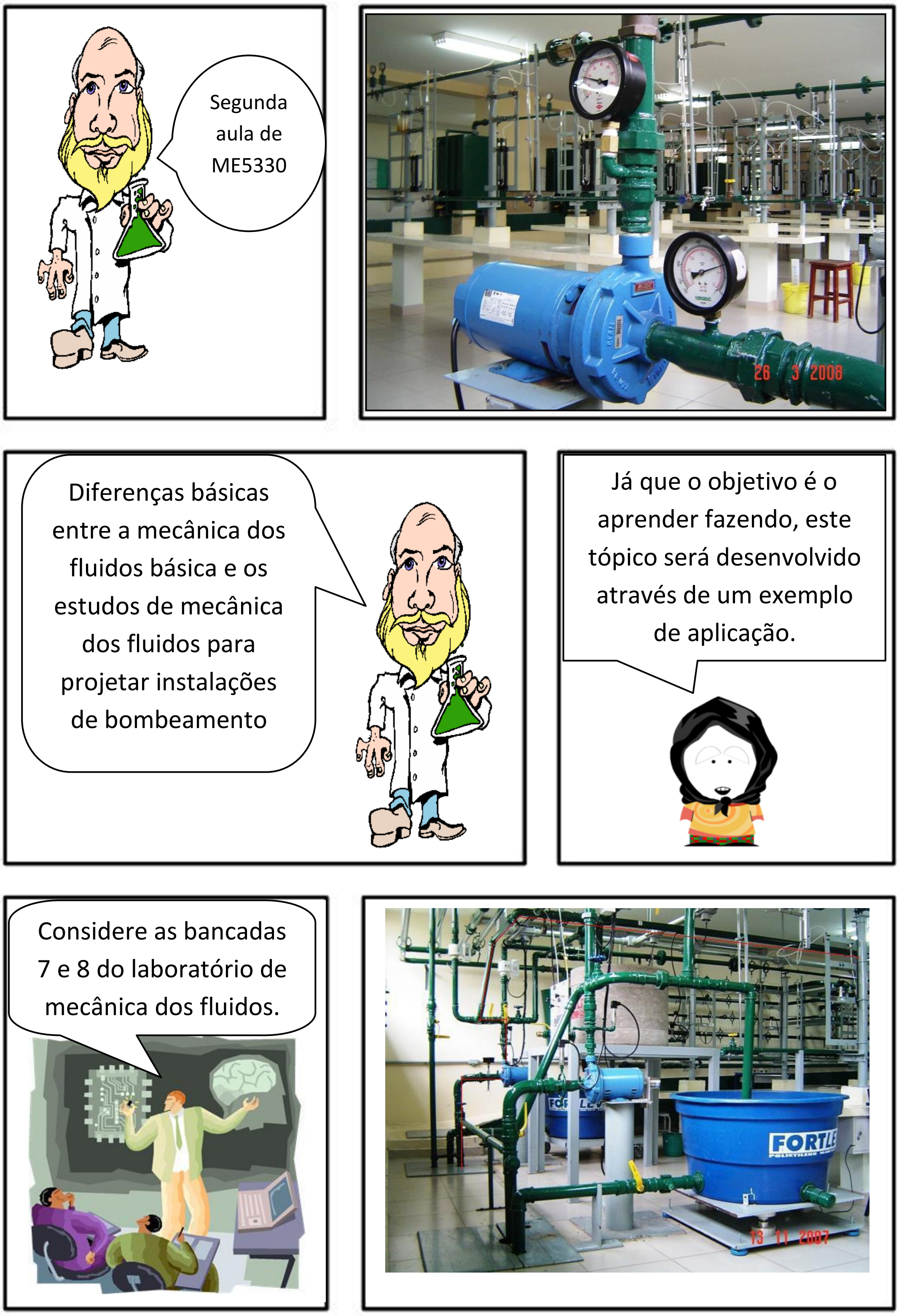
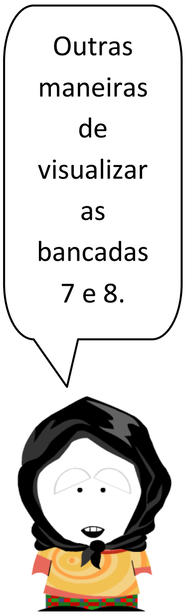
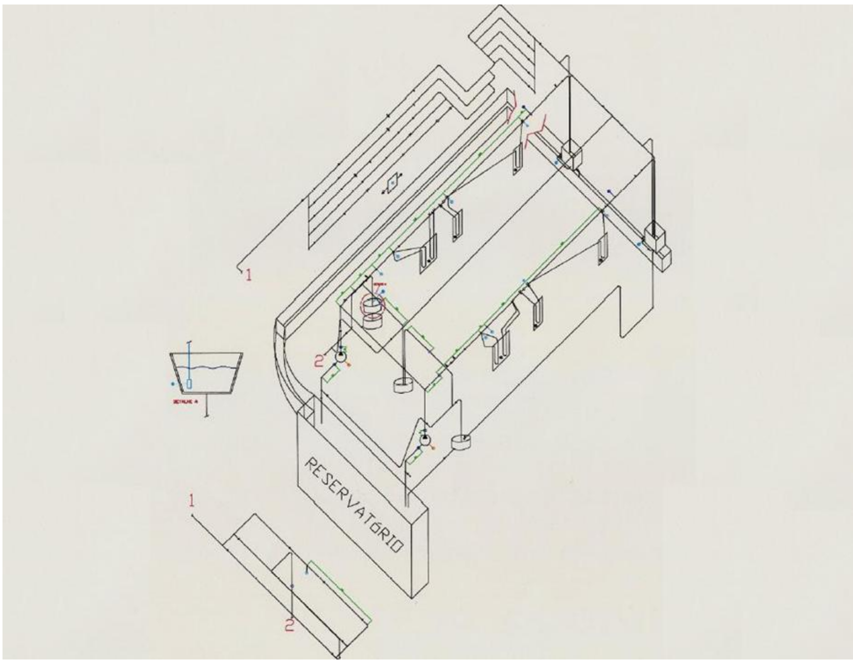
