

Quarta aula de mecânica dos fluidos para engenharia química (ME5330)

09/03/2010

Reflexões sobre a norma para apresentação de um relatório técnico

exercício



[http://www.escoladavida.eng.br/normas_apresentação_de_atividades_propostas_\(relatórios\).pdf](http://www.escoladavida.eng.br/normas_apresentação_de_atividades_propostas_(relatórios).pdf)

Quarta aula de
ME5330

09/03/2010 - v2

apresentação de uma
planilha de cálculo

bancada 8



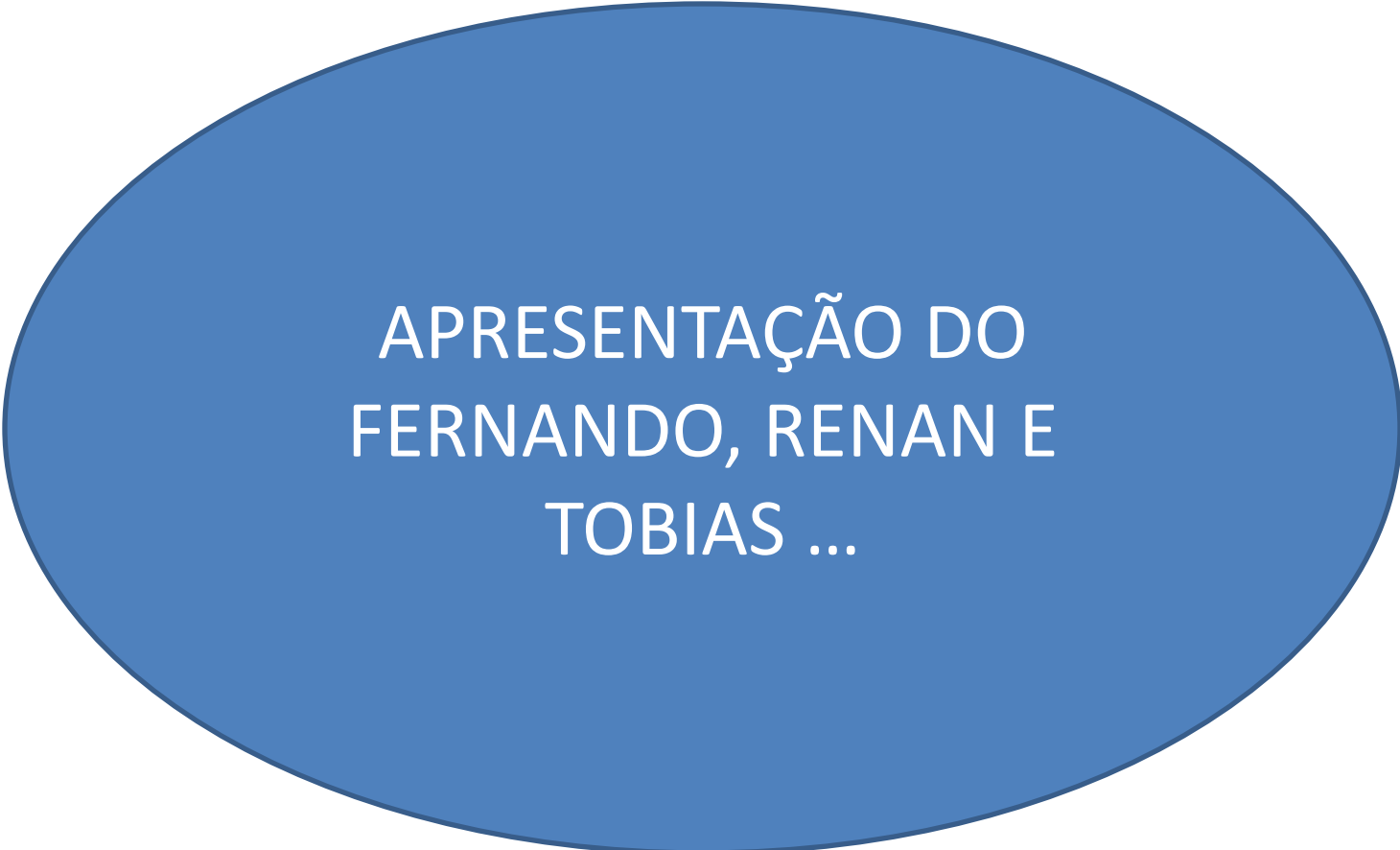
dados obtidos em
04/03/2010

condição para se ter
escoamento em queda livre



exemplo

CCI



APRESENTAÇÃO DO
FERNANDO, RENAN E
TOBIAS ...

