

Segunda parte da P2 de ME5330

1ª Questão: Selecionou-se uma bomba centrífuga KSB MEGACHEM 50-200 para bombear água limpa a 50 °C, com uma vazão de 70 m³/h. As perdas de carga na sucção são de 5,3 mca, sendo que o reservatório de sucção encontra-se abaixo da bomba 2,3 m. As pressões estimadas na sucção e recalque foram de -3,5 mca e 80,5 mca, respectivamente. Informe:

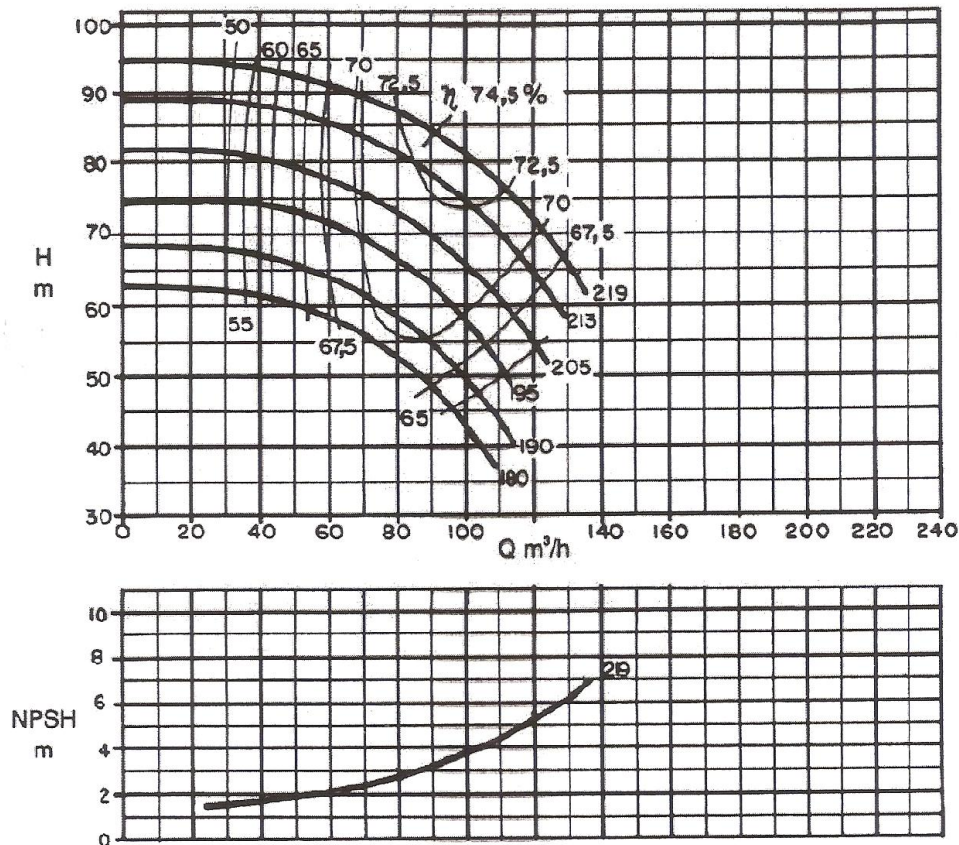
- ponto de trabalho: Q e H<sub>B</sub> (valor 0,125 cada)
- rendimento (valor 0,125)
- diâmetro do rotor (valor 0,125)
- carga manométrica no shut off (valor 0,25)
- NPSH<sub>requerido</sub> (valor 0,25)
- se a bomba está cavitando ou não (valor 0,50)

**Dados:** leitura barométrica igual a 1 bar; densidade da água a 50 °C igual a 988 kg/m³ e pressão de vapor na escala absoluta a 50 °C igual a 12261,8 Pa