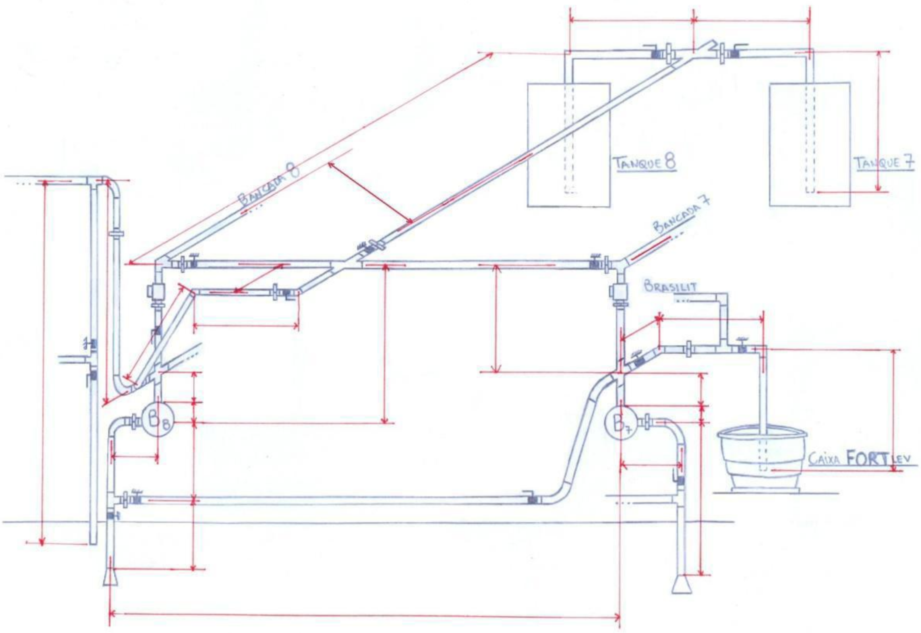
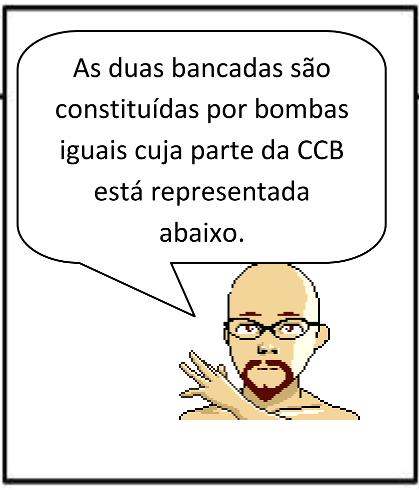
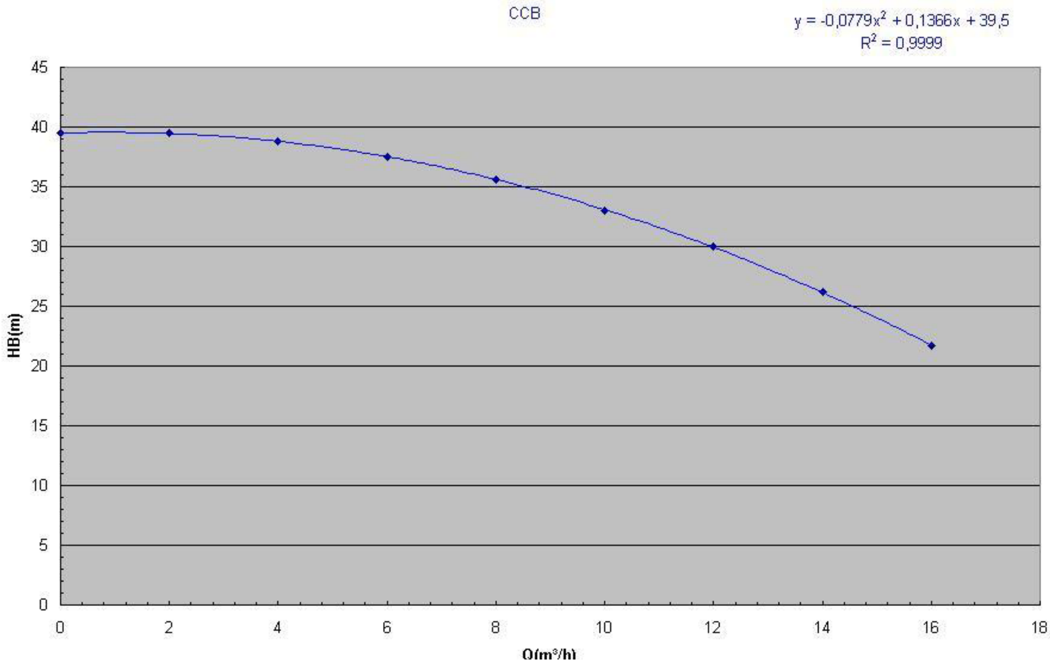