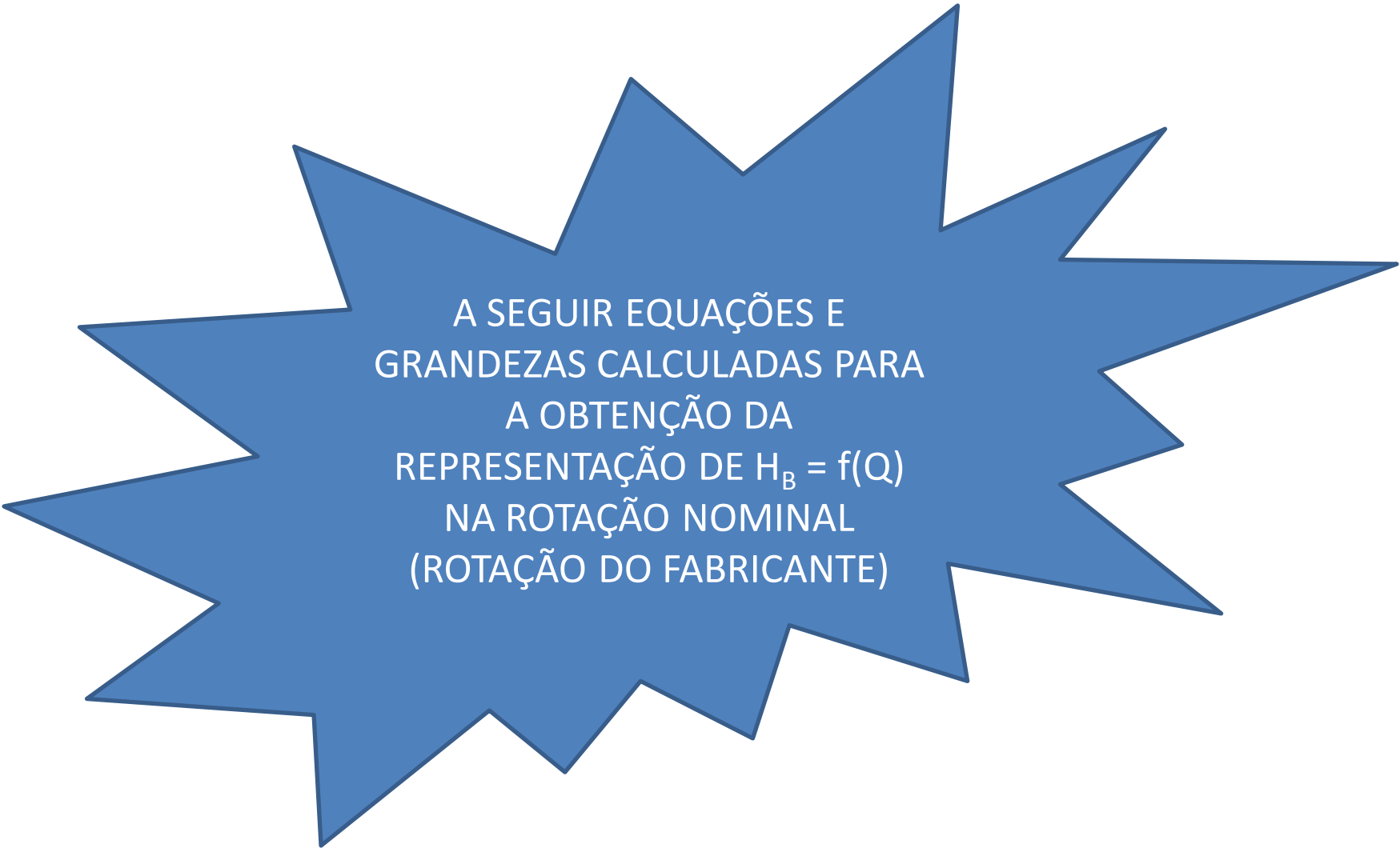
[http://www.escoladavida.eng.br/normas_apresentação_de_atividades_propostas_\(relatórios\).pdf](http://www.escoladavida.eng.br/normas_apresentação_de_atividades_propostas_(relatórios).pdf)

Objetivando eliminar dúvidas em relação aos cálculos para obtenção da curva $H_B = f(Q)$, apresento a seguir a planilha obtida para a bancada 8 do Centro Universitário da FEI no último dia 04/03/2010



O PRÓXIMO SLIDE
COMPLEMENTA O
CAMINHO ESCOLHIDO
PARA O ESCOAMENTO
D'ÁGUA.





