

Mecânica dos Fluidos para Engenharia Química

ME5330

22/09/2009

$$p_{e_{abs}} > p_{vapor}$$

condição para não ter a supercavitação

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{y \times \alpha \times Q^2}{2g \times A^2} + cT$$

cálculo da carga total em uma seção do escoamento incompressível e em regime permanente

$$H_{inicial} = H_{final}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g}$$

equação de Bernoulli

$$p_{e_{abs}} \leq p_{vapor}$$

supercavitação

cavitação na entrada da bomba

$$H_p = f \times \frac{(L)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

cálculo da perda de carga

$$h_s = K_s \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$H_p = f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

compreender que L_{eq} é diferente da perda de carga

$$L_{eq} \neq H_p$$

$$H_{inicial} + H_m = H_f + H_{p_{total}}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{y_i \times \alpha_i \times Q^2}{2g \times A_i^2} + H_m = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{y_f \times \alpha_f \times Q^2}{2g \times A_f^2} + H_{p_{total}}$$

equação da energia

conceito de comprimento equivalente

$$f \times \frac{L_{eq}}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = K_s \times \frac{v^2}{2g}$$

$$L_{eq} = \frac{K_s \times D_H}{f}$$

O que não se pode deixar de saber:

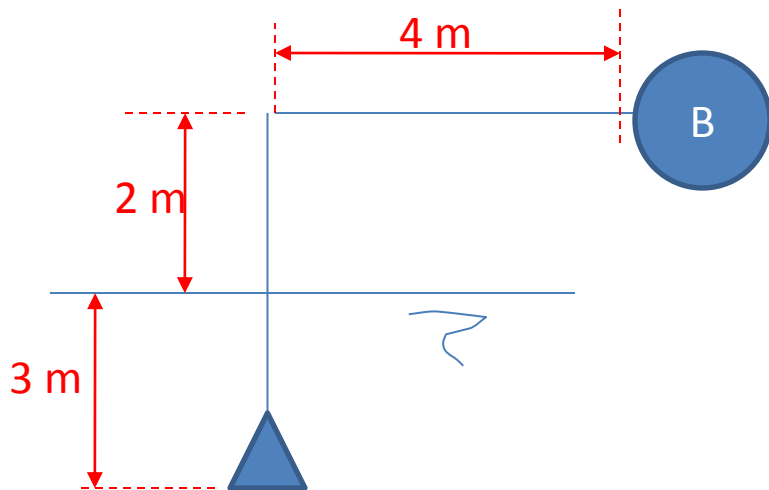
22/09/2009 - v3



Exercício

A instalação parcialmente representada na figura a seguir, opera com a bomba ANS – 32 – 200 da KSB com diâmetro de rotor igual a 202 mm e rotação igual a 3500 rpm. Verificar se existe a possibilidade de ocorrer a cavitação, propondo alterações, se necessárias, e apresentando os cálculos das mesmas, nas seguintes condições:

- verificando a supercavitação;
- através do NPSH.



Dados:

sucção → aço 40 com $D_N = 2,5''$

$p_{atm} = 700 \text{ mmHg}$

$Q_{\text{ponto trabalho}} = 28,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

água a 20°

válvula de poço da Mipel e cotovelo de 90° da Tupy

Dados:

água a 20°C → $\rho_{H_2O} = 998,2 \frac{kg}{m^3}$

$\nu_{H_2O} = 1,004 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

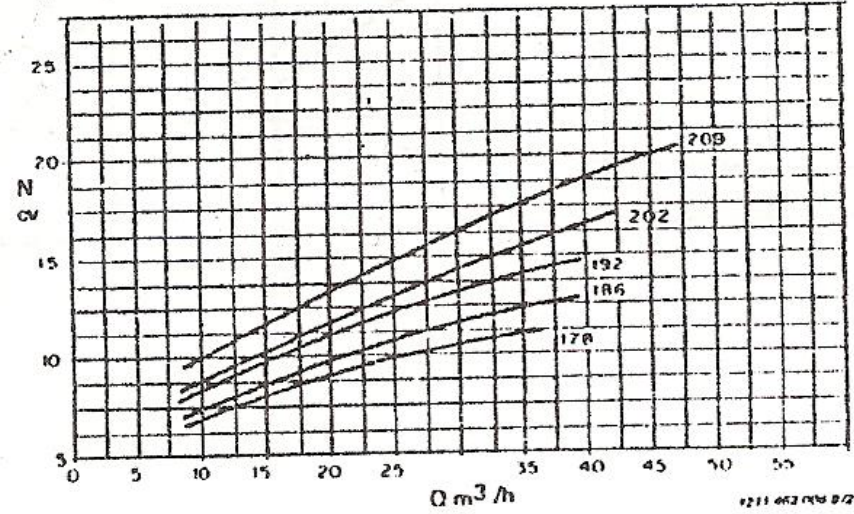
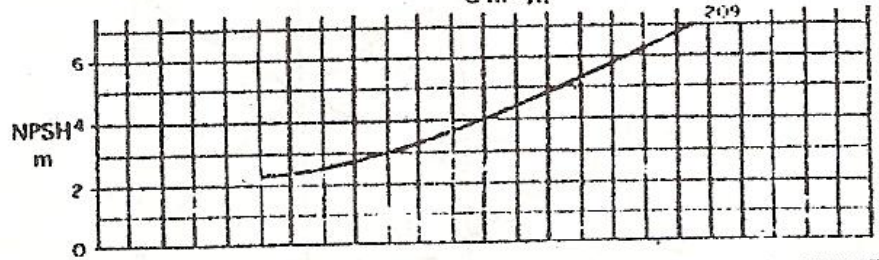
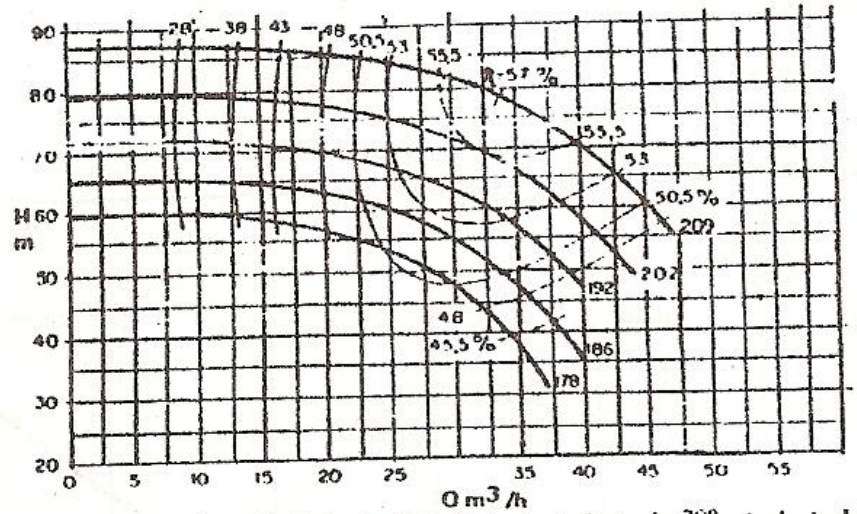
$p_{vapor} \cong 2337,2 Pa(abs)$

