

Primeira prova de EG 522 – Engenharia Química – 03/04/2002

Nome: GABARITO

Número: 10 (dez)

1ª Questão: Um óleo OC-4 será bombeado à razão de 3150 litros/h através de uma tubulação de aço, diâmetro nominal de 1 polegada, série 80, ligando a dois tanques abertos, com um comprimento de tubulação total igual a 130 metros, onde utiliza-se os seguintes acessórios (singularidades) hidráulicos: 9 cotovelos de 90°, 2 têes de passagem direta, 3 válvulas gavetas, uma válvula globo, uma válvula de retenção tipo leve e um filtro de linha ($L_{eq} = 8,0\text{m}$). Calcule a perda de carga e faça uma estimativa da potência da bomba ($\eta_B = 70\%$) a ser utilizada. Dados: densidade do óleo nas condições de escoamento, $879 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, viscosidade $4,4 \times 10^{-3} \text{Pa.s}$, desnível entre os tanques 15 m e aceleração da gravidade igual a $9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Solução:

tubulação de aço, diâmetro nominal de 1 polegada, série 80:
 $D_{int} = 24,3\text{mm} \rightarrow A = 4,64\text{cm}^2$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{3150 \times 10^{-3}}{3600 \times 4,64 \times 10^{-4}} \cong 1,89 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{(0,50)}$$

$$Re = \frac{\rho v D_H}{\mu} = \frac{879 \times 1,89 \times 0,0243}{4,4 \times 10^{-3}} \cong 9175 \quad \text{(0,50)}$$

$$\frac{D_H}{K} = \frac{24,3}{0,048} \cong 506 \approx 500 \rightarrow \text{pelo diagrama de Rouse, obtemos:}$$

$$f \approx 0,034 \quad \text{(0,50)} \quad \sum L_{eq} = 9 \times 0,7 + 2 \times 0,5 + 3 \times 0,2 + 8,2 + 2,1 + 8 = 26,20\text{m} \quad \text{(0,50)}$$

$$H_p = f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = 0,034 \times \frac{(130 + 26,20)}{0,0243} \times \frac{1,89^2}{2 \times 9,8} \cong 39,831\text{m} \quad \text{(0,50)}$$

$$H_B = \Delta Z + H_p = 15 + 39,831 = 54,831 \text{ m} \cong 55 \text{ m} \quad (0,50)$$

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} = \frac{9,8 \times 879 \times \frac{3150 \times 10^{-3}}{3600} \times 55}{0,70} \cong 592,23 \text{ W} \quad (0,50)$$

2ª Questão: Deseja-se projetar uma instalação de bombeamento, onde iremos transportar hidróxido de sódio com solução de 30 a 50% a uma vazão de 9000 litros/h. Sabendo-se que: a instalação é considerada pequena (preço do conjunto motobomba + preço da energia é mais significativo que o preço da tubulação mais acessórios hidráulicos) e que a pressão da linha nos permite trabalhar com tubulação padrão, especifique a tubulação antes e depois da bomba. Nesta questão, especifique o diâmetro nominal, o diâmetro interno e a área da seção livre. **(Valor – 1,50)**

Solução:

$$Q = 9000 \frac{\text{litros}}{\text{h}} = \frac{9000 \times 10^{-3}}{3600} \cong 2,5 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (0,25)$$

Pela tabela 7.1 para hidróxido de sódio com solução de 30 a 50%, temos a velocidade econômica igual a 1,5 m/s e tubulação mais usual a de aço **(0,25)**

