

Sétima aula de teoria de ME5330

Março de 2011

Vamos continuar com
a sina da engenharia
em ter que resolver
problemas!



Exemplo: considere uma instalação de bombeamento que 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 e que a equação da CCI é

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

Pede-se:

1. verificar se existe a vazão em queda livre, se existir especifique o seu valor;
2. se instalar uma bomba que se tem as equações de $H_B = f(Q)$ e $\eta_B = f(Q)$, especificar o seu ponto de trabalho.

Dados:

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}_{20^0\text{C}}} = 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{\text{H}_2\text{O}_{20^0\text{C}}} = 1,004 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \rightarrow \text{local} \rightarrow g \cong 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para a bomba utilizada na rotação de 3500 rpm, tem-se:

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

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

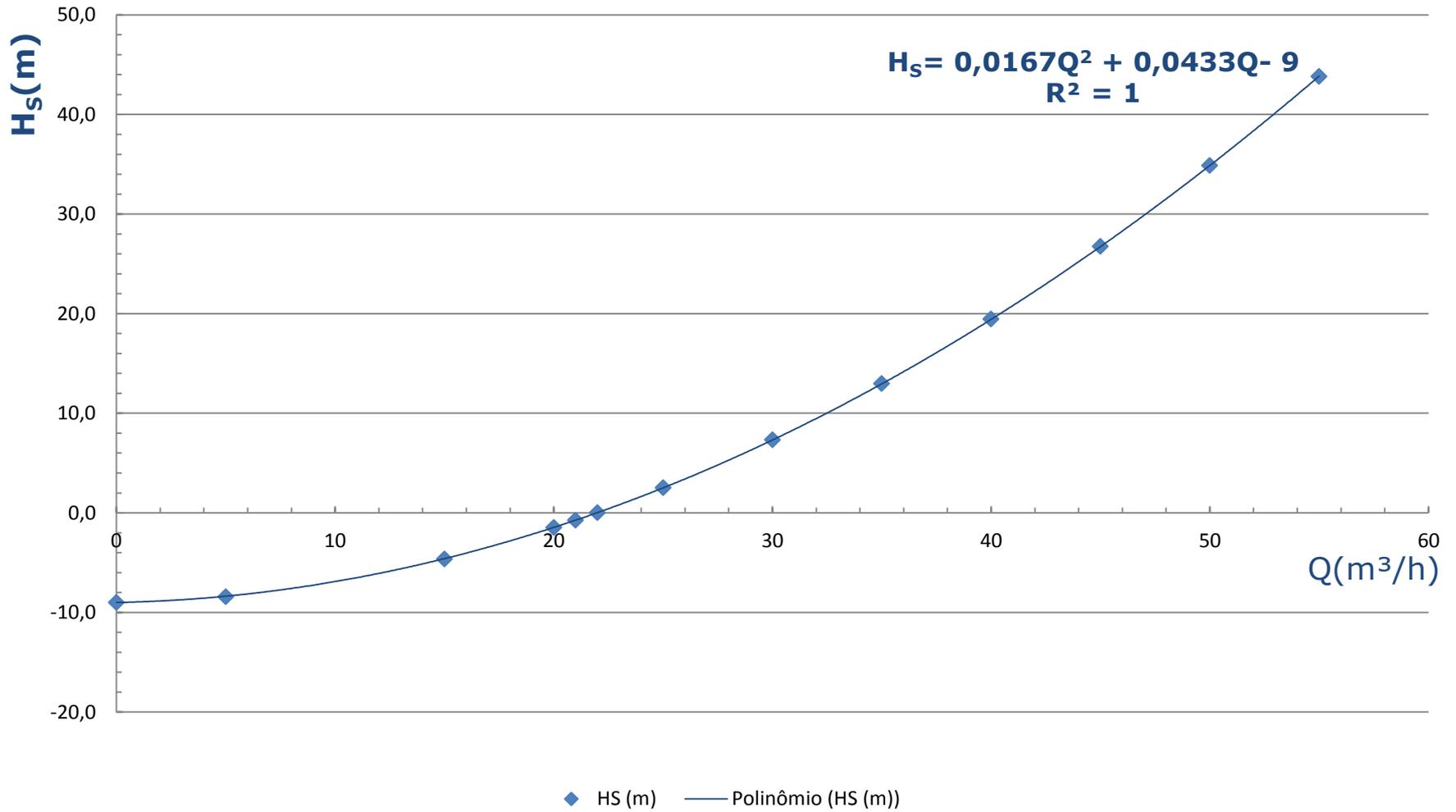
$$\eta_B = -0,0725 \times Q^2 + 3,5644 \times Q + 17,913$$

