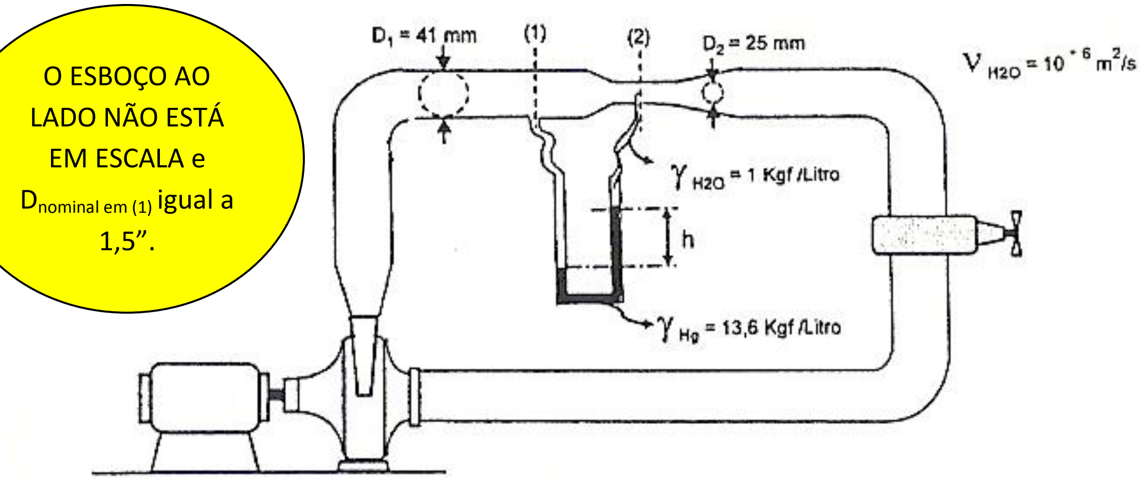
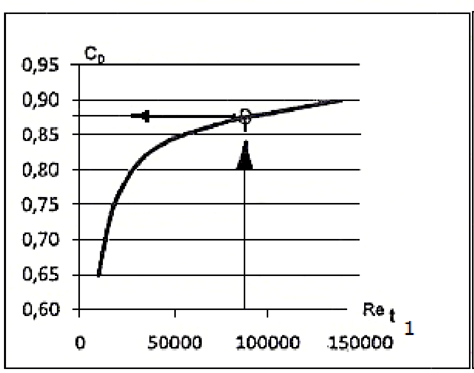
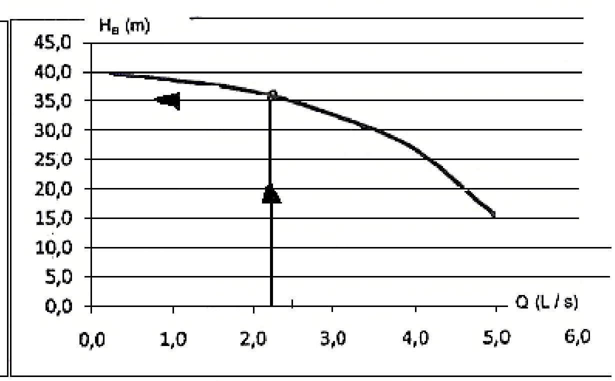
1ª Questão: Descrevo a seguir uma das questões da segunda prova de ME4310 (Mecânica dos Fluidos) dos cursos de engenharia civil, produção, química, materiais e mecânica do Centro Universitário da FEI.

O ESBOÇO AO LADO NÃO ESTÁ EM ESCALA e $D_{\text{nominal em (1)}}$ igual a 1,5".