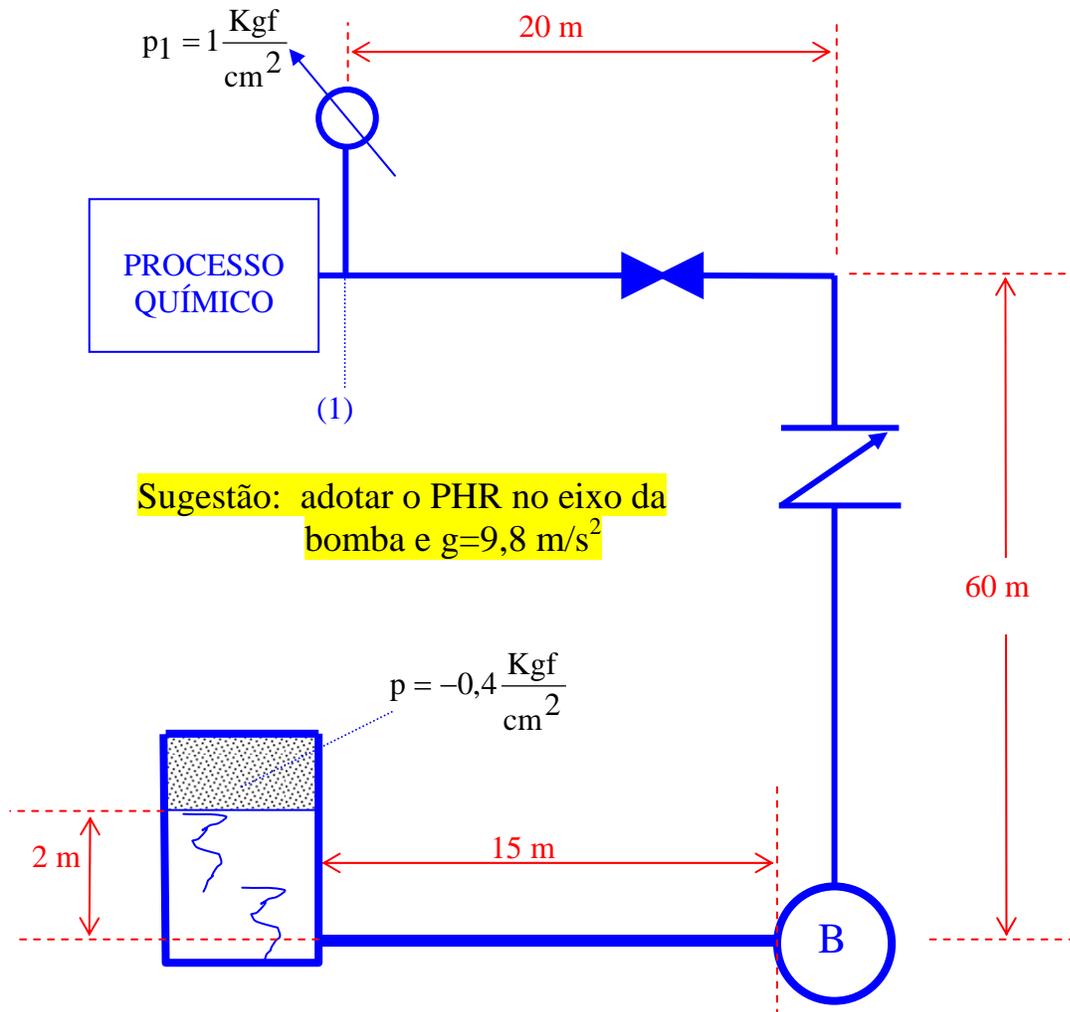
Para a tubulação após a bomba:

$$Q = v \times \frac{\pi \times D^2}{4} \therefore D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}} = \left(\sqrt{\frac{4 \times 2,5 \times 10^{-3}}{1,5 \times \pi}} \right) \times 10^3 \cong 46,1 \text{ mm}$$

Pela tabela ANSI B 36.10 e B 36.19, temos que a possibilidade de escolher a tubulação entre 1 ½ e 2 polegadas, como a tubulação é pequena, optamos para a tubulação de aço 40 com diâmetro nominal de 2 polegadas, ou seja aquela que apresenta um $D_{\text{int}} = 52,5 \text{ mm} \rightarrow A = 21,7 \text{ cm}^2$ **(0,50)**