A SEGUIR EQUAÇÕES E
GRANDEZAS CALCULADAS PARA
A OBTENÇÃO DA
REPRESENTAÇÃO DE $H_B = f(Q)$
NA ROTAÇÃO NOMINAL
(ROTAÇÃO DO FABRICANTE)

$$v = \frac{Q_{\text{ensaio}}}{A}$$

$$p = p_{\text{man}} + \gamma \times h_{\text{eixo-centro}_{\text{man}}}$$

$$H_{B_{\text{ensaio}}} = \Delta z + \frac{p_s - p_e}{\gamma} + \frac{v_s^2 - v_e^2}{2g}$$

$$H_{B_{\text{ensaio}}} = \Delta z + \frac{p_{ms} + \gamma \times h_s - p_{me} - \gamma \times h_e}{\gamma} + \left(\frac{1}{A_s^2} - \frac{1}{A_e^2} \right) \times \frac{Q^2}{2g}$$

$$H_{B_{\text{corrigido}}} = \left(\frac{n_{\text{nominal}}}{n_{\text{lido}}} \right)^2 \times H_{B_{\text{ensaio}}}$$

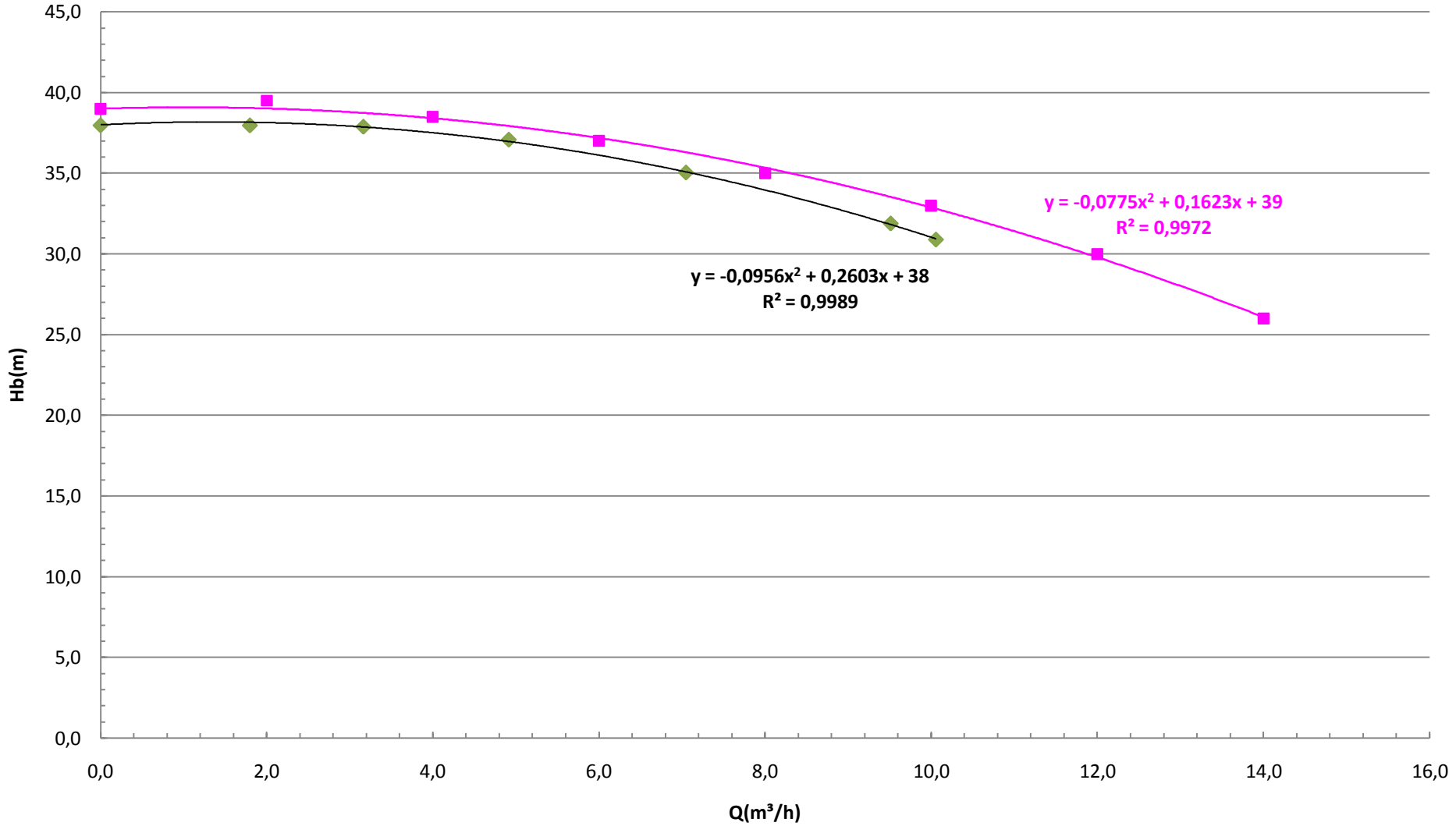
$$Q_{\text{corrigido}} = \left(\frac{n_{\text{nominal}}}{n_{\text{lido}}} \right) \times Q_{\text{ensaio}}$$

