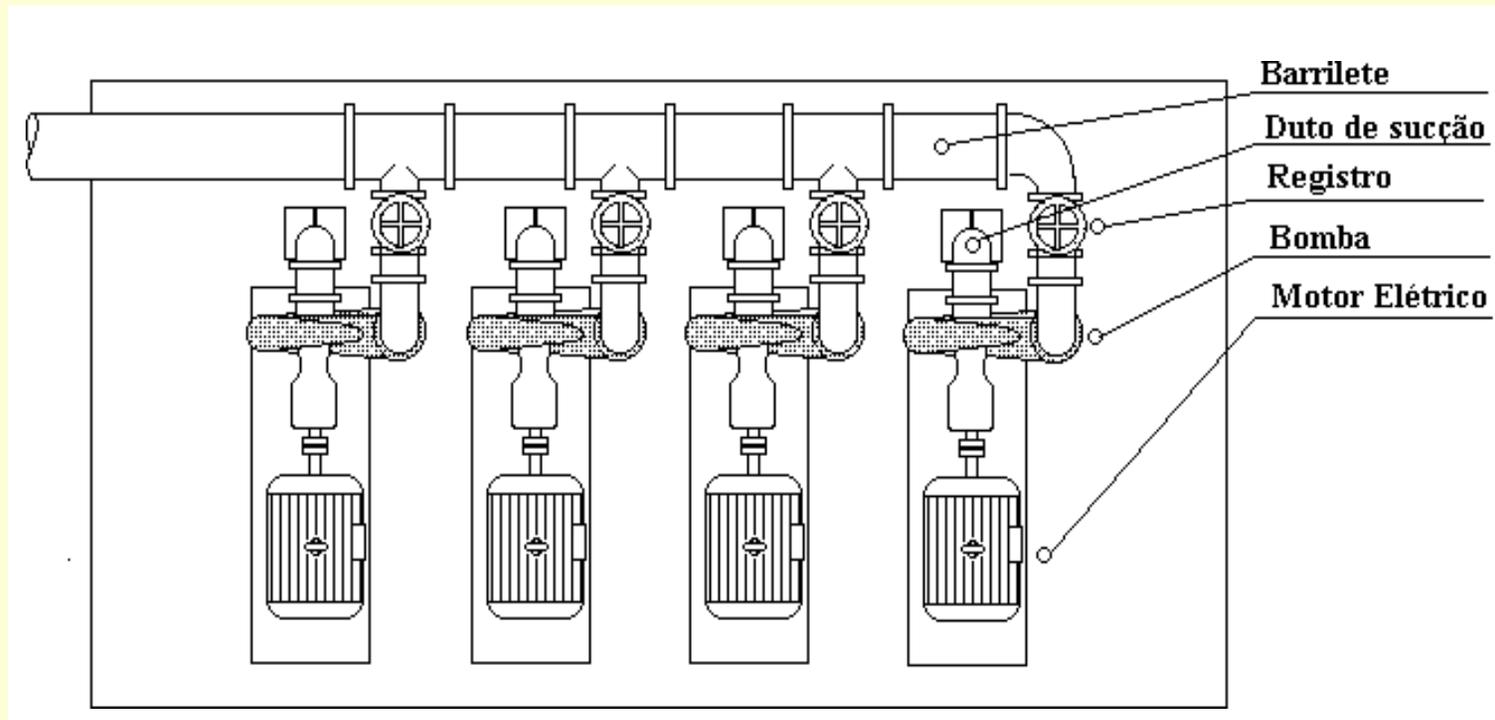




## Associação de Bombas

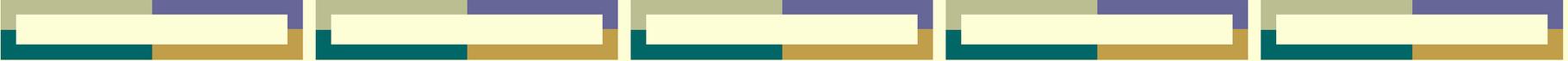
- Razões técnicas : quando um desnível elevado acarretar um rotor de grande diâmetro e alta rotação, e com isso altas acelerações centrífugas e dificuldades na especificação de materiais.
  - Razões econômicas : quando o custo de duas bombas menores é inferior ao de uma bomba de maiores dimensões para fazer o mesmo serviço.
- 

## Associação de Bombas em Paralelo



A figura apresenta uma casa de máquinas com 4 BH associadas em paralelo. Todas as bombas hidráulicas succionam líquido do mesmo reservatório e o entregam no mesmo ponto, o barrilete. Portanto todas as máquinas funcionam sob a mesma diferença de pressões (pressão do barrilete menos a pressão do reservatório). Por outro lado, considerando a equação da continuidade, a vazão que sai do barrilete é a soma das vazões que passa por cada bomba.