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

EXISTE A VAZÃO EM QUEDA LIVRE POIS A CARGA ESTÁTICA É NEGATIVA E PARA SUA DETERMINAÇÃO RESOLVE-SE A EQUAÇÃO DA LINHA DE TENDÊNCIA

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	H _s (m)
0	0	0	-9,0
5	0,00139	0,0257	-8,4
15	0,00417	0,0218	-4,6
20	0,00556	0,0211	-1,5
21	0,005833	0,0210	-0,7
22	0,006111	0,0209	0,0
25	0,006111	0,0206	2,5
30	0,006111	0,0203	7,3
35	0,006111	0,0201	13,0
40	0,006111	0,0199	19,5
45	0,006111	0,0198	26,7
50	0,006111	0,0196	34,9
55	0,006111	0,0195	43,8

CCI



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

$$0 = 0,0167 \times Q_{qL}^2 + 0,0433 \times Q_{qL} - 9$$

$$Q_{qL} = \frac{-0,0433 + \sqrt{0,0433^2 + 4 \times 0,0167 \times 9}}{2 \times 0,0167}$$

$$Q_{qL} \cong 21,95 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cong 22 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

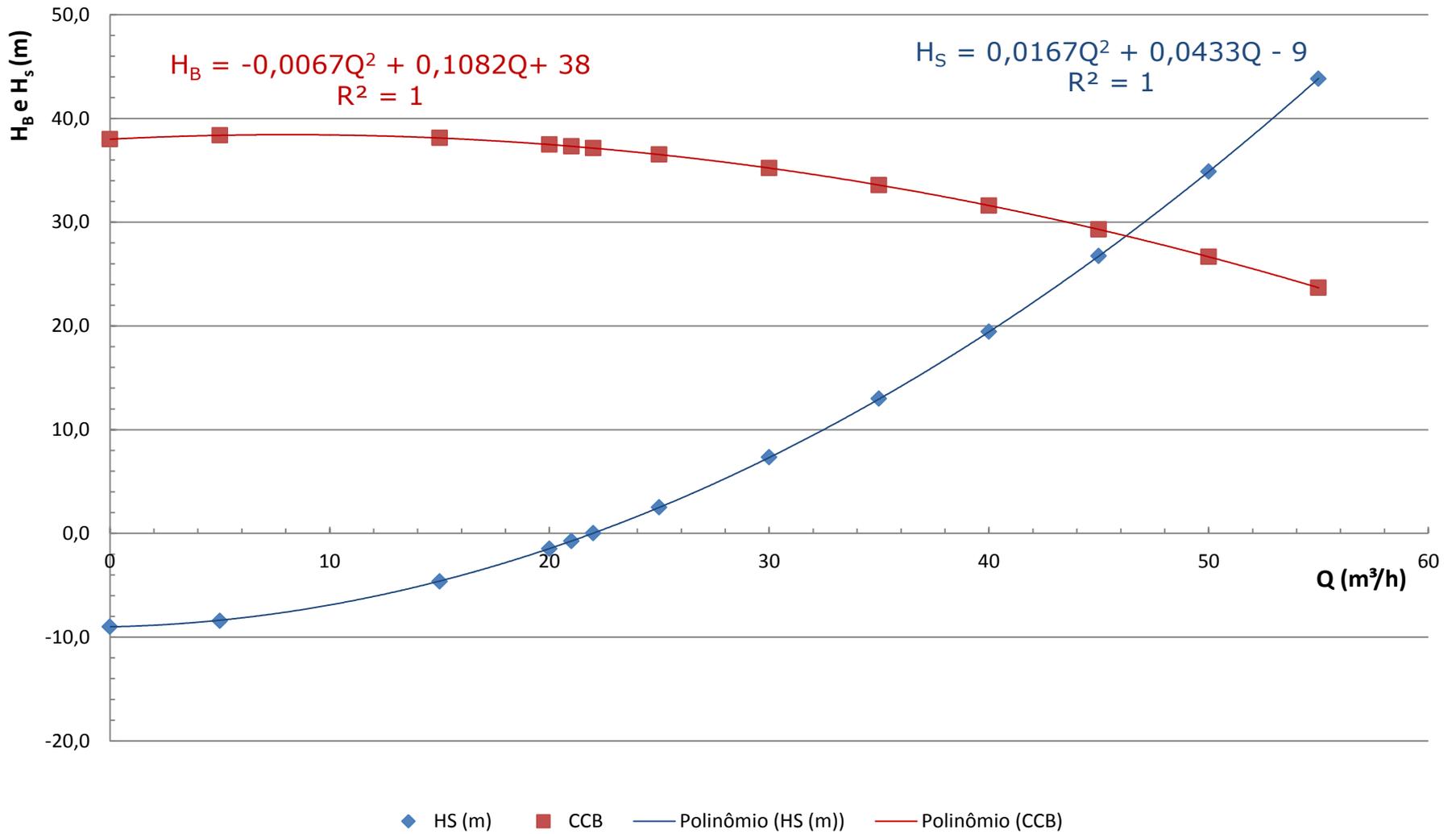
Determinação do ponto de trabalho com a bomba