"O tubo venturi e a bomba centrifuga foram ensaiados num laboratório, de forma que os dados obtidos geraram os diagramas que seguem. Pede-se determinar a altura manométrica da bomba para uma leitura do desnível no manômetro h = 95 mm. (indicar nos diagramas como obteve os valores)"





Solução da questão de ME4310:

Considera-se fluido ideal $(\mu = 0)$ e aplicando-se a equação de Bernoulli, tem-se:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \rightarrow (\mathrm{I})$$

Considerando escoamento incompressível $(\rho = cte)$ pela equação da continuidade:

$$v_1 \times \frac{\pi \times D_1^2}{4} = v_2 \times \frac{\pi \times D_2^2}{4} \therefore v_1^2 = v_2^2 \times \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 \rightarrow (II)$$

Sabendo-se que no manômetro diferencial em U e nas mangueiras que o liga a tubulação o fluido encontra-se em repouso, através da equação manométrica, tem-se:

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma) \rightarrow (III)$$

Das equações (I), (II) e (III), tem-se:

$$v_{2_{teórica}} = \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 0{,}095 \times 12{,}6}{1 - \left(\frac{25}{41}\right)^4}} \cong 5{,}27 \frac{m}{s}$$

$$\therefore Q_{teórica} = v_{2_{teórica}} \times A_2 = 5{,}27 \times \frac{\pi \times (0{,}025)^2}{4} \cong 2{,}59 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 2{,}59 \frac{L}{s}$$

Através da equação da continuidade aplicada para os escoamentos incompressíveis, tem-se:

$$v_{1_{teórico}} = \frac{4 \times Q_{teórica}}{\pi \times D_1^2} = \frac{4 \times 2{,}59 \times 10^{-3}}{\pi \times (0{,}041)^2} \cong 1{,}96 \frac{m}{s}$$

$$Re_{1_{teórico}} = \frac{v_{1_{teórico}} \times D_1}{\nu} = \frac{1{,}96 \times 0{,}041}{10^{-6}}$$

Com o número de Reynolds teórico na seção 1 na curva característica do venturi, obtém-se:

$$C_D \cong 0{,}87$$

Pode-se calcular a vazão real:

$$Q_{real} = C_D \times Q_{teórica} = 0{,}87 \times 2{,}59 \cong 2{,}25 \frac{L}{s}$$

Com a vazão real na CCB obtida experimentalmente, tem-se:

$$H_B = 35m$$

Sabendo-se que os fluidos considerados (água e mercúrio) encontram-se a 22^0 C, que o tubo considerado na bancada é de aço 40 (norma ANSI B3610), que a relação entre o diâmetro da garganta do venturi e o da tubulação é 0,6 ($\beta = \frac{D_2}{D_1}$), que o comprimento do

medidor de vazão tipo venturi é desprezível comparado com o tamanho da tubulação que constituí a bancada e que a mesma representa um circuito fechado, pergunta-se:

a. **Você faria alguma(s) correção(ões) na solução apresentada anteriormente? Em caso afirmativo, demonstre o que ela(s) resultaria(m). (valor – 1,0)**
b. **Levando em consideração o ponto de trabalho da bomba apresentado na solução de ME4310 e no que eventualmente você obteve no item a, especifique o comprimento total da tubulação ($L+\sum Leq$). (valor – 1,0)**
c. **Considerando a sua solução para o exercício, apresente a equação da CCI. (valor – 0,5)**

Dado: para o venturi, tem-se: $K=\dfrac{C_D}{\sqrt{1-\beta^4}}$ [1]