A velocidade média, a pressão estática na seção e a carga manométrica de ensaio para a rotação lida.

O gráfico do $HB = f(Q)$ é construído com os valores corrigidos e deve ser comparado com o fornecido pelo fabricante.

Q_{ENSAIO} (L/s)	Q_{ENSAIO} (m ³ /h)	ve (m/s)	vs (m/s)	$p_{e \text{ mano}}$ (bar) (abs)	p_e (kPa)	$p_{s \text{ mano}}$ (kPa)	p_s (kPa)	H_{BENSAIO} (m)	n_{nominal} (rpm)	n_{ensaio} (rpm)	$Q_{(3500)}$ (m ³ /h)	$Hb_{(3500)}$ (m)	Qfab (m ³ /h)	Hbfab (m)
0,00	0,0	0,0	0,0	0,858	-4,7	349,7	350,8	36,7	3500	3439	0,0	38,0	0,0	39,0
0,49	1,8	0,4	0,9	0,839	-6,6	346,6	347,7	36,6	3500	3435	1,8	38,0	2,0	39,5
0,86	3,1	0,7	1,5	0,82	-8,5	341,2	342,3	36,3	3500	3425	3,2	37,9	4,0	38,5
1,33	4,8	1,0	2,4	0,795	-11,0	326,8	327,9	35,2	3500	3410	4,9	37,1	6,0	37,0
1,90	6,8	1,5	3,4	0,772	-13,3	300,7	301,8	33,0	3500	3397	7,0	35,0	8,0	35,0
2,55	9,2	1,9	4,6	0,751	-15,4	262,4	263,5	29,7	3500	3378	9,5	31,9	10,0	33,0
2,70	9,7	2,1	4,8	0,746	-15,9	252,6	253,7	28,9	3500	3383	10,1	30,9	12,0	30,0
3,40	12,2	2,6	6,1	0,707	-19,8	188,5	189,6	23,3	3500	3364	12,7	25,2	14,0	26,0
Δz (m)	A_{res} (m ²)	D_{rotor} (mm)	D_{entr} (mm)	A_{entr} (cm ²)	D_{sai} (mm)	A_{sai} (cm ²)		g (m/s ²)	hentra da (m)	hsaida (m)	patm (bar)	T (°C)	$Y_{\text{H}_2\text{O}}$ (N/m ³)	
0,29	0,546	132	40,8	13,1	26,6	5,57		9,8	0,115	0,03	0,916	22	9774,34	

CCB - BANCADA 8



Voltando a refletir sobre a CCI (curva característica da instalação)

$$h_s = f \times \frac{L_{eq}}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} = K_S \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