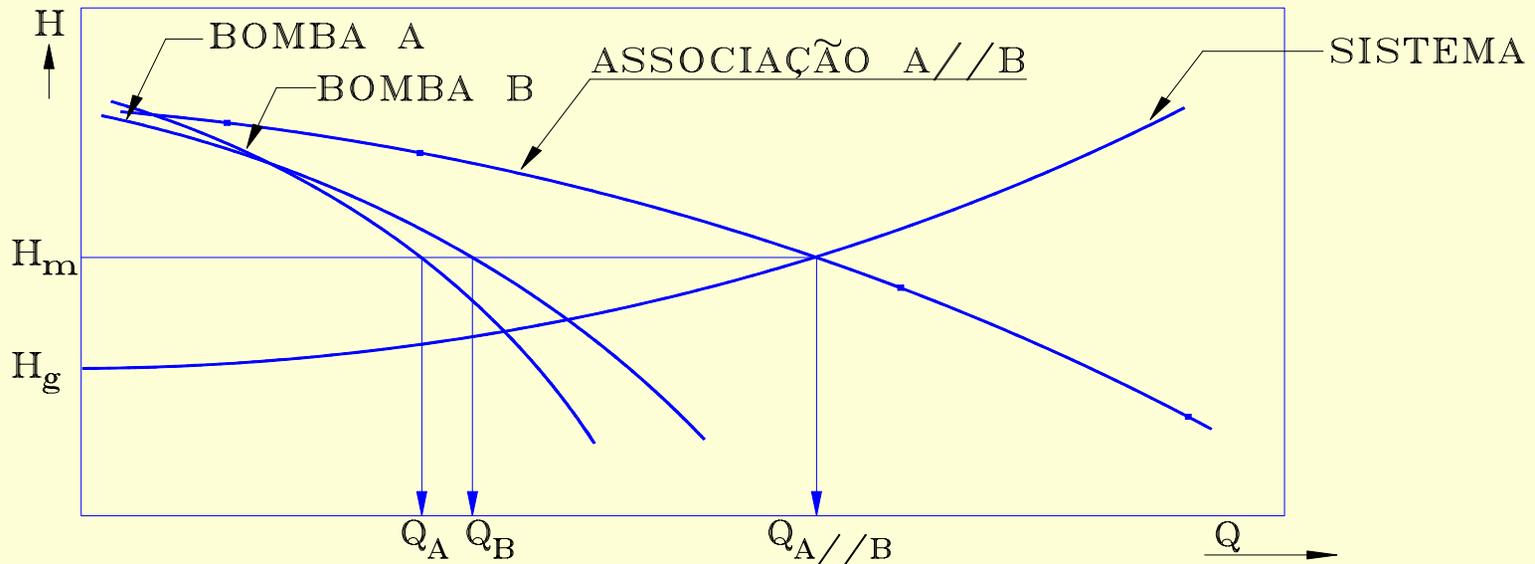
· **Associação de bombas em paralelo**: a vazão da associação é a soma das vazões individuais e a pressão é a mesma para todas as máquinas.



## Associação de Bombas em Paralelo

- É considerada quando é necessário um aumento de vazão.
  - O acréscimo na vazão não é linear com o aumento do número de bombas.
  - A curva característica de uma associação em paralelo é obtida das curvas originais de cada bomba pela soma das vazões unitárias para uma mesma pressão.
- 

## Associação de Bombas em Paralelo



- Curva característica de uma associação em paralelo → soma das curvas originais de cada bomba, seguindo o critério de que ambas as bombas estão sujeitas à mesma pressão manométrica.

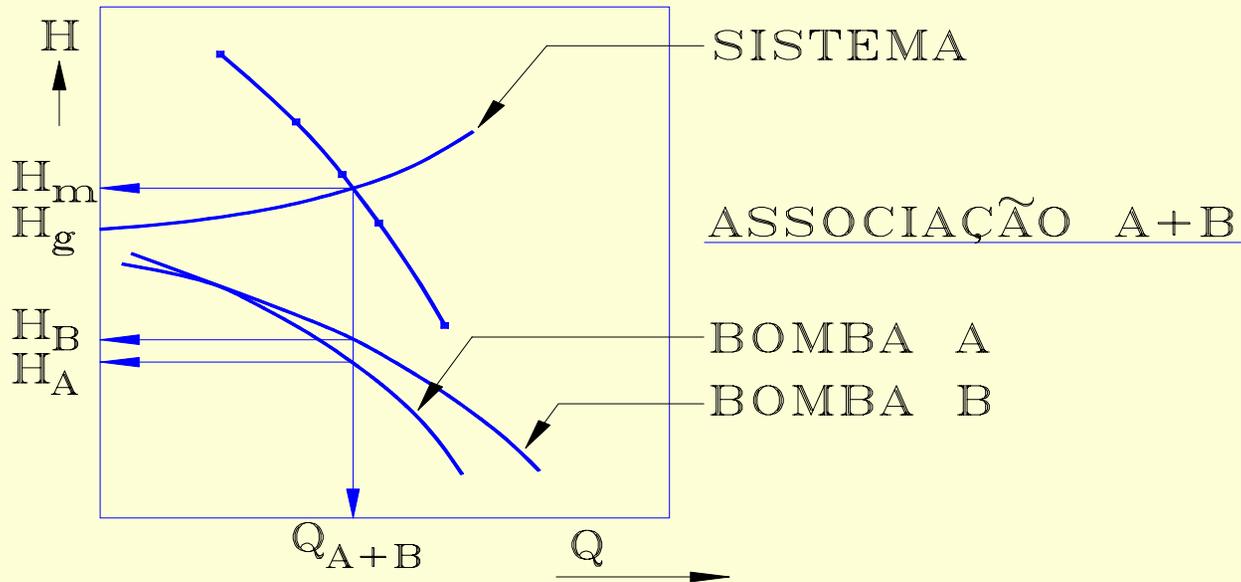
Como a pressão é a mesma e as bombas contribuem cada uma com a sua vazão, referente àquela pressão, a curva da associação em paralelo é obtida pela soma das vazões de cada curva, para cada pressão.