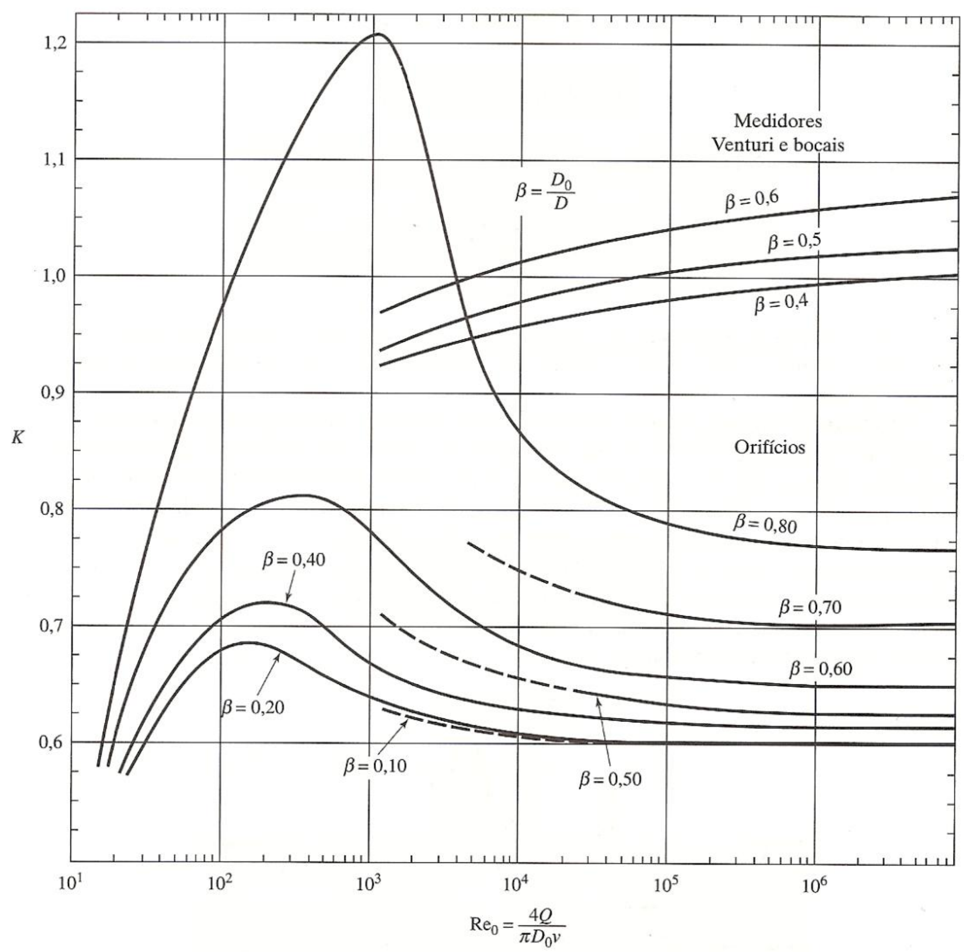


FIGURA 13.10 Coeficiente de escoamento *K versus* o número de Reynolds para medidores de orifícios, bocais e Venturi. (Adaptado de Roberson e Crowe, 1990.)

[1] Expressão e gráfico a seguir (figura 13.10) extraídos do livro Mecânica dos Fluidos escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert (páginas 533 e 534) e editado pela THOMSON (3ª edição)

Segundo Azevedo Netto[2] (Figura 17.9):

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g},$$

$$\frac{p_1}{\gamma}-\frac{p_2}{\gamma}=\frac{v_2^2}{2g}-\frac{v_1^2}{2g}=h=\frac{1}{2g}\left(v_2^2-v_1^2\right),$$

$$v_1^2=\frac{Q^2}{A_1^2}\ \text{e}\ v_2^2=\frac{Q^2}{A_2^2}\ \therefore\ h=\frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{A_2^2}-\frac{1}{A_1^2}\right),$$

$$Q=\sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{1}{A_2^2}-\frac{1}{A_1^2}\right)}}\sqrt{h}=m\sqrt{h}\quad \text{ou}\quad Q=m\sqrt{h}$$