CÁLCULO DA PERDA LOCALIZADA OU SINGULAR

$$\therefore H_S = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + \sum \left(f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \right)$$

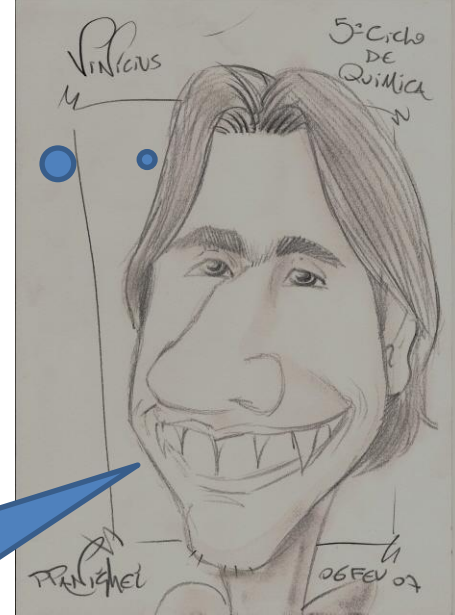
CARGA NECESSÁRIA NO SISTEMA PARA O FLUIDO ESCOAR COM A VAZÃO “Q”

Deve-se observar que na equação anterior existe uma parte que não depende da vazão é que é denominada de CARGA ESTÁTICA (H_{est})

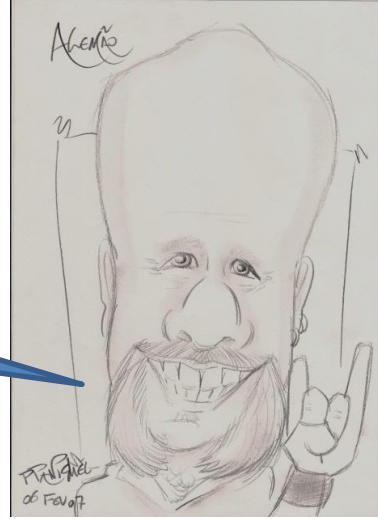
$$H_{est} = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right)$$

QUEM QUESTIONA
EVOLUI!

QUAL SERIA A
CONDIÇÃO PARA A
INSTALAÇÃO OPERAR
SEM BOMBA?



A CARGA ESTÁTICA
DEVE SER NEGATIVA,
JÁ QUE:



$$H_S = H_B = 0$$

$$\therefore 0 = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + \sum \left(f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \right)$$

A parcela :

$$\left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) + \sum \left(f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} \right) > 0$$

$$\therefore Q_{qL} = \sqrt{\frac{- \left\{ (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) \right\}}{\left(\frac{\alpha_f \times y_f}{2g \times A_f^2} - \frac{\alpha_i \times y_i}{2g \times A_i^2} \right) + \sum \left(f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2} \right)}}$$