aço 40 $D_N = 2,5'' \rightarrow D_{int} = 62,7 mm$ e $A = 30,9 cm^2$

$L_{eq_{valv.depoço}} = 26,80 m$

$L_{eq_{cotovelo_{90^\circ}}} = 2,35 m$

Para a vazão de 28,8 m³/h tem-se $f = 0,0205$



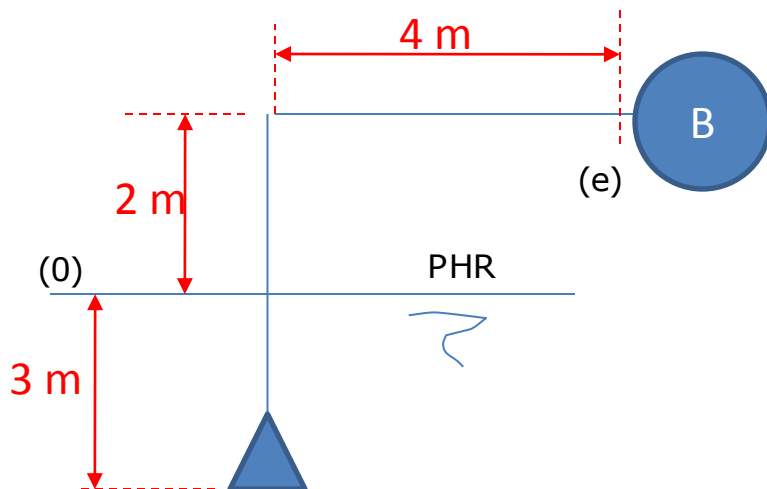
Resolução do item a)

$$H_0 = H_e + H_{p_{aB}}$$

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2g} + f_{aB} \times \frac{(L + \sum L_{eq})_{aB}}{D_{HaB}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2}$$

Adotando PHR em (0) e trabalhando na escala efetiva resulta:

$$0 = 2 + \frac{p_e}{998,2 \times 9,8} + \frac{\left(\frac{28,8}{3600}\right)^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2} + 0,0205 \times \frac{(9 + 26,8 + 2,35)}{0,0627} \times \frac{\left(\frac{28,8}{3600}\right)^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$



$$0 = 2 + \frac{p_e}{9782,36} + 0,342 + 4,266$$

$$\therefore p_e = -64641,8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (ou Pa)}$$

$$p_{e_{abs}} = -64641,8 + 0,7 \times 13546 \times 9,8$$

$$p_{e_{abs}} = 28286,9 \text{ Pa} \gg p_{\text{vapor}}$$

\therefore não ocorre a supercavitação

Para resolver o item b) do exercício proposto devemos retomar as etapas de um projeto básico de uma instalação de bombeamento.



Vazão de projeto

Para prever o envelhecimento da instalação e diferenças dos comprimentos equivalentes tabelados deve-se para a escolha da bomba, ou até mesmo para a determinação da vazão em queda livre, trabalhar com a chamada vazão de projeto, que pode ser determinada da seguinte forma:

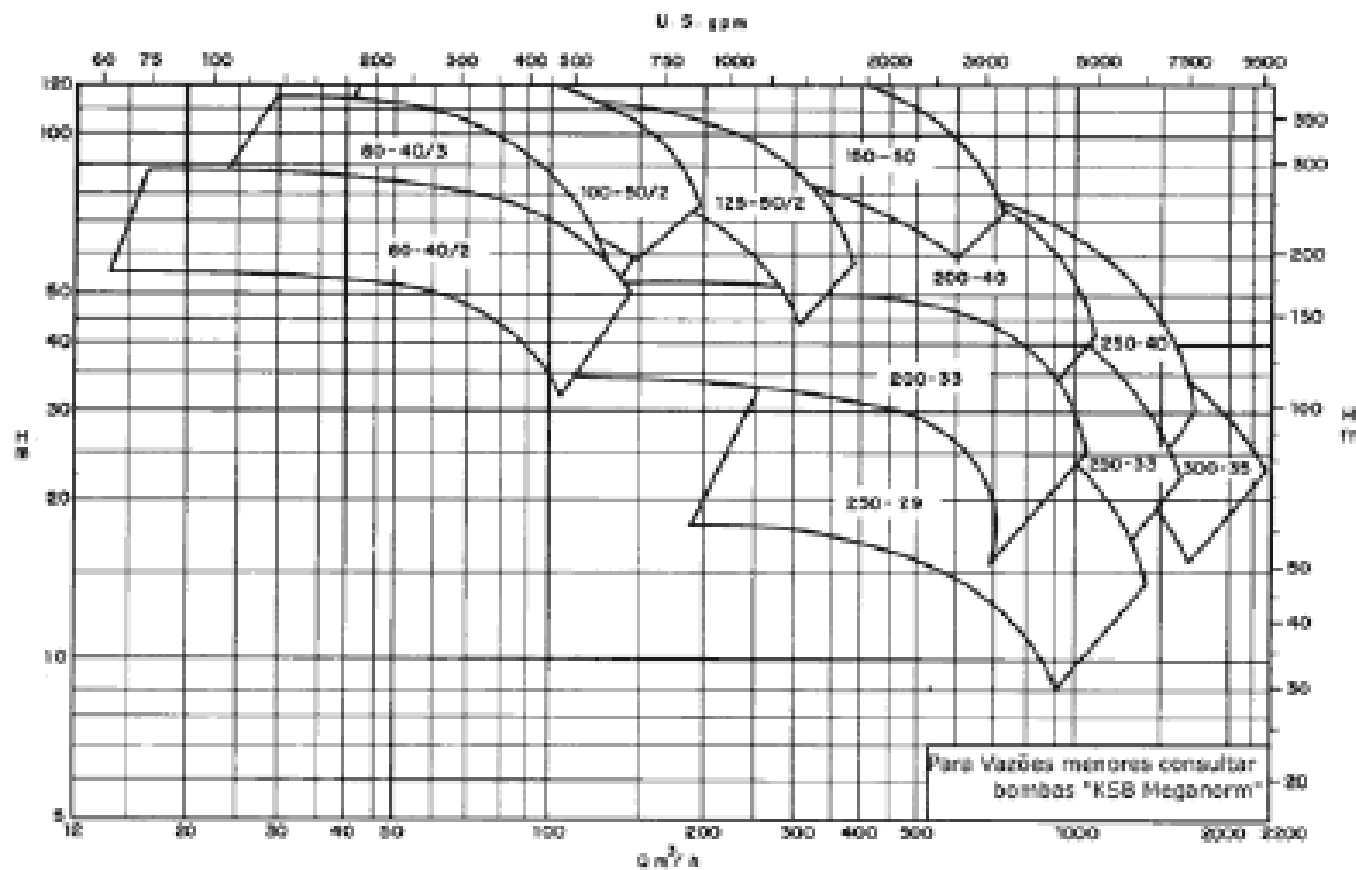
$$Q_{\text{projeto}} = (\text{fator de segurança}) \times Q_{\text{desejada}}$$

onde o fator de segurança é no mínimo 1,1 e se possível não acima de 1,2.

Escolha preliminar da bomba em função da sua aplicação

- Bombas centrífugas → usadas para instalações residenciais, alimentação de caldeiras, poço profundo, de processo, química, de recirculação, petroquímica, de esgotos, efluentes, polpa, combate a incêndio, condensado, etc.
- Bombas rotativas → limitam-se as aplicações nas indústrias de processo, principalmente no bombeamento de líquidos pastosos ou muito viscosos e bombeamento de óleo combustível para queima de caldeiras, fornos, etc.
- Bombas alternativas → praticamente a sua única aplicação é a dosificação de produtos químicos, mediante as chamadas “bombas dosificadoras”.

Posteriormente, com a vazão de projeto e carga manométrica de projeto, recorre, por exemplo, ao diagrama de tijolos