Deve-se, ainda, introduzir um coeficiente corretivo k, de modo que

$$Q=km\sqrt{h}.$$

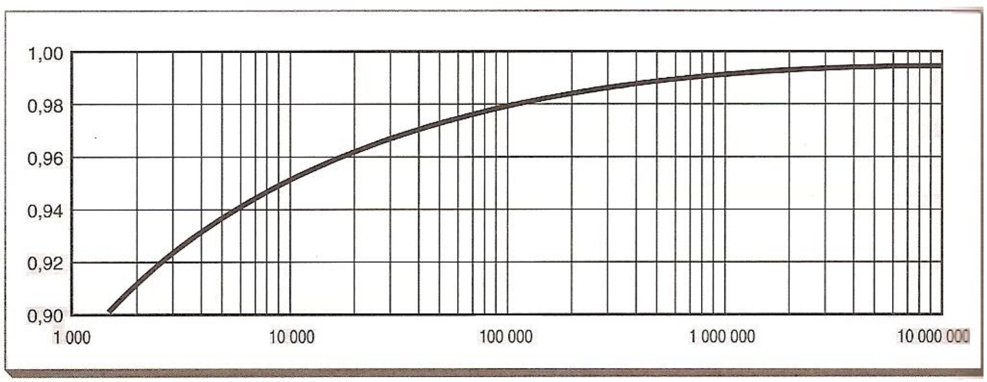


***Figura 17.9** — Valores do coeficiente* k *em função do número de Reynolds (escala logarítmica)*

Segundo o professor Franco Brunetti[3]:

Capítulo 8 ▮ Noções de instrumentação para medida das propriedades dos fluidos... ▮ **217**

No caso dos tubos Venturi, o coeficiente C depende também do Re e de $\frac{D_2}{D_1}$; no entanto, a sua variação é pequena, podendo em geral ser dotado entre 0,95 e 0,99, sendo os valores mais altos para os maiores diâmetros e os mais baixos para os menores.

Torna-se engenheiro no instante que se tem confiança para construção do seu próprio saber. (Raimundo Ferreira Ignácio)

[2] Manual de Hidráulica, editado pela Editora Edgard Blucher (8ª edição) página 430

[3] Mecânica dos Fluidos, editado pela Pearson Prentice Hall, 2008 (2ª edição)

2ª Questão: Você foi contratada(o) para analisar e emitir um parecer sobre a CCB apresentada na questão de ME4310 (questão anterior) e que foi obtida supondo uma rotação constante para o conjunto motobomba igual a 3500 rpm.

Importante: qualquer que seja o seu parecer, **ele NÃO alterará** a solução apresentada na questão anterior.

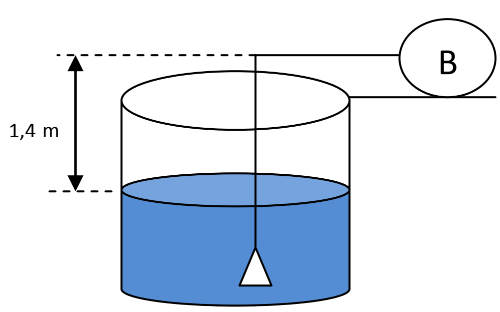
Para que sua análise seja consistente, optou refazer a experiência com a utilização de um tacômetro e isso propiciou a construção da tabela a seguir:

Q(L/s)	0	1	2	3	4	5
H_B (m)	40	39	36	33	25	15
n_{lida} (rpm)	3430	3395	3408	3415	3420	3410

A primeira constatação é que os valores, tanto da vazão, como da carga manométrica são iguais aos apresentados pela CCB do exercício de ME4310 (questão anterior).