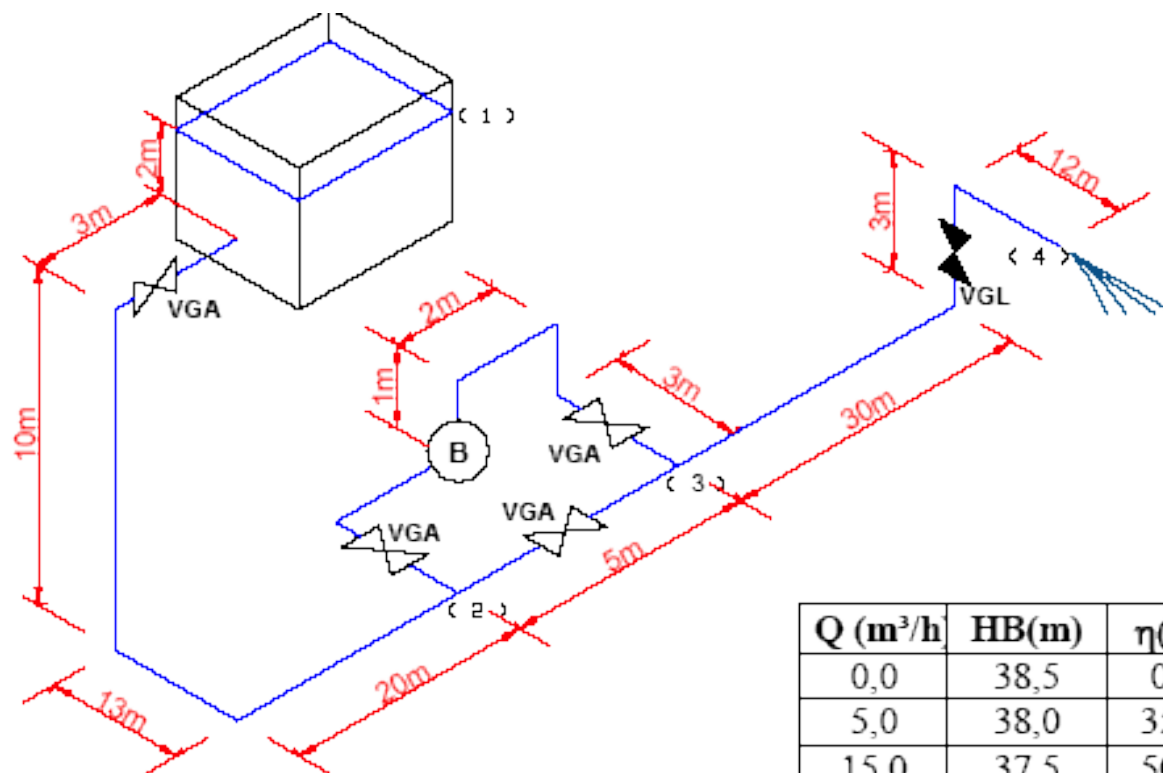
CÁLCULO DA
VAZÃO EM
QUEDA LIVRE

Q_{qL}

Exemplo: considere que a instalação do slide a seguir transporta água a 20°C e que é constituída por apenas um diâmetro que tem o seu valor nominal igual a 2,5”.

Sabendo que o material do tubo é aço 40, pede-se:

1. a equação da CCI;
2. verificar se existe a vazão em queda livre, se existir especifique o seu valor em L/s;
3. instalando a bomba especificada na figura, qual o seu ponto de trabalho.



Q (m ³ /h)	HB(m)	η (%)
0,0	38,5	0,0
5,0	38,0	35,0
15,0	37,5	50,0
20,0	37,0	60,0
25,0	36,5	70,0
30,0	36,0	60,0
35,0	34,0	50,0
40,0	32,0	40,0
45,0	28,5	35,0

Características da bomba
Hero-Linha 2000 – H-40-A

Dados:

Singularidade	Leq (m)
Saída normal de reservatório	1,9
Válvula gaveta de 2,5" totalmente aberta	0,4
Joelho de 90° de 2,5"	1,7
Tê de passagem direta de 2,5"	1,3
Tê de saída lateral de 2,5"	4,3
Válvula globo reta sem guia de 2,5"	21
Saída de tubulação	1,9

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}_{20^\circ\text{C}}} = 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{\text{H}_2\text{O}_{20^\circ\text{C}}} = 1,004 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \rightarrow \text{local} \rightarrow g \cong 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Dados (cont)

Para a bomba utilizada, tem-se:

$$H_B = -0,0067 \times Q^2 + 0,1082 \times Q + 38$$

$$[H_B] = \text{m} \Rightarrow [Q] = \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\eta_B = -0,0725 \times Q^2 + 3,5644 \times Q + 17,913$$

$$[\eta_B] = \% \Rightarrow [Q] = \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Solução

CONSULTANDO:

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/primeiro2007/avaliacao_prestabelecida/informacoes_importantes_para_projetos.pdf

TEM-SE PARA O AÇO 40
ATRAVÉS DA NORMA
B3610:

$$D_{\text{nominal}} = 2,5''$$

$$D_{\text{int}} = 62,7 \text{ mm}$$

$$A = 30,9 \text{ cm}^2$$

$$H_1 + H_S = H_4 + H_{p_{\text{totais}}}$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_S = z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{Q^2}{2g \times A_1^2} + H_S = z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{Q^2}{2g \times A_4^2} + f \times \frac{(L + \sum Leq)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$12 + H_S = 3 + \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2} + f \times \frac{(96 + 36,7)}{0,0627} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_S = -9 + 5343,5 \times Q^2 + f \times 11309160,1 \times Q^2$$

