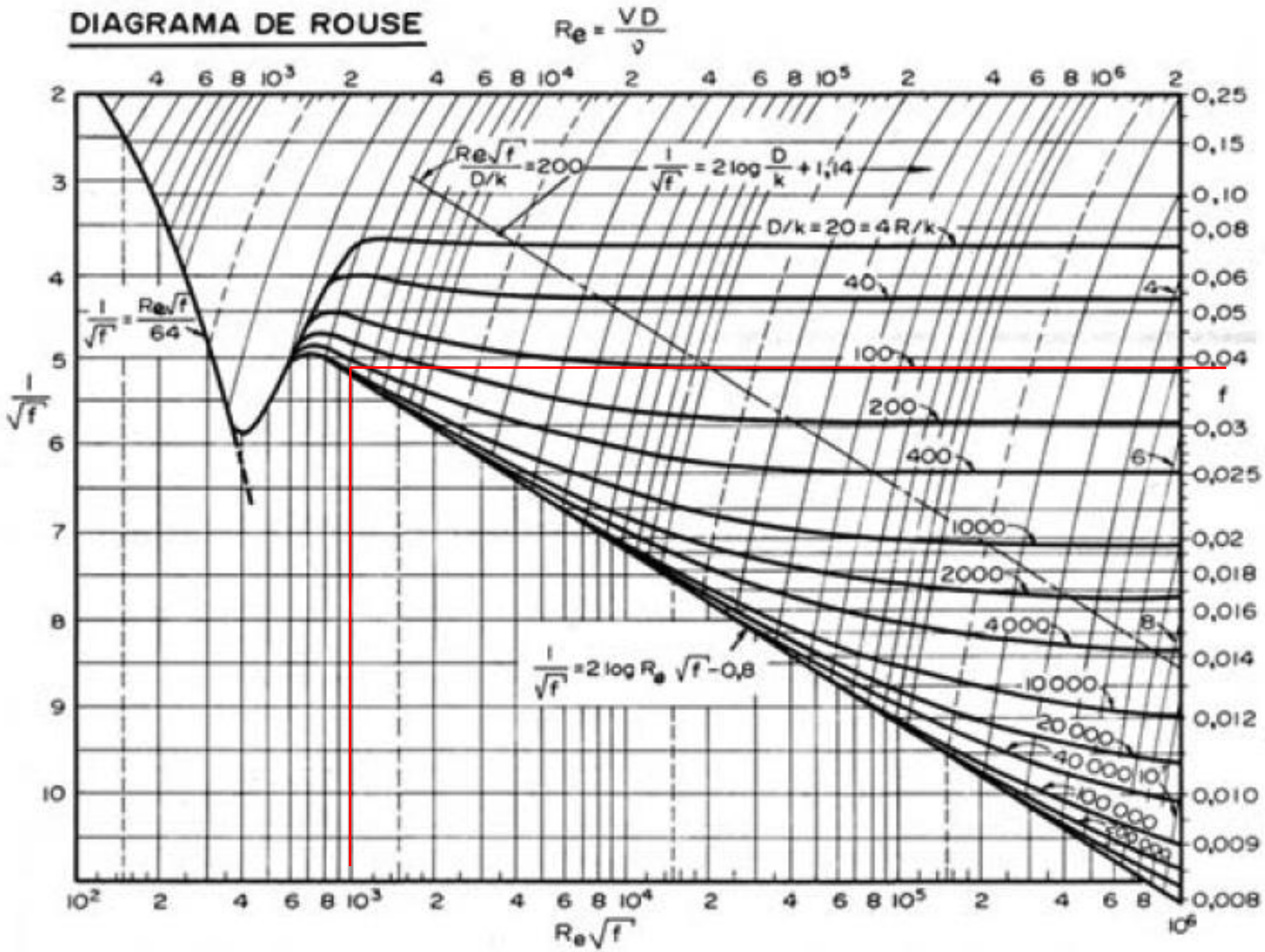
$$Re\sqrt{f} = \frac{D_H}{\nu} \times \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g}{L}}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{5{,}5 \times 10^{-3}}{977{,}6} \cong 5{,}6 \times 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

$$\therefore Re\sqrt{f} = \frac{0{,}0206}{5{,}6 \times 10^{-6}} \times \sqrt{\frac{0{,}762 \times 0{,}0206 \times 19{,}6}{4{,}5}} \cong 961{,}9$$

Como a material do tubo é cobre trata-se de um tubo considerado liso, como mostra o diagrama de Rouse a seguir.

