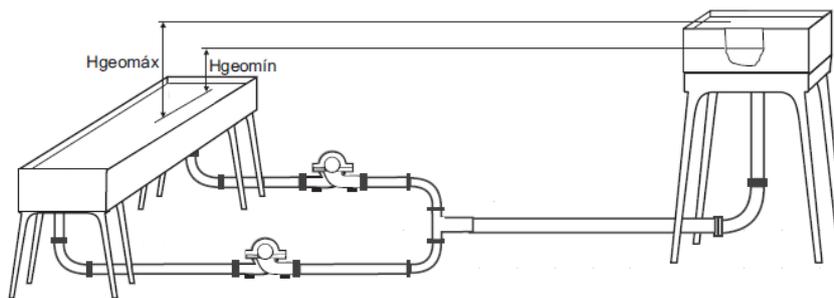


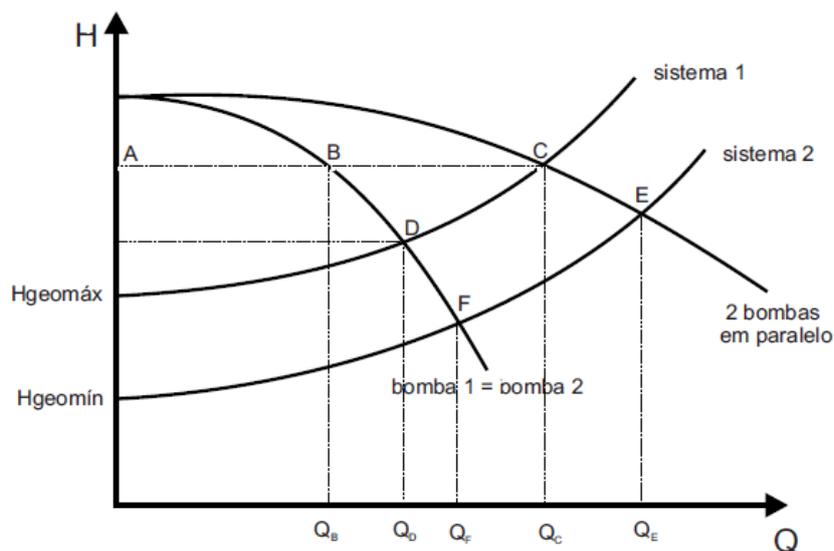
## Primeira parte da P2 de ME5330 – turma C

**1ª Questão:** o gráfico a seguir representa a associação em paralelo de duas bombas hidráulicas iguais. Pode-se observar que a variação da CCI para o funcionamento das bombas isoladas e das bombas associadas em paralelo praticamente é a mesma, porém elas variam com os níveis dos reservatórios, para esta situação:

- especifique o significado de cada uma das variáveis:  $Q_C$  e  $Q_E$ , (valor – 0,25)
- especifique o significado de cada uma das variáveis:  $Q_D$  e  $Q_F$ , (valor – 0,25)
- explique detalhadamente a determinação do rendimento da associação em paralelo para a carga estática máxima. (valor – 0,25)



Traçando a curva da associação do esquema anterior, teremos :



**2ª Questão:** A água é bombeada entre dois reservatórios em uma tubulação com as seguintes características:  $D_{int} = 300 \text{ mm}$ ,  $L = 80 \text{ m}$ ,  $f = 0,028$  e  $\Sigma l_{eq} = 50 \text{ m}$ . A curva característica da bomba centrífuga de fluxo radial é dada pela equação:  $H_B = 21,9 + 12,7 \times Q - 112 \times Q^2$ , onde a carga manométrica é obtida em metro quando a vazão entra em  $\text{m}^3/\text{s}$ . Sabendo que existem na casa de máquina duas bombas idênticas que podem operar isoladamente, em paralelo e em série, estime a potência de cada bomba em funcionamento para as seguintes situações:

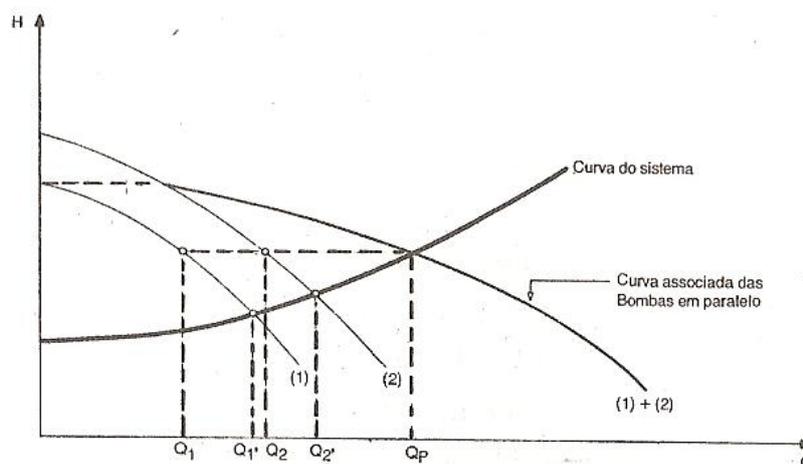
- a carga estática da instalação é igual a 14,5 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e a instalação opera com uma única bomba; (valor – 1,0)
- a carga estática da instalação é igual a 14,5 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e a instalação opera com a associação em paralelo de duas bombas idênticas; (valor 1,5)
- a carga estática da instalação é igual a 26,5 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e você deve viabilizar esta situação. (valor – 1,5)

Dados:  $\eta_B = 59,642 + 60,52 \times Q - 39,3 \times Q^2$  com  $\eta_B$  em % e a  $Q$  em  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\rho_{\text{água}} = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  e que a CCI permanece praticamente a mesma para

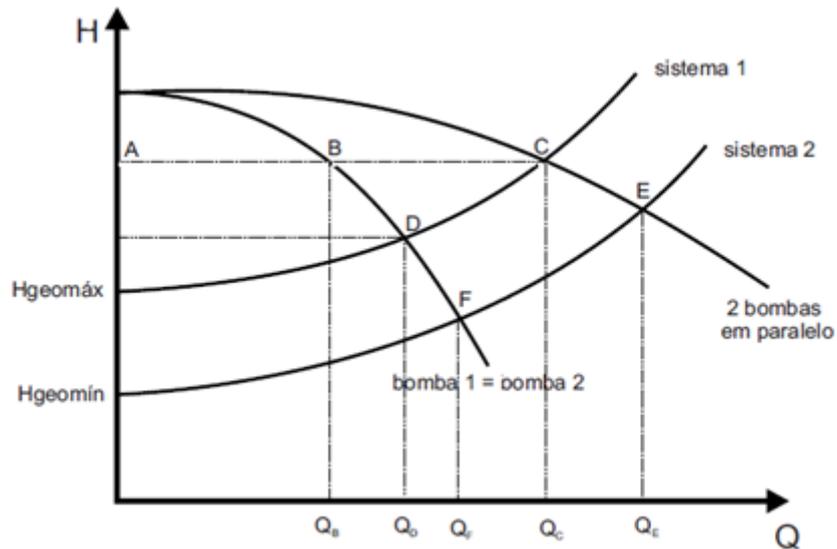
todas as possibilidades de funcionamento das bombas com exceção da carga estática.

**3ª Questão:** Na última experiência ocorreu um fato interessante, em uma das linhas de dados observou-se que uma das bombas não estava funcionando ( $Q < 0$ ), identifique a região do gráfico que representa essa situação. (valor – 0,25)



## Solução

### 1ª Questão:



a.  $Q_C$  – é a vazão do ponto de trabalho da associação em paralelo das bombas para a carga estática máxima. (valor – 0,125)

$Q_E$  - é a vazão do ponto de trabalho da associação em paralelo das bombas para a carga estática mínima. (valor – 0,125).

b.  $Q_D$  – é a vazão do ponto de trabalho da bomba operando só para a carga estática máxima. (valor – 0,125)

$Q_F$  - é a vazão do ponto de trabalho da bomba operando só para a carga estática mínima. (valor – 0,125)

c. O rendimento neste caso é igual ao rendimento de uma só bomba lido no ponto B.