Emita seu parecer, SEM MODIFICAR A SOLUÇÃO APRESENTADA PARA A QUESTÃO ANTERIOR, baseada(o) na primeira constatação e nas CCB construídas no mesmo diagrama, a primeira com a rotação constante e igual a 3500 rpm (ME4310) e a segunda considerando a rotação lida pelo tacômetro e corrigindo os valores para 3500 rpm. **(valor – 1,5).**

3ª Questão: Considerando que o trecho esquematizado abaixo pertence a uma instalação hidráulica onde a vazão desejada é 140 m³/h, pede-se verificar o fenômeno de cavitação. **(valor – 2,0)**



Dados: $p_{vapor} = 2928{,}2 Pa(abs)$

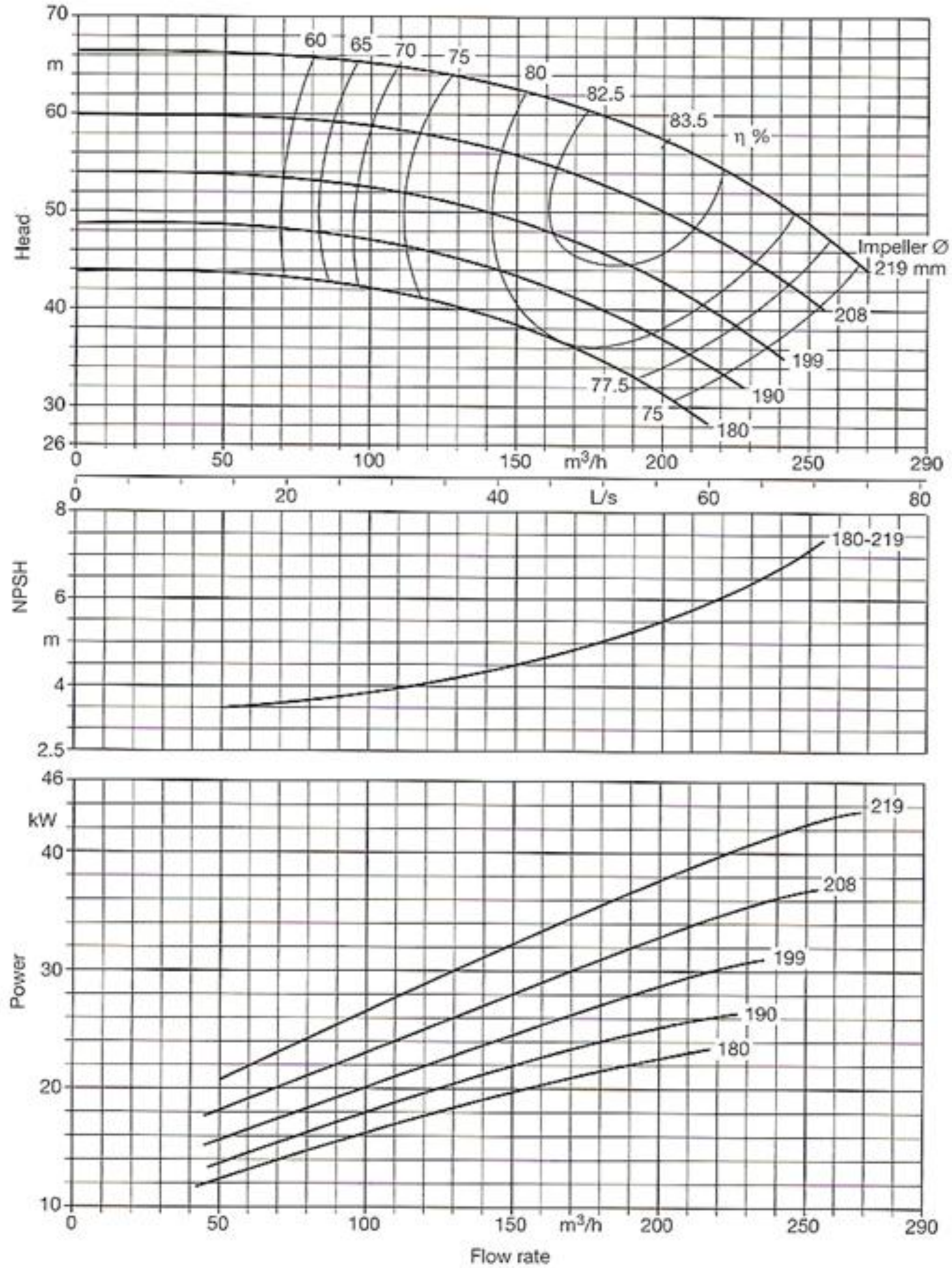
$p_{atm} = 700 mmHg$; $L_{sucção} = 4{,}40 m$;