Para a tubulação antes da bomba, e tomando os cuidados preliminares para evitar-se o fenômeno de cavitação, optamos pela tubulação de diâmetro nominal de 2 ½ polegadas, ou seja aquela que apresenta um $D_{\text{int}} = 62,7 \text{ mm} \rightarrow A = 30,9 \text{ cm}^2$ **(0,50)**

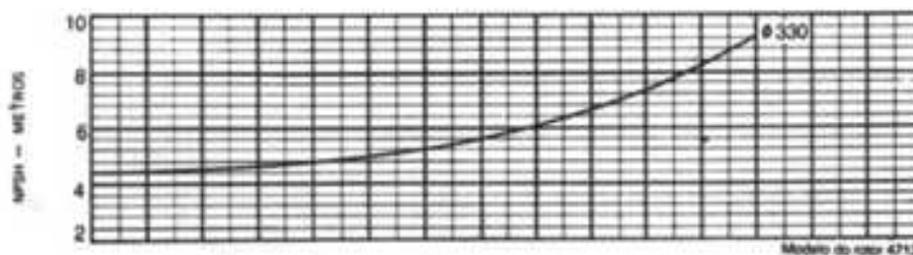
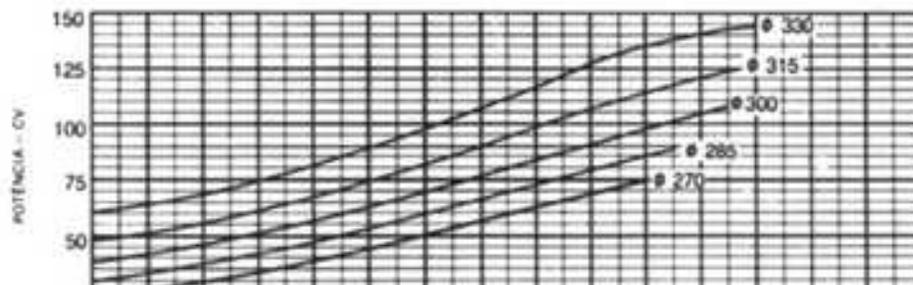
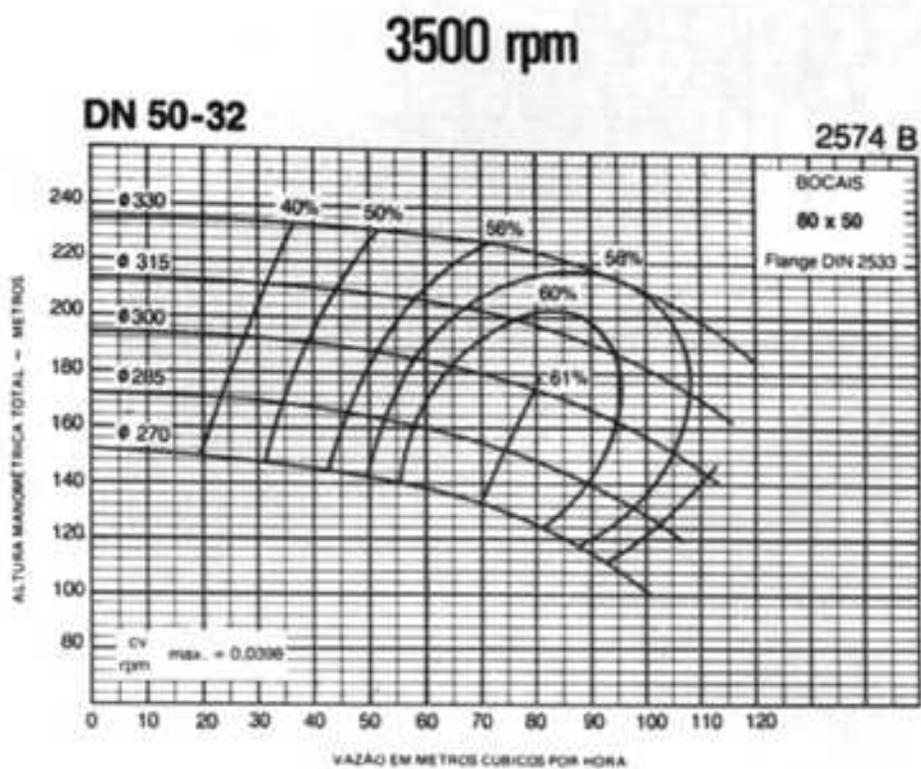
3ª Questão: Para a instalação esquematizada abaixo, pede-se obter o ponto de trabalho e verificar o fenômeno de cavitação para a bomba Mark Peerless 50-32 com diâmetro de rotor igual a 330 mm. (Valor – 5,0)