Segunda aula de ME5330
26 3 2008
Diferenças básicas entre a mecânica dos fluidos básica e os estudos de mecânica dos fluidos para projetar instalações de bombeamento
Já que o objetivo é o aprender fazendo, este tópico será desenvolvido através de um exemplo de aplicação.
Considere as bancadas 7 e 8 do laboratório de mecânica dos fluidos.
13 11 2007

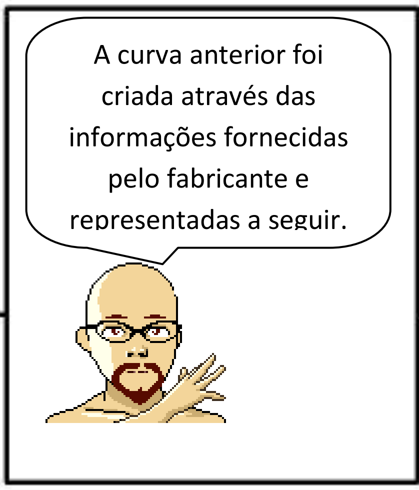

Outras maneiras de visualizar as bancadas 7 e 8.


RESERVATÓRIO
1
2
1
2

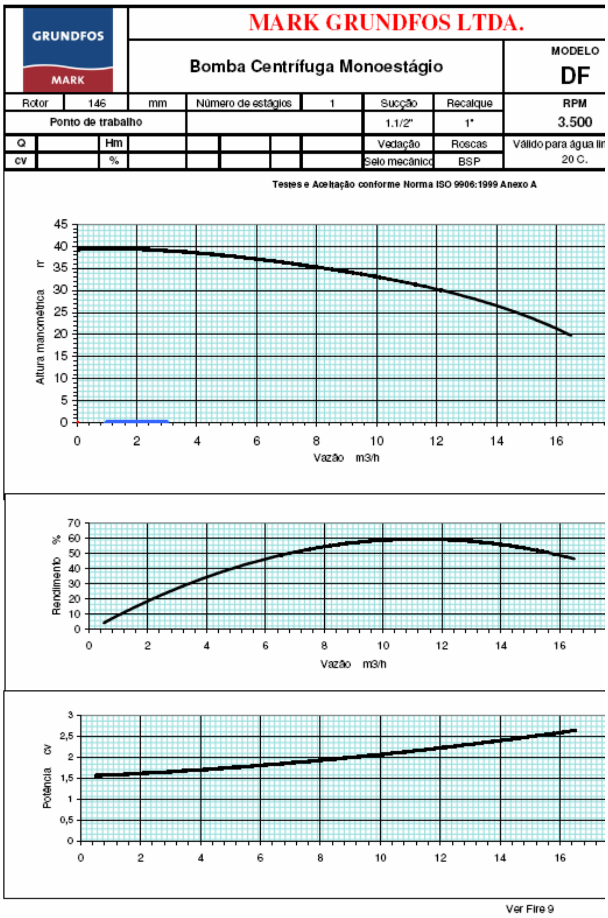

BANCADA 8
TANQUE 8
TANQUE 7
BANCADA 7
BRASILIT
CAIXA FORTLEV


As duas bancadas são constituídas por bombas iguais cuja parte da CCB está representada abaixo.