COMO A CARGA ESTÁTICA DEU NEGATIVA (-9 m), PODE-SE CONCLUIR QUE EXISTE O ESCOAMENTO SEM BOMBA

PODE-SE DETERMINAR A VAZÃO PELO MÉTODO ITERATIVO, OU SEJA, ADOTA-SE VALORES PARA A VAZÃO E CALCULA-SE O HS, O QUAL DEVE SER CALCULADO ATÉ SER IGUAL A ZERO

DADOS DE ENTRADA PARA A DETERMINAÇÃO DO "f":

propriedades do fluido transportado					
temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	p_v (Pa)	v (m ² /s)
20		1,00E-03	998,2		1,00E-06

propriedades do local		
g =	9,8	m/s ²
patm =		Pa

mat. tubo aço			
espessura	Dint (mm)	A (cm ²)	
40	62,7	30,9	
K(m)	DH/k		
4,80E-05	1306		

PRIMEIROS CÁLCULOS:

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	H _s (m)
0	0	0	-9
5,0	0,00139	0,0259	-8,4
15,0	0,00417	0,0219	-4,6
20,0	0,00556	0,0212	-1,4
25,0	0,00694	0,0208	2,6

PRIMEIRA CONCLUSÃO QUE A VAZÃO EM QUEDA LIVRE ESTÁ ENTRE 20,0 E 25,0 m³/h

CONTINUANDO A CÁLCULAR:

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	H _s (m)
0	0	0	-9
5,0	0,00139	0,0259	-8,4
15,0	0,00417	0,0219	-4,6
20,0	0,00556	0,0212	-1,4
25,0	0,00694	0,0208	2,6
21,0	0,005833	0,0211	-0,7
22,0	0,006111	0,0210	0,1

SEGUNDA CONCLUSÃO QUE A VAZÃO EM QUEDA LIVRE ESTÁ ENTRE 21,0 E 22,0 m³/h

CONTINUANDO A CÁLCULAR:

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	H _s (m)
0	0	0	-9
5,0	0,00139	0,0259	-8,4
15,0	0,00417	0,0219	-4,6
20,0	0,00556	0,0212	-1,4
25,0	0,00694	0,0208	2,6
21,0	0,005833	0,0211	-0,7
22,0	0,006111	0,0210	0,1
21,5	0,005972	0,0211	-0,29833
21,9	0,006083	0,021	-0,01339
21,95	0,006097	0,021	0,027695

TERCEIRA CONCLUSÃO QUE A VAZÃO EM QUEDA LIVRE ESTÁ ENTRE 21,9 E 21,95 m³/h

CONTINUANDO A CÁLCULAR:

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	H _s (m)
0	0	0	-9
5,0	0,00139	0,0259	-8,4
15,0	0,00417	0,0219	-4,6
20,0	0,00556	0,0212	-1,4
25,0	0,00694	0,0208	2,6
21,0	0,005833	0,0211	-0,7
22,0	0,006111	0,0210	0,1
21,5	0,005972	0,0211	-0,29833
21,9	0,006083	0,021	-0,01339
21,95	0,006097	0,021	0,027695
21,91	0,006086	0,021	-0,00518
21,92	0,006089	0,021	0,003035