G2 = Larissa, Isadora, Marília e Eder. (cont.)



G2 = Larissa, Isadora, Marília e Eder. (cont.)

Pelo diagrama de Rouse, obtemos:

$$f = 0{,}038$$

$$\therefore h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} \therefore 0{,}762 = 0{,}038 \times \frac{4{,}5}{0{,}0206} \times \frac{v^2}{19{,}6}$$

$$v = \sqrt{\frac{0{,}762 \times 0{,}0206 \times 19{,}6}{0{,}038 \times 4{,}5}} \cong 1{,}34\ \frac{m}{s}$$

$$Q = 1{,}34 \times \frac{\pi \times 0{,}0206^2}{4} \cong 4{,}5 \times 10^{-4}\ \frac{m^3}{s} = 0{,}45\ \frac{L}{s}$$

G3 = Felipe Rossi, Renato, Nicholas e Ivander.

$$\Delta p = 0{,}059 \times 10000 = 590\ \frac{N}{m^2}$$

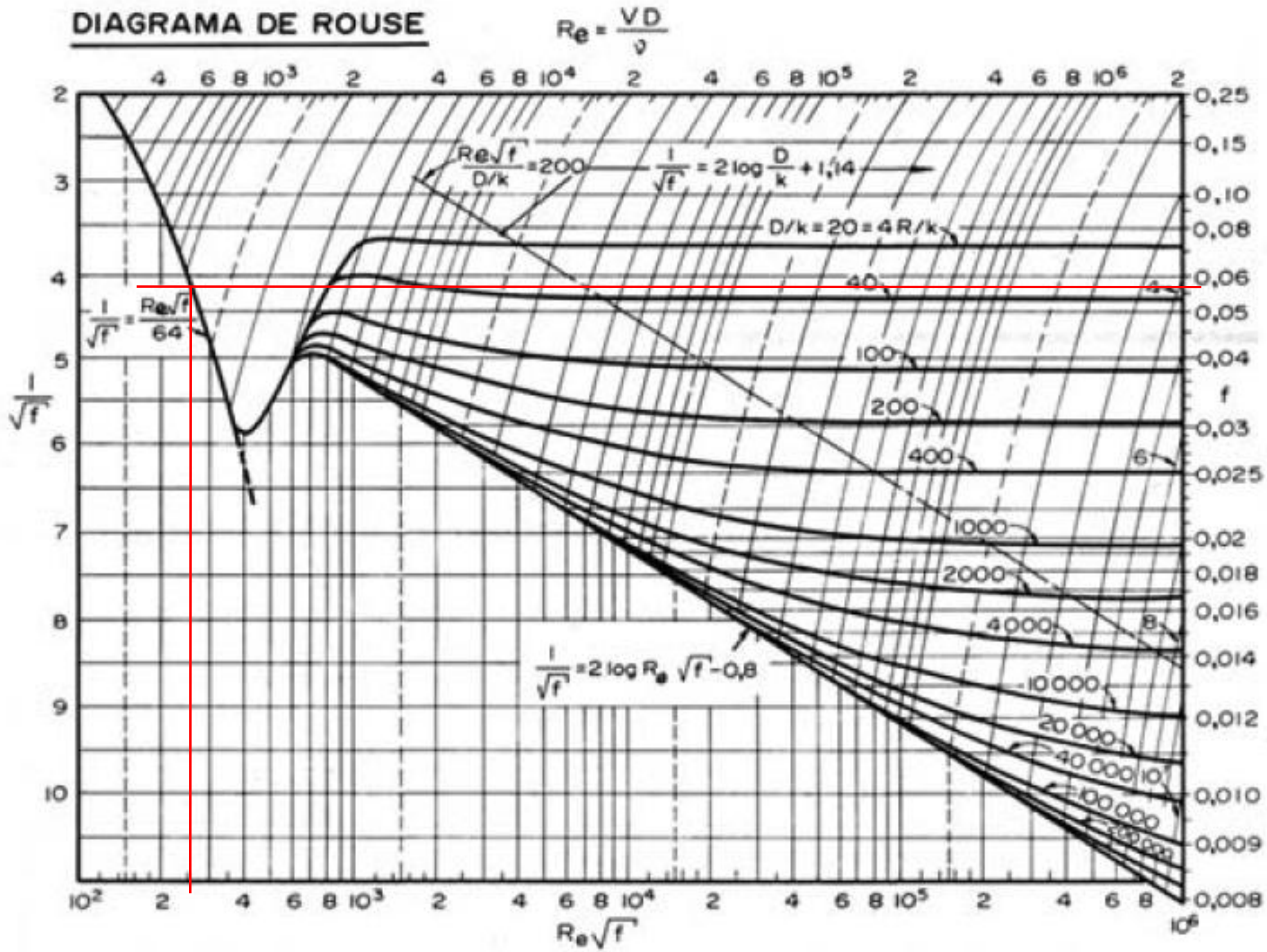
$$h_f = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{590}{977{,}6 \times 9{,}8} \cong 0{,}0616\, m$$