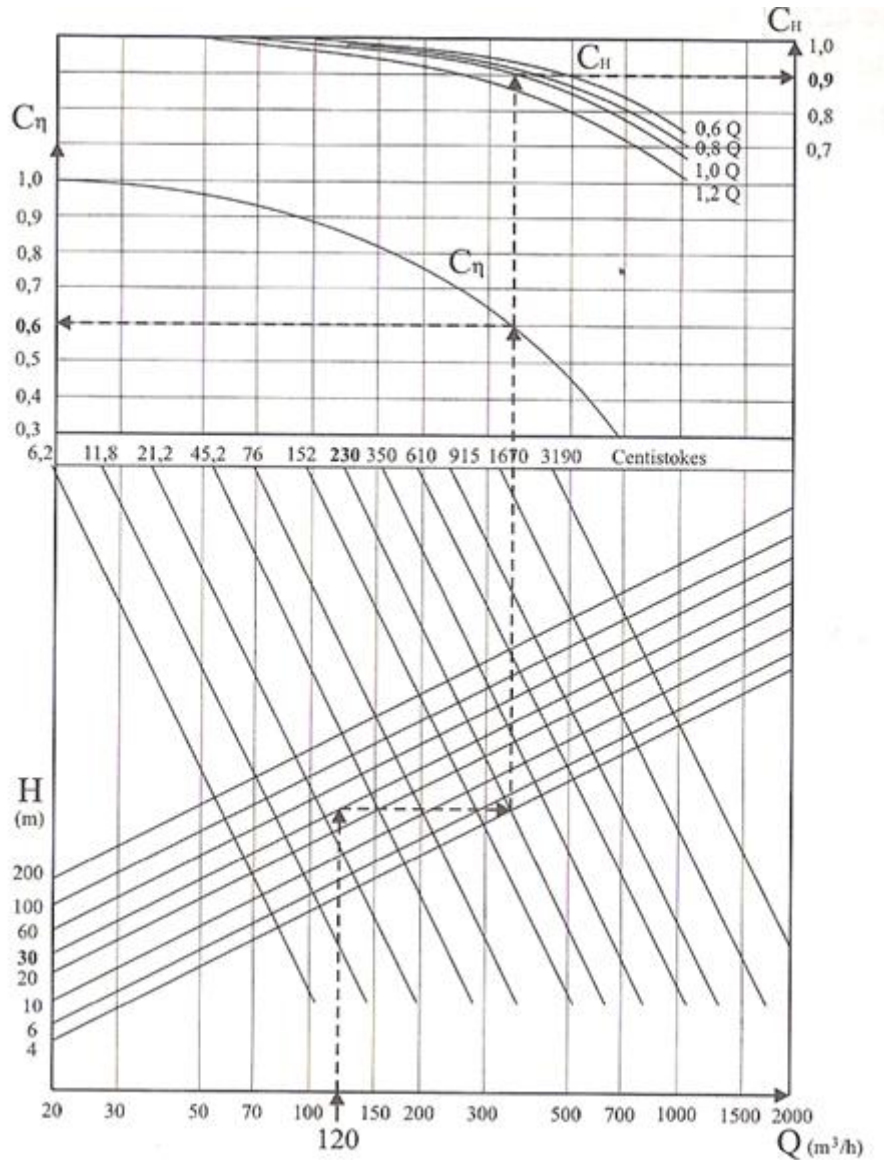


MEGACHEM 50 – 200

3500 rpm

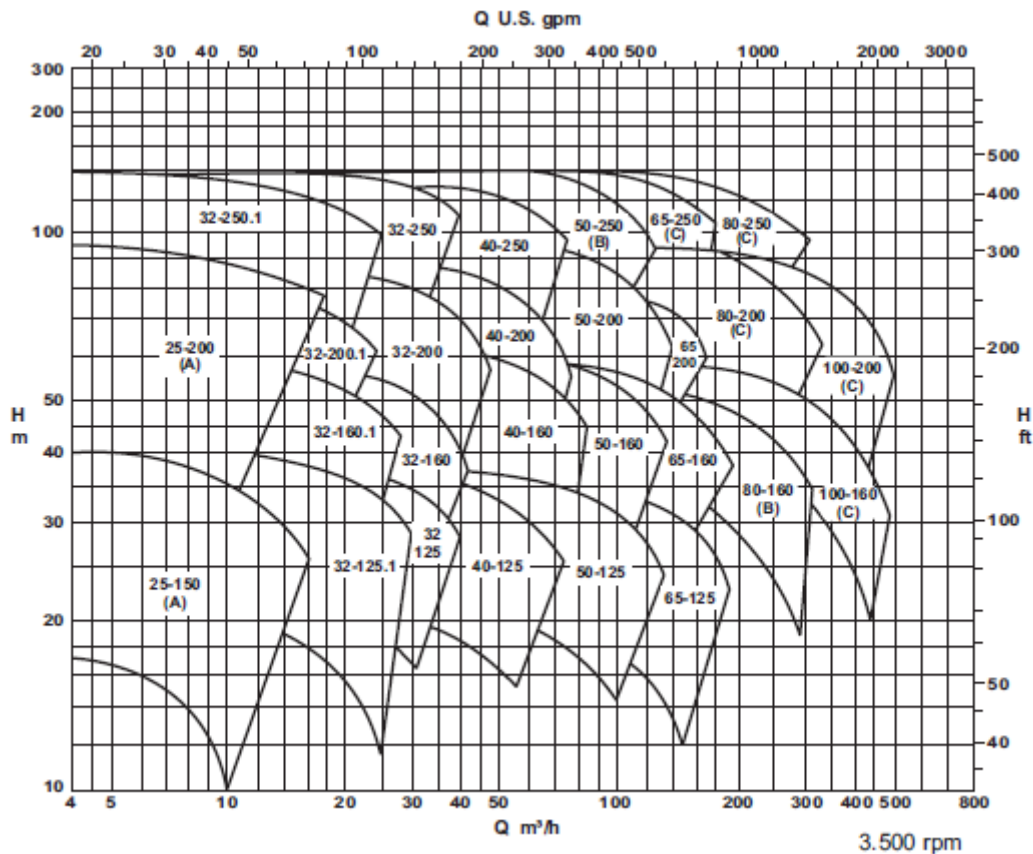


2ª Questão: Ao se projetar uma instalação de bombeamento para um fluido de viscosidade igual a 230 centistokes chegou-se a vazão de projeto igual a 120 m³/h e a uma carga manométrica de projeto igual a 30 m, pede-se escolher preliminarmente a bomba para 3500 rpm. (valor – 1,0)



Através das experiências de Stepanoff chegou-se a:  $\frac{Q_a^{1/2}}{H_{B_a}^{3/4}} = \frac{Q_v^{1/2}}{H_{B_v}^{3/4}} = \frac{n_q}{n} = \text{cte}$  e através

desta expressão, pode-se escrever que:  $\frac{Q_a}{Q_v} = \left( \frac{H_{B_a}}{H_{B_v}} \right)^{3/2}$ .