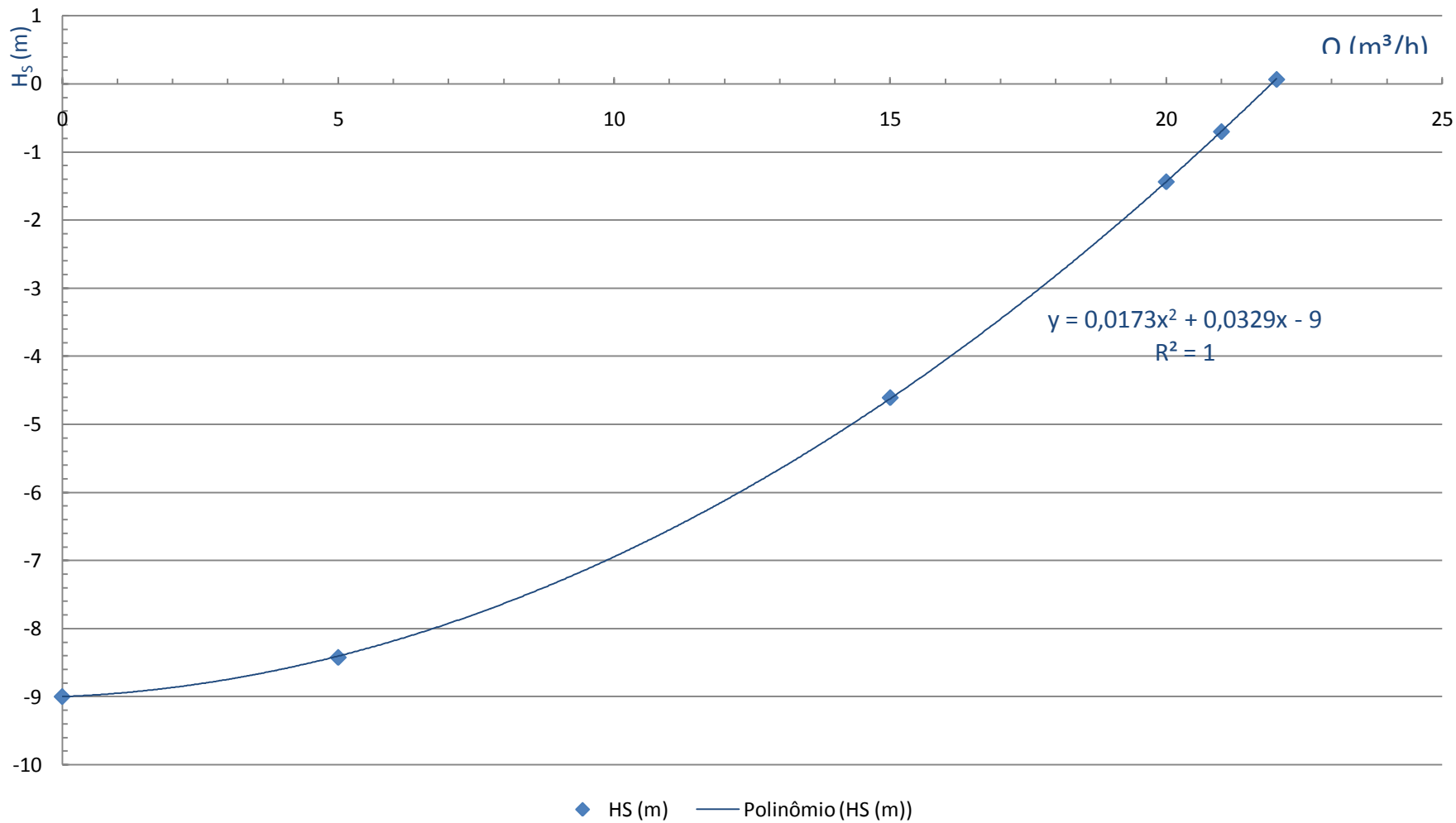
QUARTA CONCLUSÃO QUE A VAZÃO EM QUEDA LIVRE ESTÁ ENTRE 21,91 E 21,92 m³/h, PARA SEGUIR A NORMA ESTABELECIDADA, CONSIDERA-SE A VAZÃO DE QUEDA LIVRE APROXIMADAMENTE IGUAL A 21,9 m³/h

RESOLVENDO PELA EQUAÇÃO DA LINHA DE TENDÊNCIA ...

CONSIDERANDO A TABELA:

$Q(\text{m}^3/\text{h})$	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	f	$H_s \text{ (m)}$
0	0	0	-9
5,0	0,00139	0,0259	-8,4
15,0	0,00417	0,0219	-4,6
20,0	0,00556	0,0212	-1,4
21,0	0,005833	0,0211	-0,7
22,0	0,006111	0,0210	0,1

$$H_s = f(Q)$$



Para a queda livre tem-se que a carga do sistema é igual a zero, portanto:

$$0 = 0,0173 \times Q_{qL}^2 + 0,0329 \times Q_{qL} - 9$$

$$Q_{qL} = \frac{-0,0329 + \sqrt{0,0329^2 + 4 \times 0,0173 \times 9}}{2 \times 0,0173}$$

$$Q_{qL} \cong 21,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

O ITEM C SERÁ
RESOLVIDO EM
FUTURO PRÓXIMO!