$$Re\sqrt{f} = \frac{D_H}{\nu} \times \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g}{L}}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{5{,}5 \times 10^{-3}}{977{,}6} \cong 5{,}6 \times 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

$$\therefore Re\sqrt{f} = \frac{0{,}0206}{5{,}6 \times 10^{-6}} \times \sqrt{\frac{0{,}0616 \times 0{,}0206 \times 19{,}6}{4{,}5}} \cong 273{,}5$$

G3 = Felipe Rossi, Renato, Nicholas e Ivander. (cont.)



G3 = Felipe Rossi, Renato, Nicholas e Ivander. (cont.)

Pelo diagrama de Rouse, obtemos:

$$f = 0{,}055$$

$$\therefore h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} \therefore 0{,}0616 = 0{,}055 \times \frac{4{,}5}{0{,}0206} \times \frac{v^2}{19{,}6}$$

$$v = \sqrt{\frac{0{,}0616 \times 0{,}0206 \times 19{,}6}{0{,}055 \times 4{,}5}} \cong 0{,}32\ \frac{m}{s}$$

$$Q = 0{,}32 \times \frac{\pi \times 0{,}0206^2}{4} \cong 1{,}1 \times 10^{-4}\ \frac{m^3}{s} = 0{,}11\ \frac{L}{s}$$

G4 = Ana Carolina, Érica, Bruno Lanças e Jennifer.

Adotando-se o PHR no eixo da bomba:

$$H_0 + H_B = H_5 + H_{p_{totais}}$$

$$5 + 20 = \frac{v^2}{19,6} + 0,03 \times \frac{45}{0,1} \times \frac{v^2}{19,6} + 3$$