3ª Questão: Considerando a classificação básica das bombas:

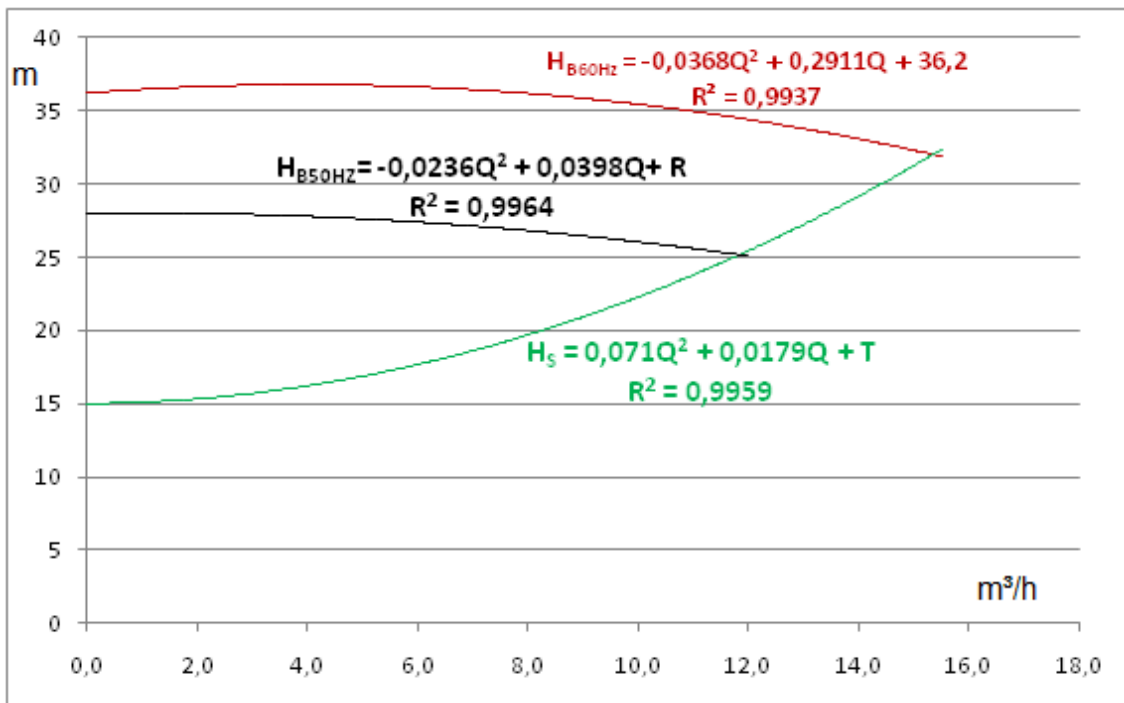
1. LENTAS  $-30 < n_s < 90$  rpm = bombas centrífugas puras, com pás cilíndricas, radiais, para pequenas e médias vazões.
2. NORMAIS  $-90 < n_s < 130$  rpm = bombas semelhantes as anteriores.
3. RÁPIDAS  $-130 < n_s < 220$  rpm –possuem pás de dupla curvatura , vazões médias
4. EXTRA-RÁPIDA ou HÉLICO-CENTRÍFUGA  $-220 < n_s < 440$  rpm = pás de dupla curvatura –vazões médias e grandes.
5. HELICOIDAIS  $-440 < n_s < 500$  rpm –para vazões grandes.
6. AXIAIS –  $n_s > 500$  rpm –assemelham-se a hélices de propulsão e destinam-se a grandes vazões e pequenos  $H_B$