CCB
y = -0,0779x² + 0,1366x + 39,5
R² = 0,9999
HB(m)
Q(m³/h)

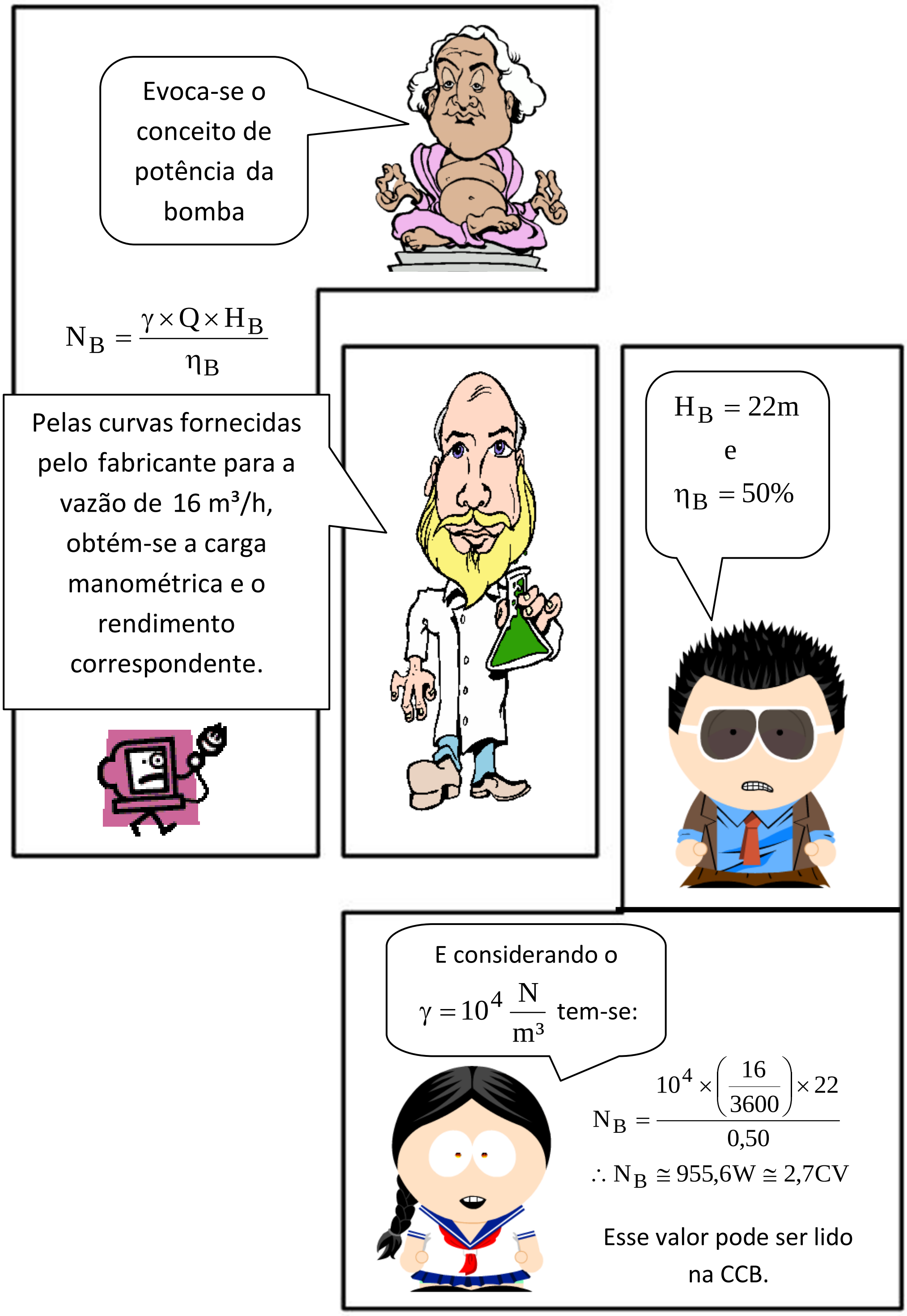

A curva anterior foi criada através das informações fornecidas pelo fabricante e representadas a seguir.