$\sum Leq_{sucção} = 75{,}4 m$; tubulação de aço 40;

água a $25^0 C$; $g = 9{,}8 \frac{m}{s^2}$; $v_{econômica} \cong 2{,}1 \frac{m}{s}$.

A TABELA A SEGUIR É DA CCI

Q (m³/h)	50	100	150	200	220
H_S (m)	30	34	42	50	54

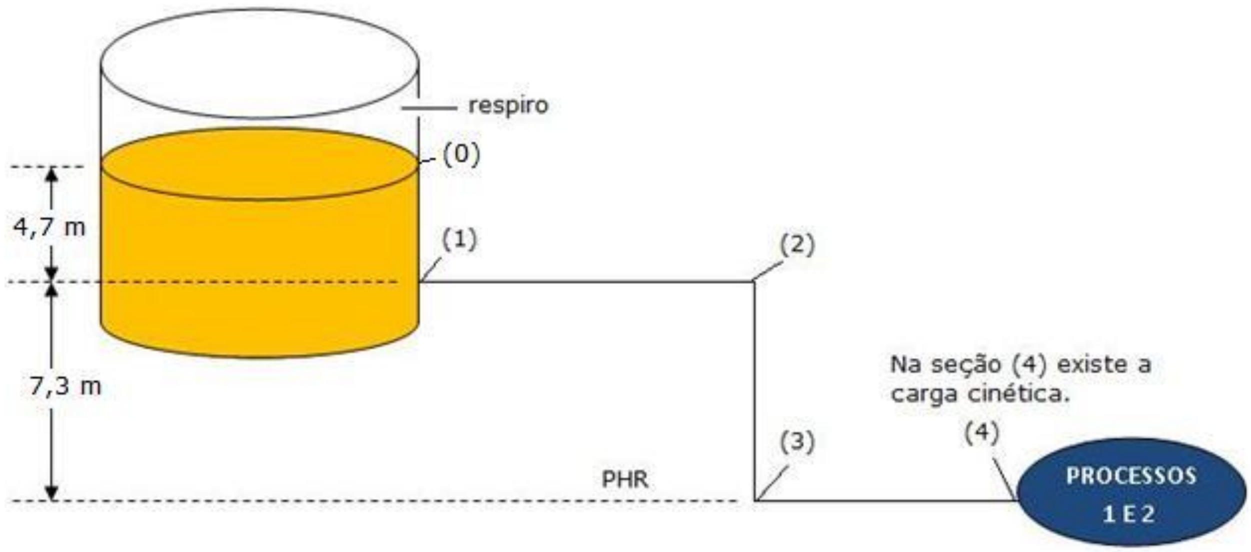

Head
m
70
60
50
40
30
26
60
65
70
75
80
82.5
83.5
η %
77.5
75
Impeller Ø
219 mm
208
199
190
180
0
50
100
150
m³/h
200
250
290
0
20
40
L/s
60
80
NPSH
m
8
6
4
2.5
180-219
Power
kW
46
40
30
20
10
219
208
199
190
180
0
50
100
150
m³/h
200
250
290
Flow rate

4ª Questão: O esquema a seguir representa uma instalação hidráulica que irá alimentar dois processos: um que necessita da vazão obtida pelo escoamento em queda livre e o segundo que necessita de uma vazão obtida através da bomba hidráulica cujas características **fornecidas pelo fabricante na página 8** são dadas a seguir. Sabendo-se que a tubulação é nova e de aço 40 com diâmetro nominal igual a 1,5", pede-se:

a. a vazão que alimenta o processo em queda livre; **(valor – 1,0)**

b. completar a tabela abaixo e obter as equações das linhas de tendências das curvas de $H_{Bv} = f(Q_v)$ e do $\eta_{Bv} = f(Q_v)$. **(valor – 1,0)**