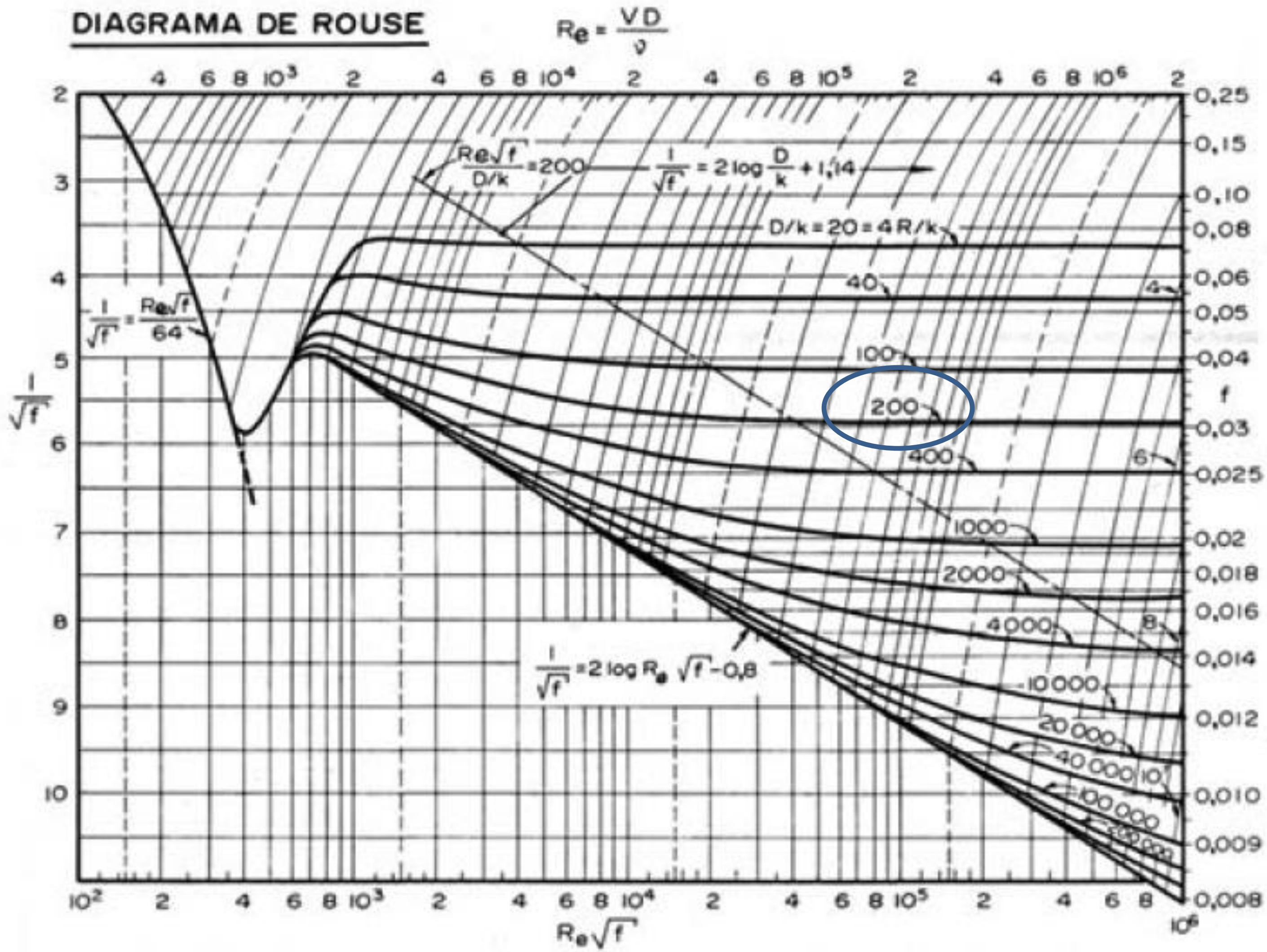
$$22 = 0,74v^2 \therefore v \cong 5,5 \frac{m}{s}$$

$$Q = 5,5 \times \frac{\pi \times 0,1^2}{4} \cong 4,32 \times 10^{-2} \frac{m^3}{s} = 43,2 \frac{L}{s}$$

$$Re = \frac{5,5 \times 0,1}{2 \times 10^{-6}} = 275000 \text{ e } f = 0,03$$

Com os valores anteriores no diagrama de Rouse se obtém $\frac{D_H}{K}$

G4 = Ana Carolina, Érica, Bruno Lanças e Jennifer. (cont.)



G4 = Ana Carolina, Érica, Bruno Lanças e Jennifer. (cont.)

$$\frac{D_H}{K} = 200$$

$$\frac{0,1}{K} = 200 \therefore k = \frac{0,1}{200} = 0,0005\,m$$

G5 = Karen, Ana Raquel, Eduardo e Juliane.

Adotando-se o PHR no nivel (0), tem-se:

$$H_0 + H_B = H_7 + H_{p_{totais}}$$

$$0 + 37,5 = 10 + H_{p_{totais}} \therefore H_{p_{totais}} = 27,5\ m$$

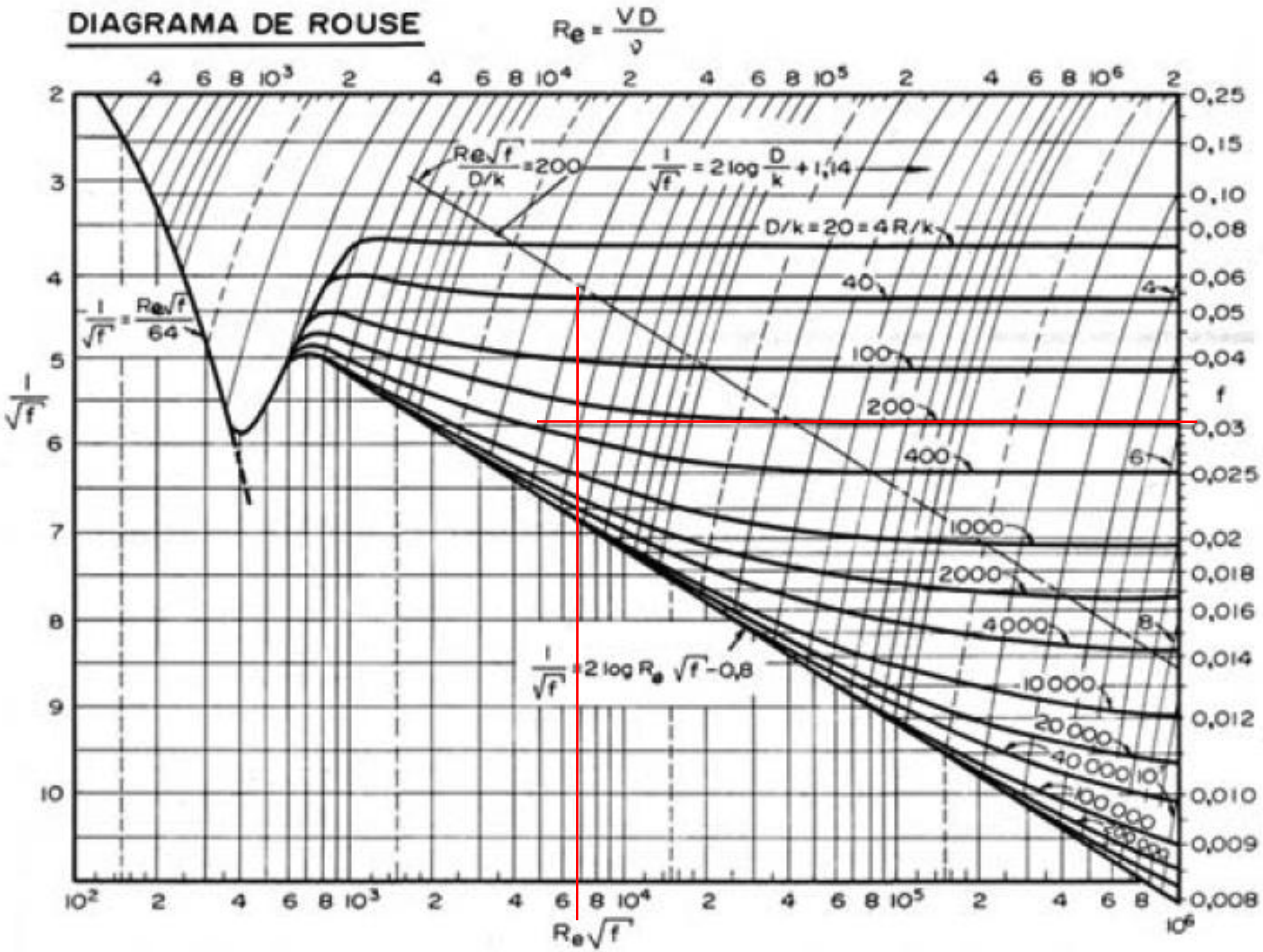
$$Re\sqrt{f} = \frac{0,0158}{10^{-6}} \times \sqrt{\frac{27,5 \times 0,0158 \times 19,6}{35 + 9,17}}$$

$$Re\sqrt{f} = 6937,7$$

$$\frac{D_H}{K} = \frac{0.0158}{4,6 \times 10^{-5}} \cong 343,5$$

Com os valores anteriores no diagrama de Rouse:

G5 = Karen, Ana Raquel, Eduardo e Juliane. (cont.)



G5 = Karen, Ana Raquel, Eduardo e Juliane. (cont.)

$$f = 0{,}031$$

$$27{,}5 = 0{,}031 \times \frac{(35 + 9{,}17)}{0{,}0158} \times \frac{v^2}{19{,}6}$$

$$v = \sqrt{\frac{27{,}5 \times 0{,}0158 \times 19{,}6}{0{,}031 \times 44{,}17}} \cong 2{,}5\ \frac{m}{s}$$

$$Q = 2{,}5 \times \frac{\pi \times 0{,}0158^2}{4} \cong 4{,}9 \times 10^{-4}\ \frac{m^3}{s} = 0{,}49\ \frac{L}{s}$$

G6 = Rafael, Lina, Gabriel e Ariane.

a) o coeficiente de perda de carga distribuída;

Escolhemos as seções onde mais temos dados, neste caso a seção A e a seção 3. Assim podemos escrever a equação de energia como:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A \times v_A^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 \times v_3^2}{2g} + H_{p_{A\to 3}}$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = \frac{p_3}{\gamma} + H_{p_{A\to 3}}$$

$$H_{p_{A\to 3}} = h_{f_{A\to 3}} = \frac{p_A - p_3}{\gamma} = \frac{2 \times 10^4 - 0}{10^4} = 2\ \text{m}$$