Z4 - Z3
4
3
2
Z2 - Z1
1

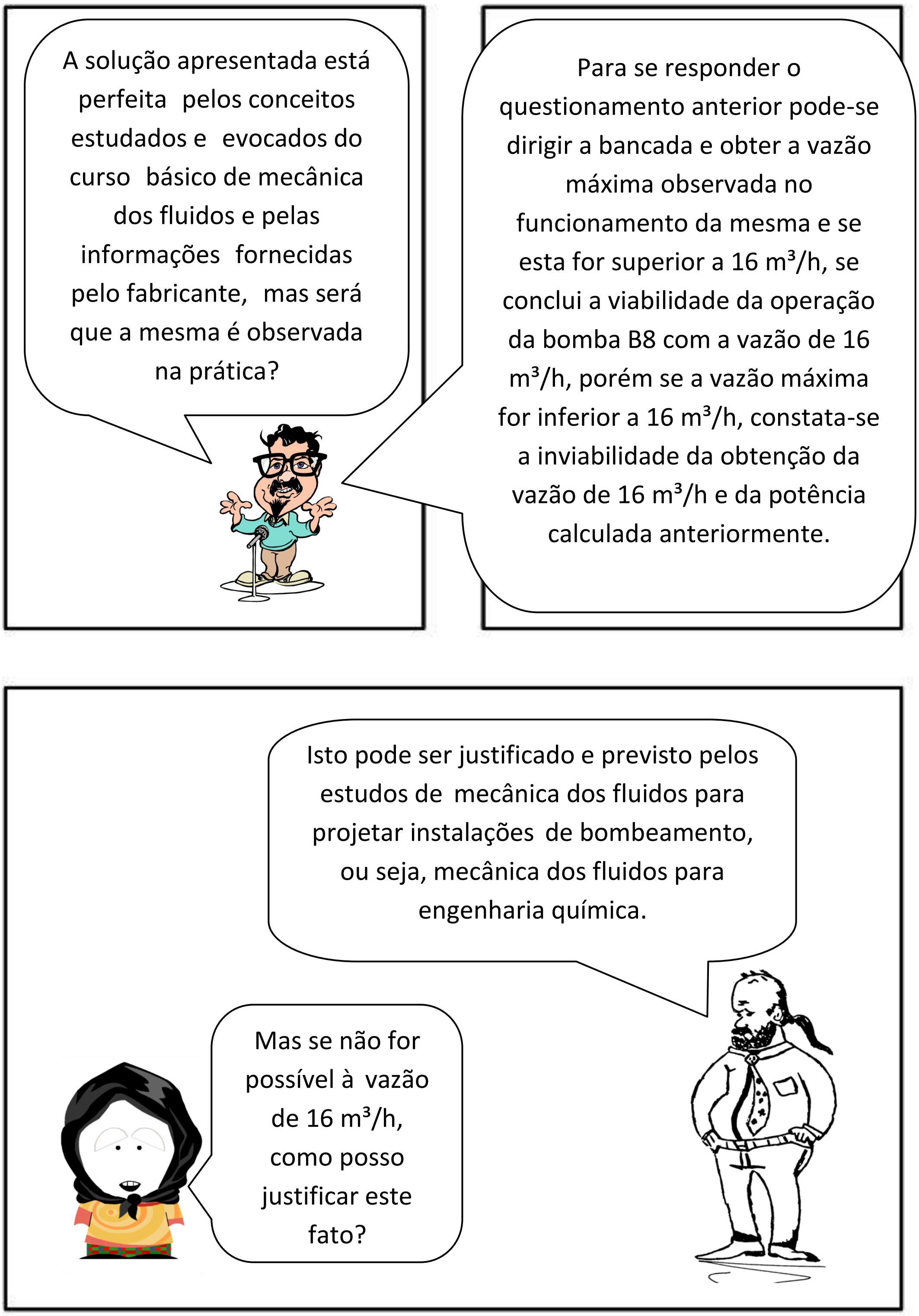

GRUNDFOS
MARK
MARK GRUNDFOS LTDA.
Bomba Centrífuga Monoestágio
MODELO
DF
Rotor 146 mm
Número de estágios 1
Sucção 1.1/2"
Recalque 1"
RPM 3.500
Ponto de trabalho
Q Hm
cv %
Vedação Selo mecânico
Roscas BSP
Válido para água
20 C.
Testes e Aceitação conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A
Altura manométrica m
Vazão m3/h
Rendimento %
Vazão m3/h
Potência cv
Ver Fire 9


Considerando o funcionamento da bomba B8 no transporte d'água para o tanque 8 com o escoamento através da própria bancada, pede-se especificar a sua potência para a vazão de 16 m³/h.


Solução por mecflu básica.



Evoca-se o conceito de potência da bomba
$N_B = \dfrac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B}$
Pelas curvas fornecidas pelo fabricante para a vazão de 16 m³/h, obtém-se a carga manométrica e o rendimento correspondente.
$H_B = 22\text{m}$ e $\eta_B = 50\%$
E considerando o $\gamma = 10^4 \dfrac{N}{m^3}$ tem-se:
$N_B = \dfrac{10^4 \times \left(\dfrac{16}{3600}\right) \times 22}{0{,}50}$
$\therefore N_B \cong 955{,}6W \cong 2{,}7CV$
Esse valor pode ser lido na CCB.