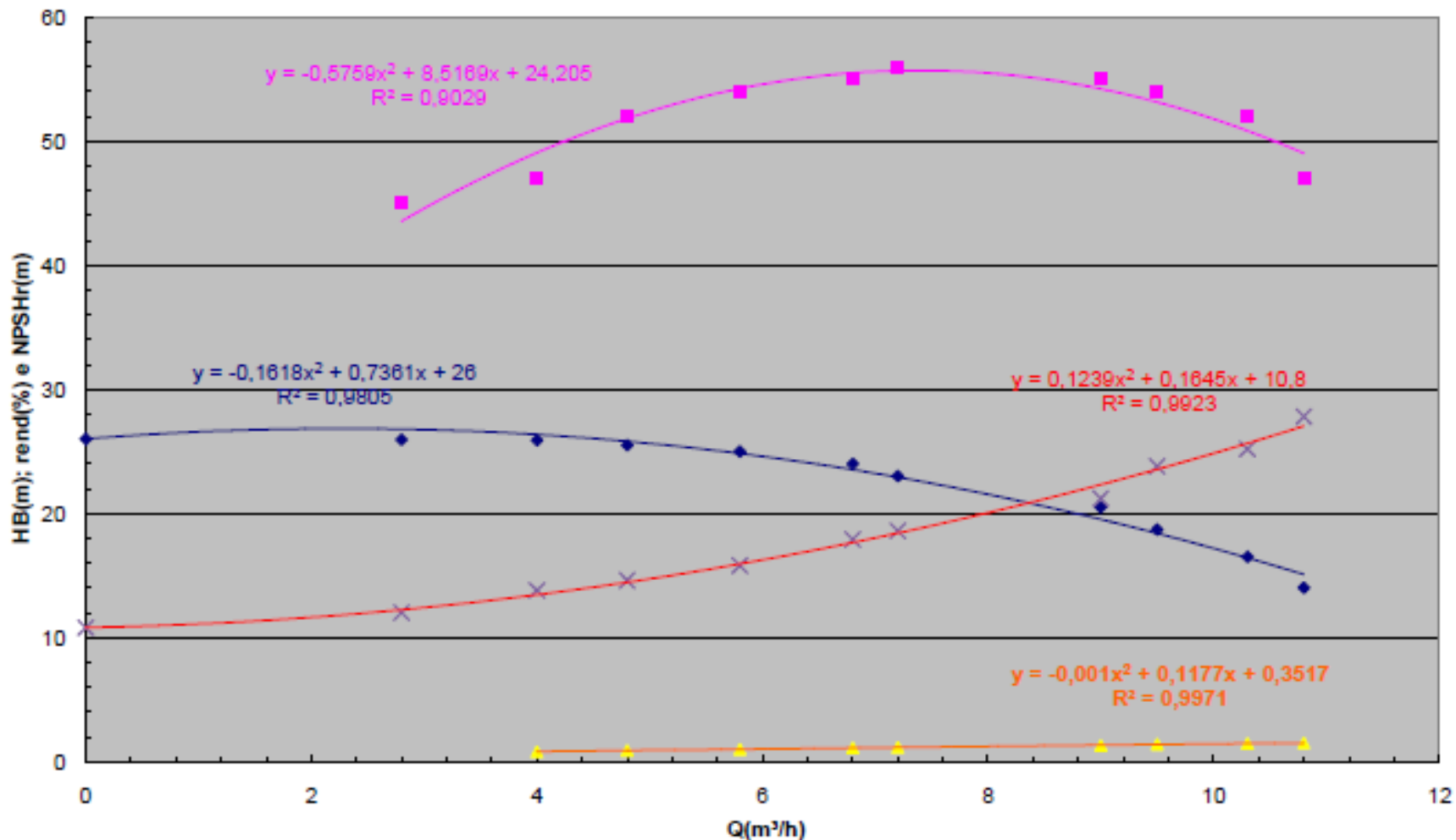


1.750 rpm

Escolhida a bomba no diagrama anterior, procura-se obter as suas curvas características. (CCB)

Especificação do ponto de trabalho, o qual é obtido no cruzamento da CCB com a CCI

Bomba INAPI - bancadas 1; 3; 4 e 5



No ponto de trabalho deve ser lido:

$$Q_{\tau} \rightarrow H_{B_{\tau}} \rightarrow \eta_{B_{\tau}} \rightarrow \text{NPSH}_{\text{req}}$$

CONSIDERNADO AS CURVAS
REPRESENTADAS NO SLIDE
ANTERIOR DETERMINE O
PONTO DE TRABALHO.