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4} \therefore v = \frac{10 \times 10^{-3} \times 4}{\pi \times 0{,}1^2} \cong 1{,}27\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$2 = f \times \frac{100}{0{,}1} \times \frac{1{,}27^2}{20} \therefore f = \frac{2 \times 0{,}1 \times 20}{100 \times 1{,}27^2} \cong 0{,}0248$$

G6 = Rafael, Lina, Gabriel e Ariane. (cont.)

b) a pressão de escoamento na seção (5);

Aplica - se a equação da energia de 5 a A :

$$H_5 = H_A + H_{p_{5\to A}}$$

$$z_5 + \frac{p_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} = z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_a \times v_A^2}{2g} + h_{f_{5\to A}} + h_{s_{5\to A}}$$

Adotando- se PHR em A :

$$3{,}1 + \frac{p_5}{10^4} + 0 = 0 + \frac{2\times 10^4}{10^4} + \frac{1\times 1{,}27^2}{20} + 0{,}0248\times\frac{8}{0{,}1}\times\frac{1{,}27^2}{20} + 1\times\frac{1{,}27^2}{20}$$

$$\therefore p_5 \cong -7780\,\frac{N}{m^2}\,(\text{ou Pa})$$

G6 = Rafael, Lina, Gabriel e Ariane. (cont.)

c) a energia por unidade de peso fornecida pela bomba ao fluido (H_B).

Aplicando - se a equação da energia de 5 a 0,
com PHR no eixo da bomba:

$$H_5 + H_B = H_0 + H_{p_{total}}$$

$$3{,}1 + \frac{-7780}{10^4} + 0 + H_B = 5{,}6 + \frac{3 \times 10^4}{10^4} + 0$$

$$+ \left(0{,}0248 \times \frac{(8 + 100 + 32)}{0{,}1} + 2 \right) \times \frac{1{,}27^2}{20}$$

$$H_B = 9{,}24 \text{ m}$$

G7 = Allan, Maira, Felipe Okada, Thales e Pamela.

a) Aplica - se a equaçãoda energiade x a saída:

$$H_x = H_s + h_{f_{x \to s}}$$

Adotando- se o PHR no eixo da tubulação:

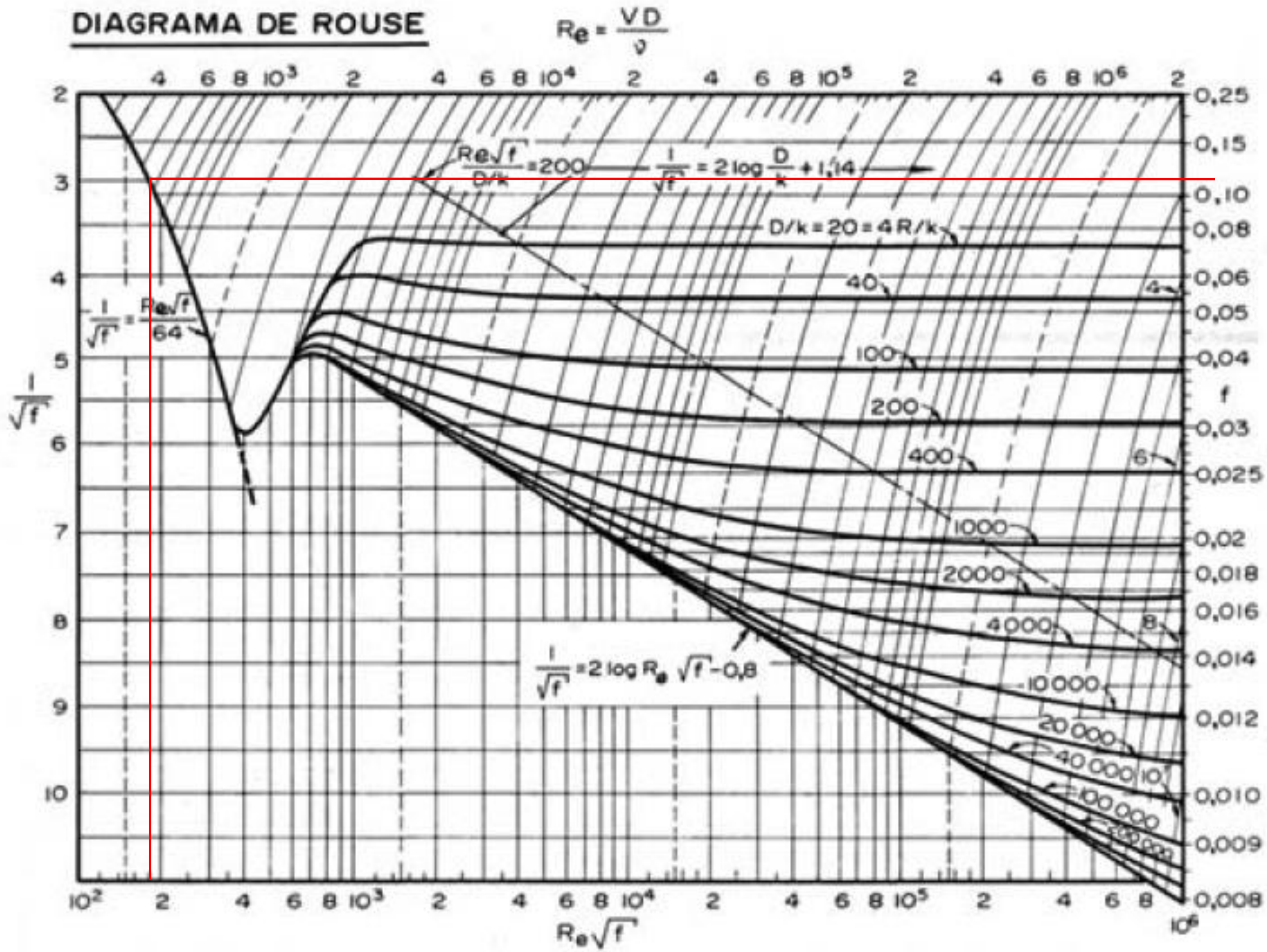
$$0 + \frac{0{,}49 \times 10^5}{7840} + \frac{\alpha \times v^2}{2g} = 0 + 0 + \frac{\alpha \times v^2}{2g} + h_{f_{x \to s}}$$