E os dados da segunda questão, escolha a mais indicada das bombas de 3500 rpm (valor – 0,5)

4ª Questão: O diagrama a seguir apresenta a carga manométrica em função da vazão para as frequências de 60 e 50 Hz e a CCI da instalação de bombeamento considerada, onde é possível a utilização de um inversor de frequência para controle da vazão, além do controle tradicional por uma válvula globo. Considerando que existe a necessidade do bombeamento com a

vazão máxima definida pela CCB de 50 Hz, obtenha a redução da potência útil do motor elétrico que aciona a bomba em questão utilizando-se o inversor de frequência em relação à potência útil do motor elétrico originada pelo fechamento parcial da válvula globo para obter a mesma vazão na frequência de 60 Hz. (valor – 2,0)

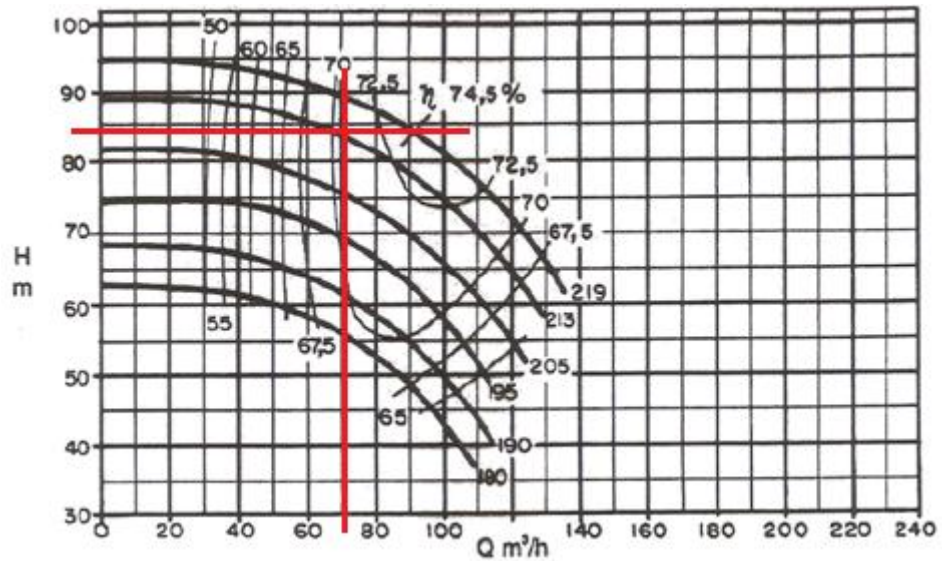
Dados:  $\eta_B = -0,9149Q^2 + 21,912Q - 69,24$  com  $\eta_B$  em % e a Q em m<sup>3</sup>/h sendo que esta função válida para 50 Hz, para 60 Hz com a vazão máxima de 50 Hz o rendimento é acrescido de 2,8%; densidade do fluido bombeado na temperatura de bombeio igual a 999,4 kg/m<sup>3</sup>; a carga manométrica no shut off para 50 Hz igual a 28 m e a carga estática da instalação igual a 15m