A solução apresentada está perfeita pelos conceitos estudados e evocados do curso básico de mecânica dos fluidos e pelas informações fornecidas pelo fabricante, mas será que a mesma é observada na prática?
Para se responder o questionamento anterior pode-se dirigir a bancada e obter a vazão máxima observada no funcionamento da mesma e se esta for superior a 16 m³/h, se conclui a viabilidade da operação da bomba B8 com a vazão de 16 m³/h, porém se a vazão máxima for inferior a 16 m³/h, constata-se a inviabilidade da obtenção da vazão de 16 m³/h e da potência calculada anteriormente.
Isto pode ser justificado e previsto pelos estudos de mecânica dos fluidos para projetar instalações de bombeamento, ou seja, mecânica dos fluidos para engenharia química.
Mas se não for possível à vazão de 16 m³/h, como posso justificar este fato?

Primeiro, vamos verificar se existe ou não a vazão de 16 m³/h.
Determinação da vazão máxima da bancada 8 alimentando o tanque 8 (caminho tradicional)
$Q = \frac{V}{t}$
Determinação da vazão máxima da bancada 8 alimentando o tanque 8 pelo painel de controle.
Leitura da vazão de um medidor eletromagnético.
COMO EXPLICAR A SITUAÇÃO OBSERVADA?
ATRAVÉS DA CURVA CARACTERÍSTICA DA INSTALAÇÃO (CCI) E A DETERMINAÇÃO DO PONTO DE TRABALHO.

$$H_{inicial} + H_B = H_{final} + H_{p_{totais}}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} + H_B = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + H_{p_{totais}}$$

$$H_B = \left(z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} \right) - \left(z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} \right) + H_{p_{totais}}$$

Supondo uma instalação de bombeamento com o diâmetro antes da bomba diferente do diâmetro de recalque e com a seção final apresentando carga cinética, tem-se que:

$$H_B = \left(z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} \right) - \left(z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} \right) + H_{p_{antesBomba}} + H_{p_{recalque}}$$

$$H_p = h_f + \sum h_s = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} + \sum \left(K_s \times \frac{v^2}{2g} \right) = f \times \frac{\left(L + \sum L_{eq}\right)}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$

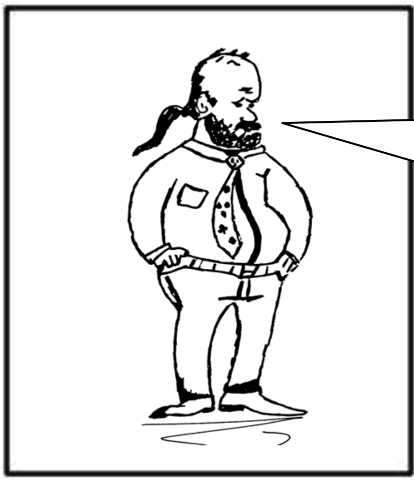
$$H_B = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + H_{p_{antesBomba}} + H_{p_{recalque}}$$

Considerando:

$$z_f - z_i = z_{geométrica} \rightarrow \alpha_f \cong 1{,}0, \text{ tem-se:}$$

$$\boxed{H_B} = \underbrace{\boxed{z_{geométrica} + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right)}}_{\text{Não depende da Q}} + \underbrace{\boxed{\frac{v_f^2}{2g} + H_{p_{antesBomba}} + H_{p_{recalque}}}}_{\text{Depende da Q}}$$

Carga do sistema = H_S é o que o fluido necessita para que ele percorra o sistema com uma vazão Q

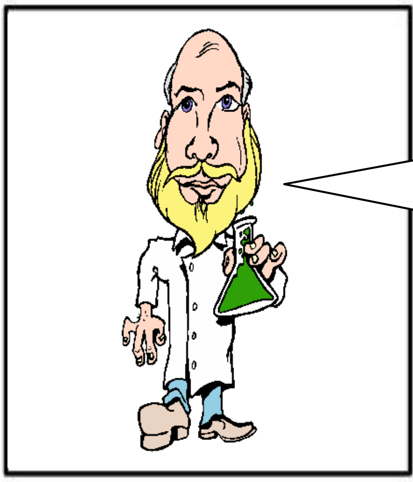


Ao se considerar uma instalação com apenas dois diâmetros, pode-se representar a equação da CCI pela equação a seguir:

$$H_S = H_{estática} + B_{instalação} \times Q^2$$

$$B_{instalação} = \left(f_{aB} \times \frac{\left(L + \sum L_{eq}\right)_{aB}}{D_{H_{aB}}}\right) \times \frac{1}{2g \times A_{aB}^2} + \left(f_r \times \frac{\left(L + \sum L_{eq}\right)_r}{D_{H_r}}\right) \times \frac{1}{2g \times A_r^2} + \frac{Y_f}{2g \times A_r^2}$$

Onde Y_f será igual a zero se a seção final for um nível de reservatório e será igual a 1,0 se existir velocidade na seção final.