### 2ª Questão:

a. para as condições impostas, obtemos a equação da CCI:

$$H_S = H_{\text{estática}} + H_{P_{\text{total}}} = 14,5 + 0,028 \times \frac{(80 + 50)}{0,3} \times \frac{Q^2}{19,6 \times \left( \frac{\pi \times 0,3^2}{4} \right)^2} \quad (0,25)$$

$$H_S = 14,5 + 123,9 \times Q^2$$

Como nas equações da CCI e CCB temos as grandezas definidas no mesmo sistema de unidade, temos no ponto de trabalho que:

$$H_B = H_S \therefore 21,9 + 12,7 \times Q - 112 \times Q^2 = 14,5 + 123,9 \times Q^2$$

$$235,9 \times Q^2 - 12,7 \times Q - 7,4 = 0 \quad (0,125)$$

$$Q_\tau = \frac{12,7 + \sqrt{12,7^2 + 4 \times 235,9 \times 7,4}}{2 \times 235,9} \cong 0,206 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Com a vazão do ponto de trabalho definida, podemos calcular para o mesmo a carga manométrica e o rendimento:

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,206 - 39,3 \times 0,206^2 \cong 70,4\% \quad (0,25)$$

$$H_B = 21,9 + 12,7 \times 0,206 - 112 \times 0,206^2 \cong 19,8\text{m} \quad (0,125)$$

$$\therefore N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,206 \times 19,8}{0,704} \cong 56665,2\text{W} \approx 56,7\text{kW} \quad (0,25)$$

b. para a associação em paralelo das bombas, temos a alteração da equação da

$$\text{CCB: } H_{B_{ap}} = 21,9 + 12,7 \times \frac{Q}{2} - 112 \times \left(\frac{Q}{2}\right)^2 = 21,9 + 6,35 \times Q - 28 \times Q^2$$

Como não há alteração na CCI, no ponto de trabalho temos:

$$H_{B_{ap}} = H_S \therefore 21,9 + 6,35 \times Q - 28 \times Q^2 = 14,5 + 123,9 \times Q^2$$

$$151,9 \times Q^2 - 6,35 \times Q - 7,4 = 0 \quad (0,75)$$

$$Q_{ap\tau} = \frac{6,35 + \sqrt{6,35^2 + 4 \times 151,9 \times 7,4}}{2 \times 151,9} \cong 0,243 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Como as bombas são iguais cada uma irá contribuir com uma vazão de

$\frac{0,243}{2} = 0,1215 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$  e é com esta vazão que iremos ler o rendimento, ou seja:

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,1215 - 39,3 \times 0,1215^2 \cong 66,4\% \quad (0,25)$$

Já a carga manométrica será:

$$H_{B_\tau} = 21,9 + 6,35 \times 0,243 - 28 \times 0,243^2 \cong 21,8\text{m}$$

$$\therefore N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,1215 \times 21,8}{0,664} \cong 39014,1\text{W} \quad (0,50)$$

c. Como a carga estática (26,5 m) é maior que a carga manométrica para a vazão nula (ponto de shut-off = 21,9m) já concluímos que uma bomba só não

conseguirá bombear o fluido, portanto para tentar viabilizar este escoamento propomos a associação em série das bombas e isto origina:

$$H_{B_{as}} = 2 \times (21,9 + 12,7 \times Q - 112 \times Q^2) = 43,8 + 25,4 \times Q - 224 \times Q^2 \quad (0,25)$$

Já a CCI para esta situação será:  $H_S = 26,5 + 123,9 \times Q^2$  (0,25), portanto no ponto de trabalho temos:

$$H_{B_{as}} = H_S \therefore 43,8 + 25,4 \times Q - 224 \times Q^2 = 26,5 + 123,9 \times Q^2$$

$$347,9 \times Q^2 - 25,4 \times Q - 17,3 = 0 \Rightarrow Q_{as_\tau} = \frac{25,4 + \sqrt{25,4^2 + 4 \times 347,9 \times 17,3}}{2 \times 347,9}$$

$$\therefore Q_{as_\tau} \cong 0,263 \frac{m^3}{s}$$

(0,25)

Para a associação em série nós sabemos que a vazão é constante, portanto:

$H_{B_{as}} = 43,8 + 25,4 \times 0,263 - 224 \times 0,263^2 \cong 35,0m$ , portanto cada bomba

contribuirá com  $H_B = \frac{35}{2} = 17,5m \Rightarrow N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,263 \times 17,5}{\eta_B}$ , onde

podemos determinar o rendimento:

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,263 - 39,3 \times 0,263^2 \cong 72,8\%$$

$$\therefore N_B = \frac{998 \times 9,8 \times 0,263 \times 17,5}{0,728} \cong 61832,8W \approx 61,9kW \quad (0,75)$$

**3ª Questão:** seria na região I especificada, isto porque na mesma só existe a atuação da bomba (2). (0,25)