Dados:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{\text{atm}} = 720 \text{ mmHg} \rightarrow f = 0,02 \rightarrow p_{\text{vapor}} = 0,05 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} (\text{abs}) \\ \text{sucção} \rightarrow 3'' \rightarrow D_{\text{int}} = 77,9 \text{ mm} \\ \text{recalque} \rightarrow 2'' \rightarrow D_{\text{int}} = 52,5 \text{ mm} \\ \gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 10^3 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \rightarrow \text{é o fluido transportado} \\ \sum L_{\text{sucção}} = 2,2 \text{ m} \rightarrow \sum L_{\text{recalque}} = 23,48 \text{ m} \end{array} \right.$$

IMPORTANTE: Após resolver o exercício, quais seriam seus comentários em relação à escolha da bomba Mark Peerless 50-32.



Solução:

Adotando-se o PHR no eixo da bomba, temos:

$$H_{\text{inicial}} = 2 + \left(\frac{-0,4 \times 10^4}{10^3} \right) = 2 - 4 = -2\text{m} \quad (0,25)$$

$$H_{\text{final}} = 60 + \frac{1 \times 10^4}{10^3} + \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} = 70 + 10834,89Q^2 \quad (0,25)$$

$$H_{\text{Psucção}} = H_{\text{PaB}} = 0,02 \times \frac{(15 + 2,2)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} = 9902,12Q^2 \quad (0,25)$$

$$H_{\text{Prealque}} = 0,02 \times \frac{(80 + 23,48)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} = 427121,64Q^2 \quad (0,25)$$

Podemos escrever a equação da CCI:

$$H_{\text{inicial}} + H_B = H_{\text{final}} + H_{\text{psucção}} + H_{\text{prealque}}$$