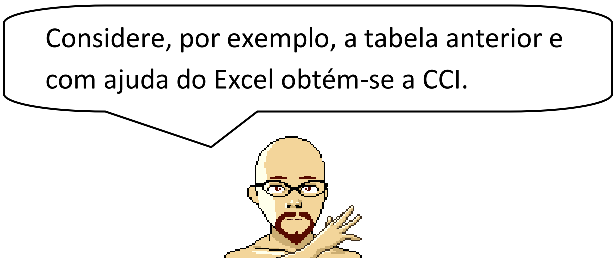


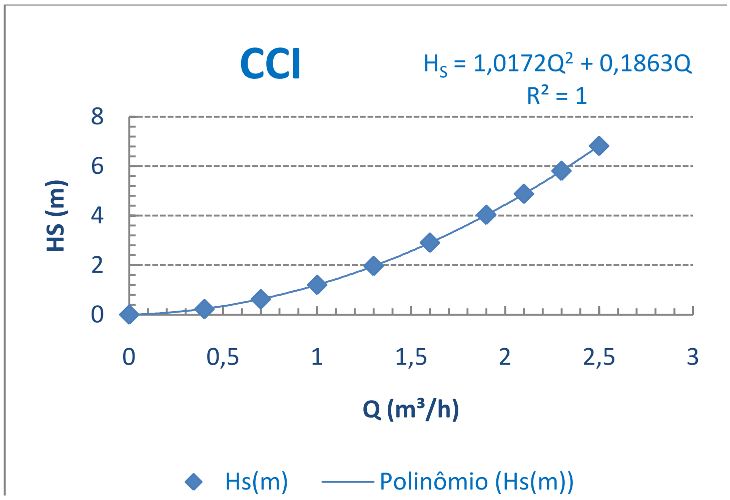
Ao se observar a equação da CCI, fica evidente que se devem estabelecer maneiras de se determinar o coeficiente de perda de carga distribuída e os comprimentos equivalentes.

"f" sendo determinado pela fórmula de Moody.

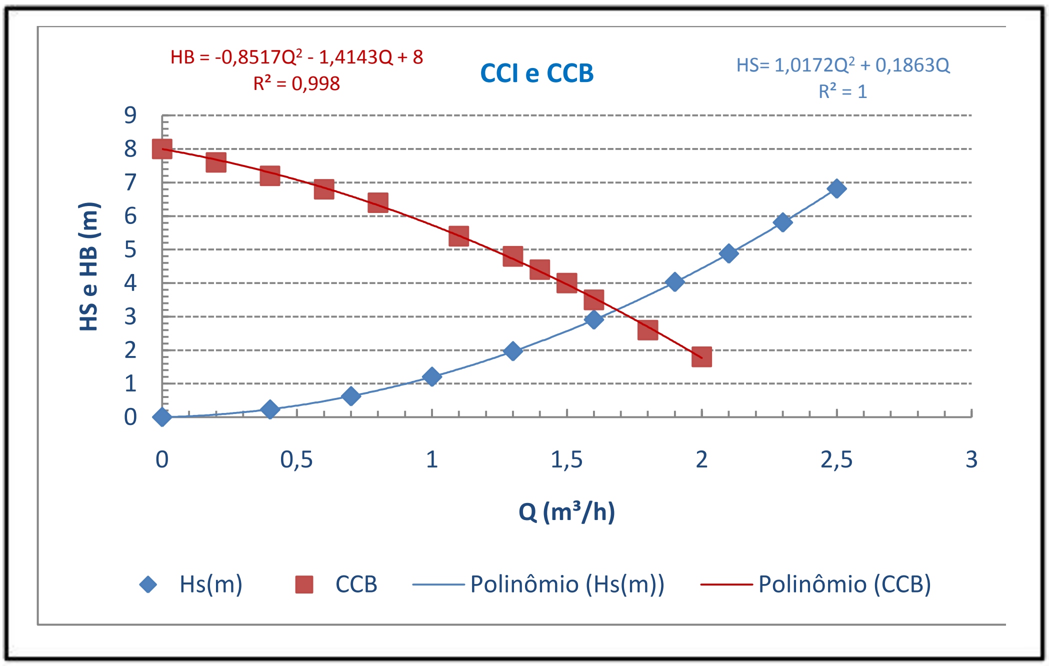
$$f = 0{,}0055 \times \left[1 + \left(20000 \times \frac{K}{D} + \frac{10^6}{Re}\right)^{1/3}\right]$$