## Solução

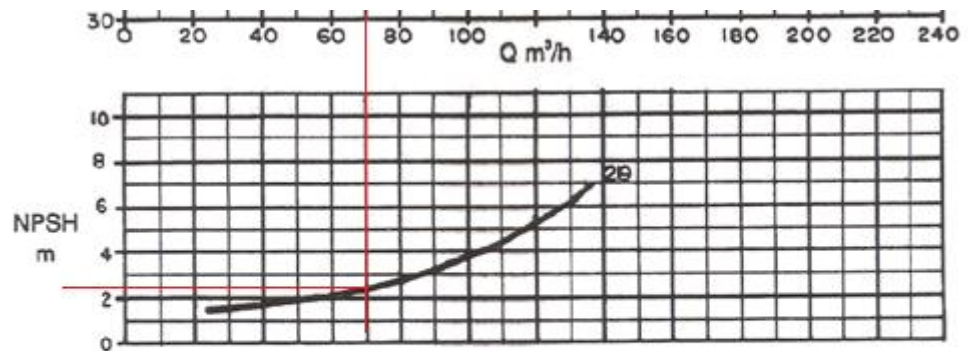
1ª Questão:

- a. Aplicando a equação da energia entre a entrada e saída da bomba resulta:  $H_B = \frac{P_s}{\gamma} - \frac{P_e}{\gamma} = 80,5 - (-3,5) = 84\text{m} \rightarrow (0,125)$ ; a vazão de bombeamento foi dada:  $Q = 70 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow (0,125)$
- b. O rendimento deve ser lido na curva fornecida pelo fabricante:



Portanto:  $\eta_B \cong 70,5\% \rightarrow (0,125)$

- c. O diâmetro do rotor selecionado foi o de 213 mm  $\rightarrow (0,125)$
- d. A carga manométrica no shut-off ( $Q = 0$ ) é igual a 89 m  $\rightarrow (0,25)$
- e. O  $NPSH_{\text{requerido}}$  será lido no gráfico fornecido pelo fabricante e é aproximadamente 2,5 m  $\rightarrow (0,25)$



**IMPORTANTE OBSERVAR QUE POR SEGURANÇA A APROXIMAÇÃO DA LEITURA DO NPSHr É PARA MAIS, DAÍ SE TER CONSIDERADO 2,5m.**



- f. Para a verificação se a bomba está cavitando nós devemos calcular o  $NPSH_{disponível}$

$$NPSH_{disponível} = -2,3 + \frac{10^5 - 12261,8}{988 \times 9,8} - 5,3 \cong 1,4\text{m}$$

$$NPSH_{disponível} - NPSH_{requerido} = 1,4 - 2,5 = -1,1\text{m}$$

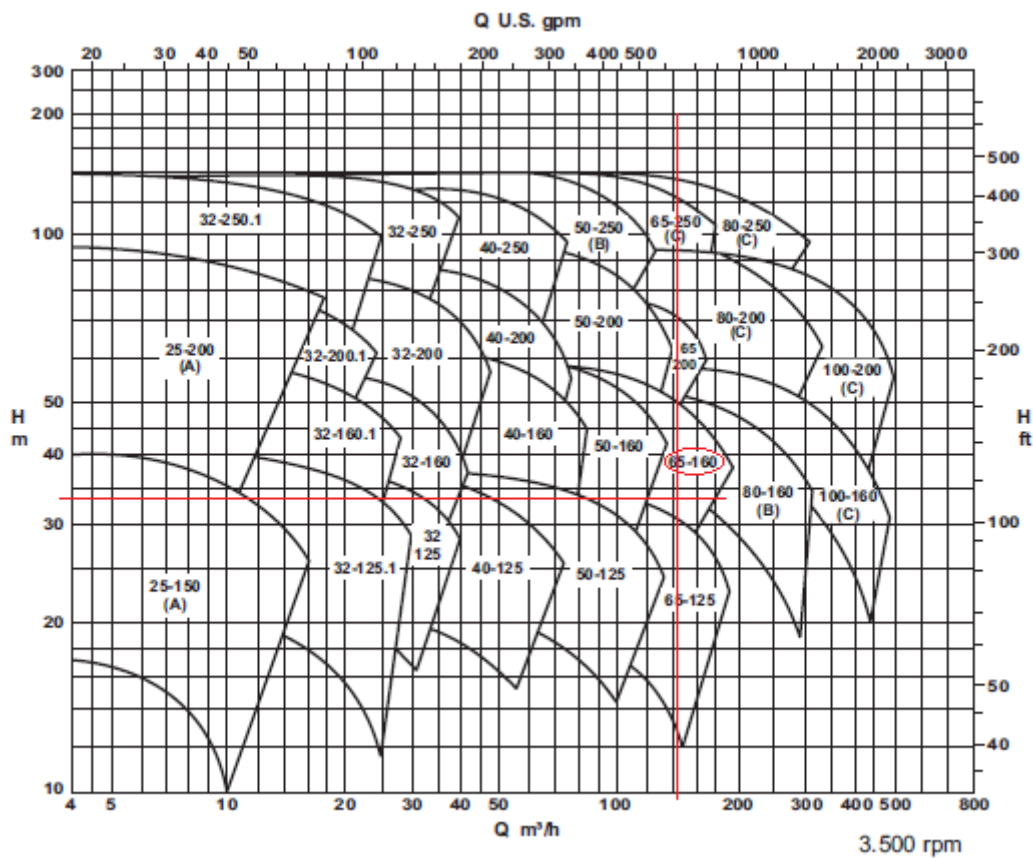
Está cavitando  $\rightarrow$  (0,25)