O PONTO DE TRABALHO É DEFINIDO NO
CRUZAMENTO DA CCI COM A CCB,
PORTANTO:

$$-0,1618Q^2 + 0,7361Q + 26 = 0,1239Q^2 + 0,1645Q + 10,8$$

$$\therefore 0,2857Q^2 - 0,5716Q - 15,2 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{-(-0,5716) \pm \sqrt{(-0,5716)^2 - 4 \times 0,2857 \times (-15,2)}}{2 \times 0,2857}$$

$$Q_{\tau} \cong 8,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow H_{B_{\tau}} = 0,1239 \times 8,4^2 + 0,1645 \times 8,4 + 10,8$$

$$\therefore H_{B_{\tau}} \cong 21\text{m}$$

$$\eta_{B_{\tau}} = -0,5759 \times 8,4^2 + 8,5169 \times 8,4 + 24,205 \therefore \eta_{B_{\tau}} \cong 55,1\%$$

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = -0,001 \times 8,4^2 + 0,1177 \times 8,4 + 0,3517 \therefore \text{NPSH}_{\text{req}} \cong 1,27 \text{ m}$$

Verificação do fenômeno de cavitação

Importante observar que a
condição:

$$p_{e_{abs}} > p_{vapor}$$

é uma condição necessária,
porém não suficiente.

A condição necessária e suficiente para não ocorrer o fenômeno de cavitação é:

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} - \text{NPSH}_{\text{requerido}} > 0$$

$\text{NPSH}_{\text{disponível}} \rightarrow$ é calculado pelo projetista

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = H_{\text{inicial}_{\text{abs}}} - H_{\text{paB}} - \frac{\rho_{\text{vapor}}}{\gamma}$$

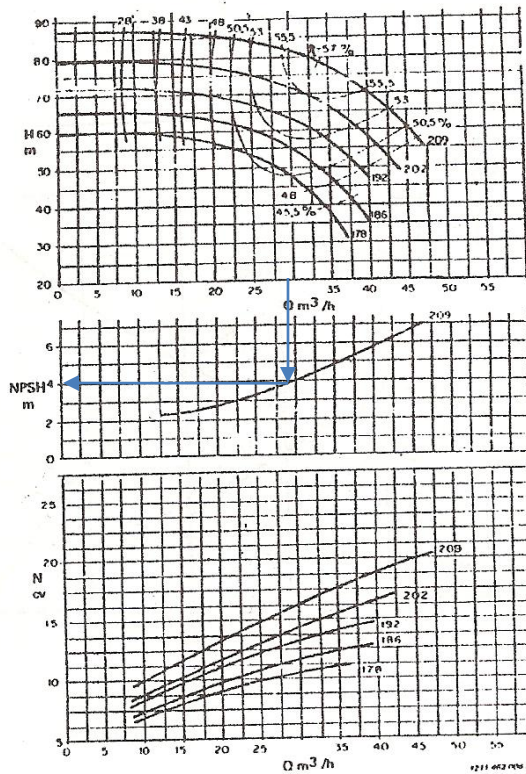
$\text{NPSH}_{\text{requerido}} \rightarrow$ calculado pelo fabricante

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} = H_{\text{e}_{\text{abs}}} - \frac{\rho_{\text{vapor}}}{\gamma}$$

Resolução do item b)

Para a vazão de 28,8 m³/h obtém-se:

ANS 32-200 3500 rpm



$NPSH_{requerido} \approx 4,0 \text{ m}$

$$NPSH_{disp} = Z_{inicial} + \frac{p_{inabs} - p_{vapor}}{\gamma} - H_{paB}$$

PHR → no eixo da bomba

$$NPSH_{disp} = -2 + \frac{0,7 \times 13546 \times 9,8 - 2337,2}{9782,36} - 4,266$$

$$NPSH_{disp} = 2,994 \text{ m}$$

$$\therefore NPSH_{disp} - NPSH_{req} = 2,994 - 4 \cong -1,006 \text{ m}$$

∴ está cavitando

COMO ESTÁ CAVITANDO
DEVE-SE PROPOR
ALTERAÇÃO (OU
ALTERAÇÕES) PARA
ELIMINAR ESTE GRAVE
PROBLEMA.