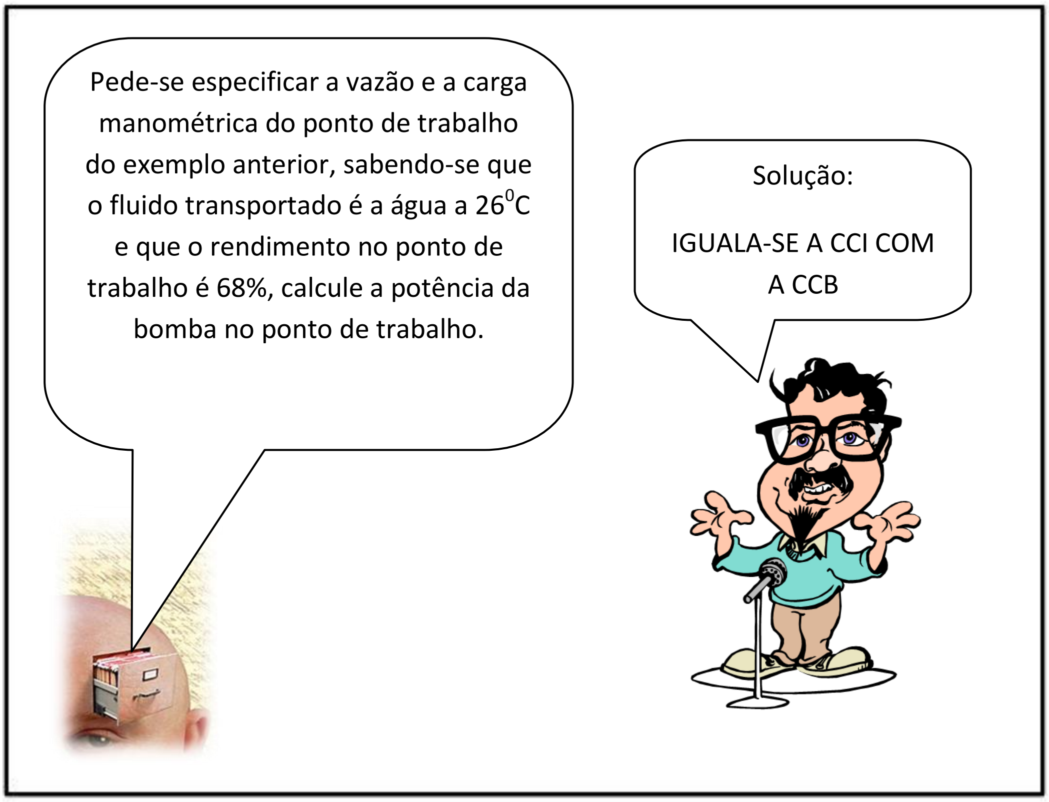
Q (m^3/h)	0,0	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5
H_S (m)	0,0	0,2	0,6	1,2	2,0	2,9	4,0	4,9	5,8	6,8





Q (m^3/h)	HB (m)
0	8
0,2	7,6
0,4	7,2
0,6	6,8
0,8	6,4
1,1	5,4
1,3	4,8
1,4	4,4
1,5	4
1,6	3,5
1,8	2,6
2	1,8


HB = -0,8517Q² - 1,4143Q + 8
R² = 0,998
CCI e CCB
HS= 1,0172Q² + 0,1863Q
R² = 1
HS e HB (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
Q (m³/h)
Hs(m)
CCB
Polinômio (Hs(m))
Polinômio (CCB)


Pede-se especificar a vazão e a carga manométrica do ponto de trabalho do exemplo anterior, sabendo-se que o fluido transportado é a água a 26⁰C e que o rendimento no ponto de trabalho é 68%, calcule a potência da bomba no ponto de trabalho.
Solução:
IGUALA-SE A CCI COM A CCB

$$1{,}0172\times Q^2+0{,}1863\times Q=-0{,}8517\times Q^2-1{,}4143\times Q+8$$

$$1{,}8689\times Q^2+1{,}6006\times Q-8=0$$

$$Q=\frac{-1{,}6006+\sqrt{1{,}6006^2+4\times 1{,}8689\times 8}}{2\times 1{,}8689}\cong 1{,}68\frac{m^3}{h}$$

$$H_B=1{,}0172\times 1{,}68^2+0{,}1863\times 1{,}68\cong 3{,}2m$$

$$N_B=\frac{996{,}8\times 9{,}8\times\left(\frac{1{,}68}{3600}\right)\times 3{,}2}{0{,}68}\cong 21{,}5W$$

ÁGUA A 26ºC:

$\rho =$ 996,8 kg/m³