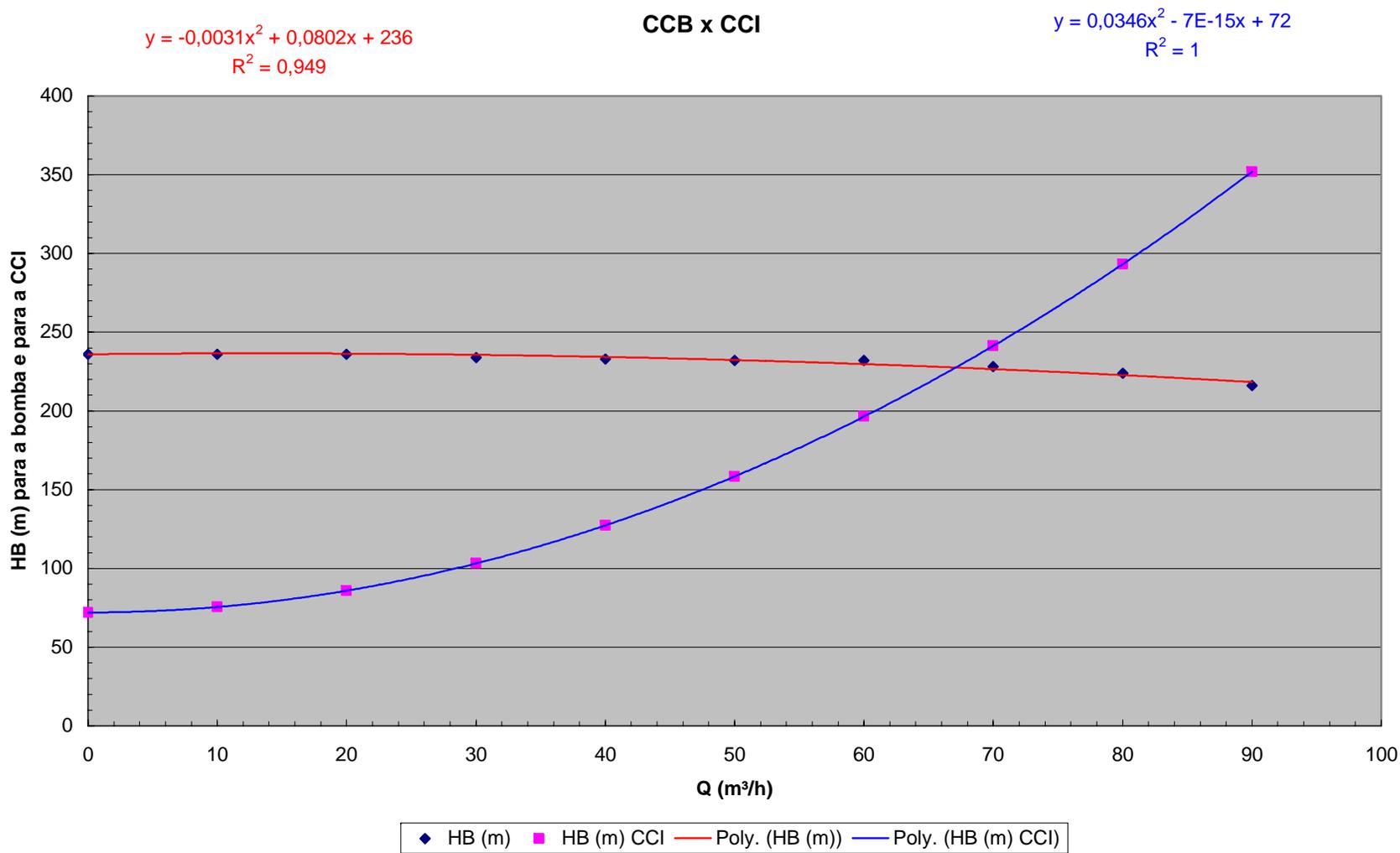
$$\therefore -2 + H_B = 70 + 10834,89Q^2 + 9902,12Q^2 + 427121,64Q^2$$