2ª Questão:

Pelo diagrama fornecido, temos:  $C_H = \frac{30}{H_{\text{água}}} = 0,9 \Rightarrow H_{\text{água}} \cong 33,4\text{m}$

$\rightarrow$  (0,125), portanto pela expressão de Stepanoff, temos:

$$\frac{Q_{\text{água}}}{120} = \left(\frac{33,4}{30}\right)^{3/2} \therefore Q_{\text{água}} \cong 141 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow$$
 (0,125)



Portanto é a bomba 65-160 de 3500 rpm  $\rightarrow$  (0,75)

3ª Questão:

Considerando os dados para água, temos:

$$n_q = \frac{3500 \times \sqrt{\frac{141}{3600}}}{\sqrt[4]{33,4^3}} \cong 49,9 \text{rpm} \rightarrow (0,25)$$
$$\therefore n_s = 3,65 \times 49,9 \cong 182,1 \text{rpm}$$

Portanto, trata-se de uma centrífuga rápida com pás de dupla curvatura e vazões médias.  $\rightarrow (0,25)$

4ª Questão:

No ponto de trabalho para a frequência de 50 Hz, temos:

$$H_S = H_B$$

$$0,071 \times Q^2 + 0,0179 \times Q + T = -0,0236 \times Q^2 + 0,0398 \times Q + R$$

Pelos dados fornecidos, temos:  $R = 28 \text{ m} \rightarrow (0,125)$  e  $T = 15 \text{ m} \rightarrow (0,125)$ , portanto:

$$0,0946 \times Q^2 - 0,0219 \times Q - 13 = 0$$

$$\therefore Q_\tau = \frac{0,0219 + \sqrt{0,0219^2 + 4 \times 0,0946 \times 13}}{2 \times 0,0946} \cong 11,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow (0,50)$$

$$\eta_{B_\tau} = -0,9149 \times 11,8^2 + 21,912 \times 11,8 - 69,24 \cong 61,9\% \Rightarrow (0,125)$$

$$H_{B_\tau} = -0,0236 \times 11,8^2 + 0,0398 \times 11,8 + 28 \cong 25,2 \text{m} \Rightarrow (0,125)$$

$$N_{B_{50\text{Hz}}} = \frac{999,4 \times 9,8 \times \left(\frac{11,8}{3600}\right) \times 25,2}{0,619} \cong 1306,9 \text{W} \Rightarrow (0,125)$$

Para a bomba operando em 60 Hz e com a válvula globo semi-aberta para se ter a mesma vazão de  $11,8 \text{ m}^3/\text{h}$ , temos:

$$\eta_{B_{60\text{Hz}}} = 61,9 + 2,8 = 64,7\% \Rightarrow (0,125)$$

$$H_{B_{60\text{Hz}}} = -0,0368 \times 11,8^2 + 0,2911 \times 11,8 + 36,2 \cong 34,5 \text{m} \Rightarrow (0,125)$$

$$N_{B_{60\text{Hz}}} = \frac{999,4 \times 9,8 \times \left(\frac{11,8}{3600}\right) \times 34,5}{0,647} \cong 1711,8 \text{W} \Rightarrow (0,125)$$

Portanto, utilizando-se o inversor de frequência nós temos uma redução de  $404,9 \text{ W}$  ( $23,7\%$ ) em relação ao controle pela válvula globo.  $\rightarrow (0,50)$