Vamos traçar a CCI e a CCB e ver onde elas cruzam!



Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	H _S (m)	H _B (m)
0	0	0	-9,0	38,0
5	0,00139	0,0257	-8,4	38,4
15	0,00417	0,0218	-4,6	38,1
20	0,00556	0,0211	-1,5	37,5
21	0,005833	0,0210	-0,7	37,3
22	0,006111	0,0209	0,0	37,1
25	0,006111	0,0206	2,5	36,5
30	0,006111	0,0203	7,3	35,2
35	0,006111	0,0201	13,0	33,6
40	0,006111	0,0199	19,5	31,6
45	0,006111	0,0198	26,7	29,3
50	0,006111	0,0196	34,9	26,7
55	0,006111	0,0195	43,8	23,7

Ponto de trabalho



$$H_B = -0,0067Q^2 + 0,1082Q + 38 \rightarrow \text{CCB}$$

$$H_S = 0,0167Q^2 + 0,0433Q - 9 \rightarrow \text{CCI}$$

$$\text{Ponto de trabalho} \Rightarrow H_B = H_S$$

$$0,0234Q^2 - 0,0649Q - 47 = 0$$

$$Q = \frac{0,0649 + \sqrt{0,0649^2 + 4 \times 0,0234 \times 47}}{2 \times 0,0234} \cong 46,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_B = -0,0067 \times 46,2^2 + 0,1082 \times 46,2 + 38 \cong 28,7 \text{m}$$

$$\eta_B = -0,0725 \times 46,2^2 + 3,5644 \times 46,2 + 17,913 \cong 27,8\%$$

$$N_B = \frac{998,8 \times 9,8 \times \left(\frac{46,2}{3600} \right) \times 28,7}{0,278} \cong 12968,3 \text{W} \approx 13 \text{kW}$$

Extra

Considerando que existe a possibilidade de variar a rotação do conjunto motobomba do exercício anterior e sabendo que para um rendimento da bomba de 45% se tem um rendimento de 87% do motor elétrico e uma potência consumida da rede igual a 8,6 kW, pede-se:

1. a vazão e a carga manométrica para essa situação;
2. a rotação que foi submetida a bomba para se ter essa vazão.

Solução

Vamos evocar a equação da CCI e o cálculo do rendimento global.

$$H_S = 0,0167 \times Q^2 + 0,0433 \times Q - 9$$

$$\eta_{\text{global}} = \frac{N}{N_m} = \eta_B \times \eta_m \therefore 0,45 \times 0,87 = \frac{998,2 \times 9,8 \times Q \times H_B}{8600}$$

$$Q \times H_B = 0,344 \frac{\text{m}^4}{\text{s}} = 1239,1 \frac{\text{m}^4}{\text{h}} \Rightarrow H_B = \frac{1239,1}{Q}$$

$$\text{Ponto de trabalho} \Rightarrow H_B = H_S \therefore \frac{1239,1}{Q} = 0,0167 \times Q^2 + 0,0433 \times Q - 9$$

$$\therefore 0,0167 \times Q^3 + 0,0433 \times Q^2 - 9 \times Q - 1239,1 = 0$$



Para resolver a equação do terceiro grau, recorreremos a:

http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12011/abertura_12011.htm

e aí clicar em:

“Resolvendo equações do terceiro grau”



$$Q \cong 45,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow H_B = \frac{1239,1}{45,4} \cong 27,3\text{m}$$

$$\frac{46,2}{3500} = \frac{45,4}{n_{\text{nova}}} \therefore n_{\text{nova}} = \frac{45,4 \times 3500}{46,2} \cong 3439,4\text{rpm}$$