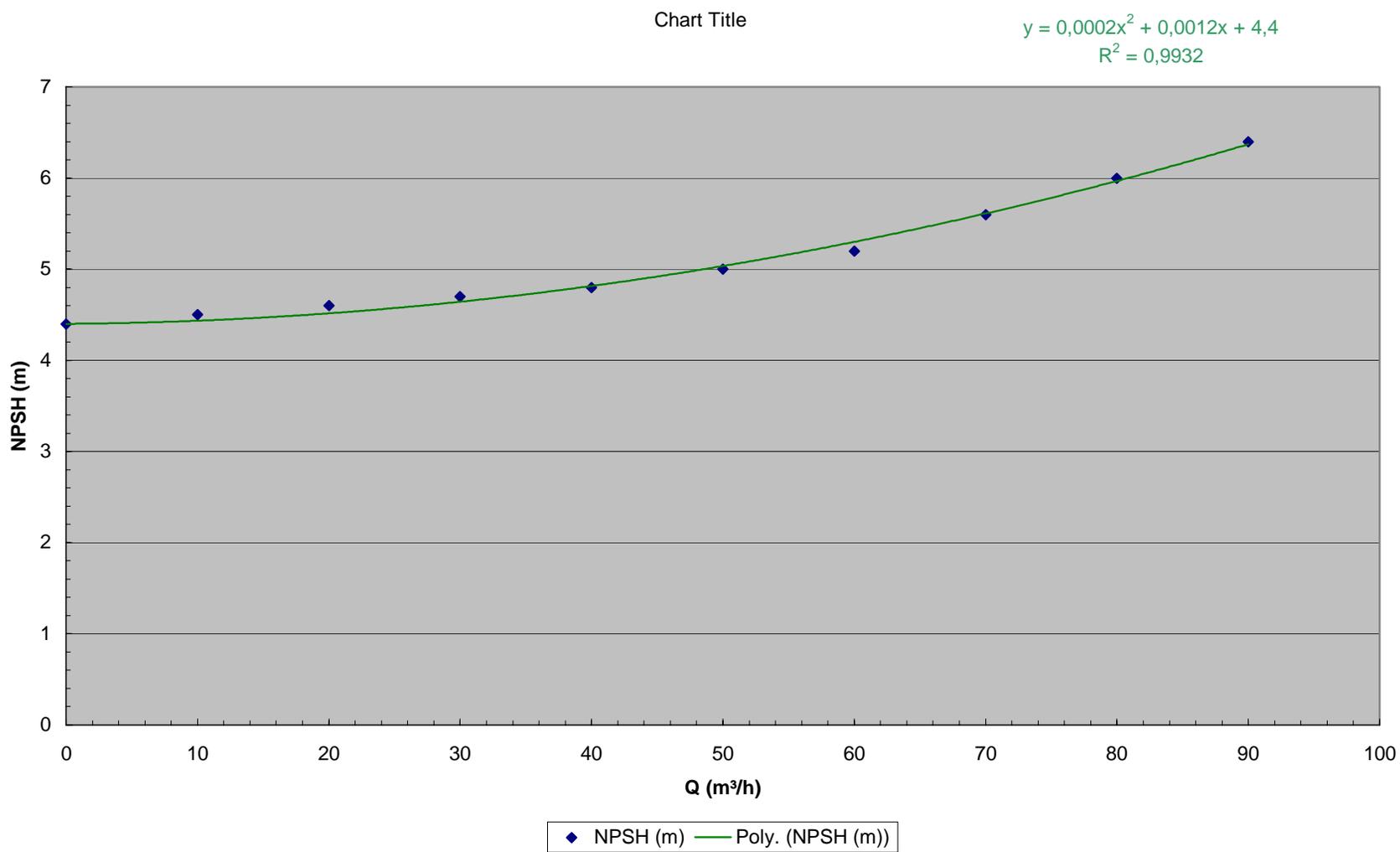
$$\therefore H_B = 72 + 447858,65Q^2 \quad (1,0)$$