$$h_{f_{x \to s}} = 6{,}25\,\text{m}$$

$$\text{Re}\sqrt{f} = \frac{0{,}05}{3 \times 10^{-5}} \times \sqrt{\frac{6{,}25 \times 0{,}05 \times 19{,}6}{500}} \cong 184{,}5$$

Como encontra- se na região do escoamentolaminar o f não dependede $\frac{D_H}{K}$.

G7 = Allan, Maira, Felipe Okada, Thales e Pamela. (cont)



G7 = Allan, Maira, Felipe Okada, Thales e Pamela. (cont.)

$$f \cong 0{,}12$$

$$\therefore 6{,}25 = 0{,}12 \times \frac{500}{0{,}05} \times \frac{v^2}{19{,}6}$$

$$v = \sqrt{\frac{6{,}25 \times 0{,}05 \times 19{,}6}{0{,}12 \times 500}} \cong 0{,}32\ \frac{m}{s}$$

$$Q = 0{,}32 \times \frac{\pi \times 0{,}05^2}{4} \cong 6{,}3 \times 10^{-4}\ \frac{m^3}{s} = 0{,}63\ \frac{L}{s}$$

G7 = Allan, Maira, Felipe Okada, Thales e Pamela. (cont.)

$$Q_{nova} = 2 \times 0{,}63 = 1{,}26\ \frac{L}{s}$$

$$v = \frac{4 \times 1{,}26 \times 10^{-3}}{\pi \times 0{,}05^2} \cong 0{,}64\ \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{0{,}64 \times 0{,}05}{3 \times 10^{-5}} \cong 1070 \therefore \text{escoamento laminar}$$

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1070} \cong 0{,}06$$

Aplicando a equação da energia com o PHR no eixo da tubulação:

$$H_0 = H_{saída} + H_{p_{0 \rightarrow saída}}$$

$$2 + \frac{p_0}{7840} + 0 = \frac{0{,}64^2}{19{,}6} + \left(0{,}06 \times \frac{900}{0{,}05} + 0{,}5\right) \times \frac{0{,}64^2}{19{,}6}$$

$$\therefore p_0 = 162622{,}2\ \frac{N}{m^2}\ (\text{ou Pa})$$

$$\text{c) } Leq = \frac{K_S \times D_H}{f} = \frac{0{,}5 \times 0{,}05}{0{,}06} \cong 0{,}42\ m$$