Dados: óleo com densidade igual a 900 kg/m³ e viscosidade cinemática igual a 1000 SSU (220 mm²/s) na temperatura de bombeamento; g= 9,8 m/s²; (1) = saída normal (Leq_1=1 m); (2) e (3) = joelhos de 90^0 (Leq_2=Leq_3=1,41 m); L_{1-4} = 3,5 m e para os dois processos considera-se $p_4 = p_{atm}$.



	0,6*Q	0,8*Q	1,0*Q	1,2*Q
Q (L/s)			**3,6**	
H_B (m)				
η_B (%)			**76**	
Kη	**0,72**	**0,72**	**0,72**	**0,72**
K_Q	**0,92**	**0,92**	**0,92**	**0,92**
K_H	**0,96**	**0,94**	**0,92**	**0,89**
Q* K_Q				
H_B* K_H				
η_B* Kη				

Q (L/s)	H_B (m)	η (%)
0	7,2	
1,2	7,1	
1,8	6,9	62
2,4	6,6	70
3	6,25	74
3,6	5,8	76
4,2	5,3	74
4,8	4,7	70
5,4	4,0	62

5ª Questão: Em um novo processo em uma empresa de produtos químicos, foi verificado que é necessária uma vazão de 10 m^3/h.

Como foi instalado um inversor de frequência no processo e sendo você o engenheiro responsável pelo processo, lhe foi solicitado para escolher a frequência e (**se necessário**) fechar parcialmente a válvula globo com o intuito de obter-se a vazão necessária.

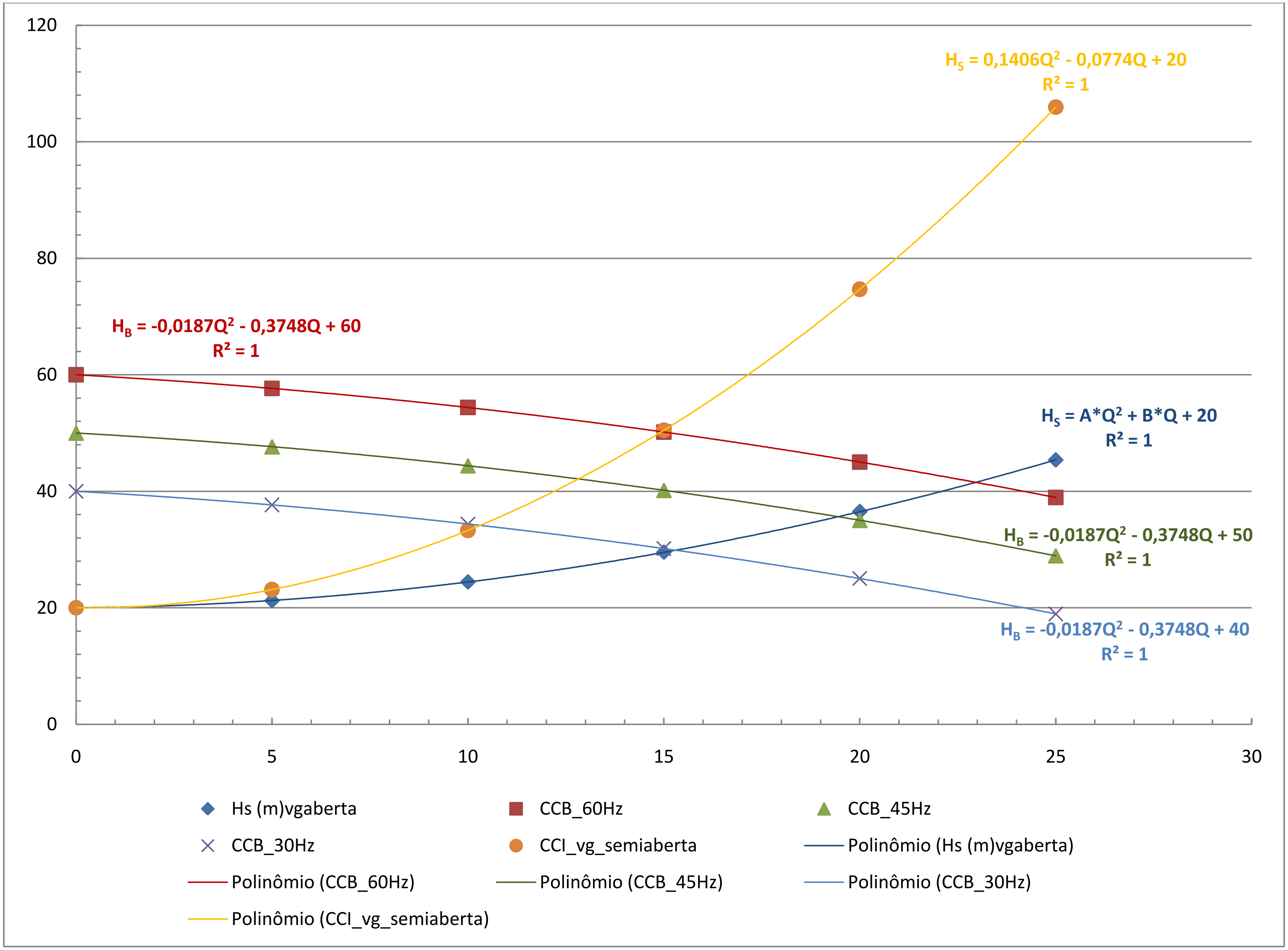
Pede-se:

a. a equação da CCI em função dos coeficientes de perda de carga distribuída ($f_{3''}$ e $f_{2''}$) e da vazão; **(valor – 1,0)**
b. se for necessário fechar a válvula, calcular o novo comprimento equivalente da válvula. **(valor – 1,0)**

DADOS: μ = 0,000958 kg/ms; ρ = 997,61 kg/m³; K = $4{,}8 \times 10^{-5}$m; t**ubulação de diâmetro nominal de 3'' com espessura 40 (Dint = 77,9 mm; A= 47,7 cm²):** ∑(L+Leq) = 42,36m; t**ubulação de diâmetro nominal de 2'' com espessura 40 (Dint = 52,5 mm; A= 21,7 cm²):** ∑ (L+Leq) = 112,98m; Leq da válvula globo sem guia totalmente aberta = 17,68m; **considerar velocidade apenas na saída da instalação**, ou seja, na tubulação de 2''.

Através de ensaios anteriores, já temos as curvas da CCB para diferentes frequências e curvas da CCI para a válvula globo aberta e parcialmente aberta.

Deve-se utilizar apenas as frequências do gráfico, ou seja, 60, 45 e 30 Hz.



120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
30
$H_S = 0,1406Q^2 - 0,0774Q + 20$
$R^2 = 1$
$H_B = -0,0187Q^2 - 0,3748Q + 60$
$R^2 = 1$
$H_S = A*Q^2 + B*Q + 20$
$R^2 = 1$
$H_B = -0,0187Q^2 - 0,3748Q + 50$
$R^2 = 1$
$H_B = -0,0187Q^2 - 0,3748Q + 40$
$R^2 = 1$
Hs (m)vgaberta
CCB_60Hz
CCB_45Hz
CCB_30Hz
CCI_vg_semiaberta
Polinômio (Hs (m)vgaberta)
Polinômio (CCB_60Hz)
Polinômio (CCB_45Hz)
Polinômio (CCB_30Hz)
Polinômio (CCI_vg_semiaberta)