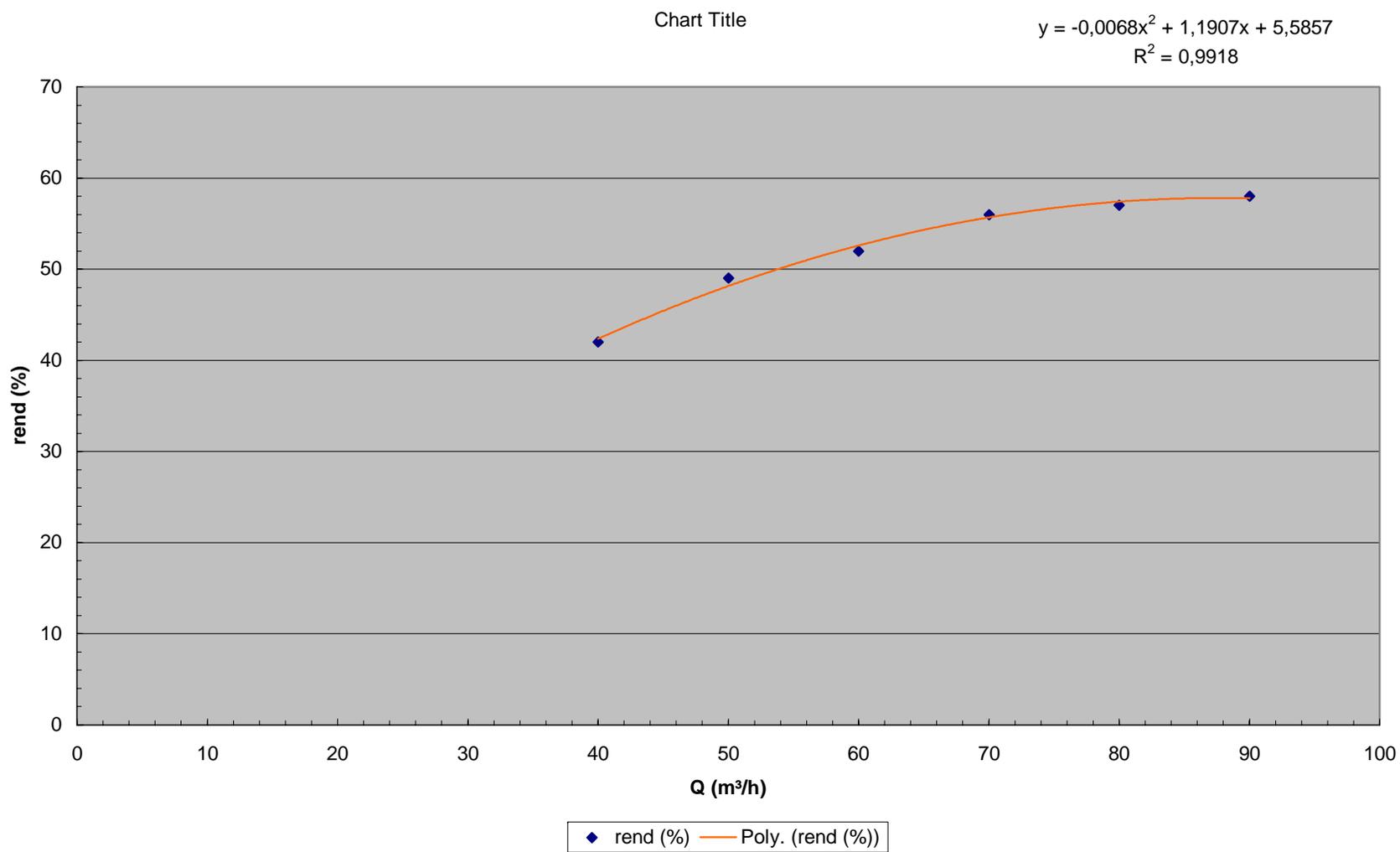
Para obtenção do ponto de trabalho, devemos consultar as curvas da bomba DN 50-32 de 3500 rpm da Mark Peeless e para as mesmas vazões calcular a carga manométrica da CCI, sendo que isto resulta a tabela a seguir:

Q (m³/h)	HB (m)	NPSH (m)	rend (%)	HB (m) CCI
0	236	4,4		72
10	236	4,5		75,5
20	236	4,6		85,8
30	234	4,7		103,1
40	233	4,8	42	127,3
50	232	5	49	158,4
60	232	5,2	52	196,4
70	228	5,6	56	241,3
80	224	6	57	293,2
90	216	6,4	58	351,9

Com a tabela anterior, obtém-se as curvas a seguir:







$$Q \approx 67 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow H_B = 227,5\text{m} \rightarrow \eta_B \approx 55\% \rightarrow \text{NPSH}_{\text{requerido}} \approx 5,4\text{m} \quad \mathbf{(1,0)}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = Z_{\text{inicial}} + \frac{P_{\text{inicial}_{\text{abs}}} - P_{\text{vapor}}}{\gamma} - H_{\text{psucção}}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = 2 + \frac{(-0,4 \times 10^4 + 0,72 \times 13600) - 0,05 \times 10^4}{10^3} - 9902,12 \times \left(\frac{68}{3600} \right)^2$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = 2 + \frac{(-4000 + 9792) - 500}{1000} - 3,54$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = 2 + 5,29 - 3,54 = 3,75\text{m} \quad \mathbf{(0,5)}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} - \text{NPSH}_{\text{requerido}} = 3,75 - 5,4 = -1,65\text{m} \therefore \text{está} \rightarrow \text{cavitando} \quad \mathbf{(0,5)}$$

A bomba Mark Peerless 50-32 foi mal escolhida, isto porque está ocorrendo o fenômeno de cavitação **(0,50)**