## Associação de Bombas em Série

- É considerada em sistemas de grande desnível geométrico, quando mantém-se a vazão e as pressões são somadas.
  - Como neste caso o fluido atravessa as bombas em série, isto é, a saída de uma bomba está ligada à entrada da outra, elas transportam a mesma vazão, então a curva da associação é obtida da soma das pressões, para uma mesma vazão.
  - A curva característica de uma associação em série é obtida das curvas originais de cada bomba pela soma das pressões unitárias para uma mesma vazão .
- 

## Associação de Bombas em Série



A vazão que atravessa ambas as bombas tem que ser a mesma para satisfazer a equação da continuidade. As duas bombas apresentam um diferencial de pressão  $H_A$  e  $H_B$  que se somam para vencer a pressão manométrica  $H_m$ . A associação em série é prática comum para bombeamento em grandes desníveis. Estas situações são bastante comuns e para este tipo de aplicação existem bombas construídas com vários rotores em série, constituindo uma bomba de **múltiplos estágios**.



## APLICAÇÕES : Bombeamento de água em poços profundos

- **Moto-bomba submersa;**
  - Limite pode ser superior a 300 metros;
  - Manutenção mais trabalhosa
  - **Bomba de eixo prolongado**
  - Limite até 300 metros;
  - Menor rendimento;
  - Manutenção menos trabalhosa
- 



## O rendimento nas associações

- A potência consumida na associação é igual a soma das potências individuais → para qualquer associação de bombas hidráulicas (série ou paralelo)

Assim, supondo-se uma associação de duas bombas hidráulicas, A e B, pode-se escrever:  $P_{A//B} = P_A + P_B$

Substituindo pela fórmula da potência: 
$$\frac{Q_{ass} \cdot \gamma \cdot H_{ass}}{\eta_{ass}} = \frac{Q_A \cdot \gamma \cdot H_A}{\eta_A} + \frac{Q_B \cdot \gamma \cdot H_B}{\eta_B}$$

Como o peso específico  $\gamma$  é constante ele pode ser eliminado da equação





## O rendimento nas associações

No caso de uma associação em paralelo, as bombas vão experimentar o mesmo diferencial de pressões, portanto:  $H_{A//B} = H_A = H_B$

Deste modo, o rendimento para uma associação em paralelo de duas bombas é:

$$\eta_{A//B} = \frac{Q_{A//B}}{\frac{Q_A}{\eta_A} + \frac{Q_B}{\eta_B}}$$

Na associação em série de duas bombas, a vazão das bombas é igual à da associação. O rendimento da associação em série pode ser explicitado conforme a equação:

$$\eta_{A//B} = \frac{H_{A//B}}{\frac{H_A}{\eta_A} + \frac{H_B}{\eta_B}}$$


## O rendimento nas associações

Resumindo,

● Associação em paralelo

$$\eta_{ass} = \frac{Q_{ass}}{\frac{Q_A}{\eta_A} + \frac{Q_B}{\eta_B}}$$

● Associação em série

$$\eta_{ass} = \frac{H_{ass}}{\frac{H_A}{\eta_A} + \frac{H_B}{\eta_B}}$$

## Exercício

Dadas as características de duas bombas:

Bomba A

Q(m <sup>3</sup> /h)	300	350	400	450	500
H(m)	16,3	15,4	14,2	12,9	11,1
$\eta$ (%)	73,0	78,0	80,0	79,0	75,0

Bomba B

Q(m <sup>3</sup> /h)	300	350	400	450	500
H(m)	14,8	14,5	14,1	13,4	12,3
$\eta$ (%)	73,2	77,4	79,6	80,0	77,6

e um sistema constituído por:  $H_g = 10,8$  m ;  $L_{eq} = 850$  m ;  $C_f = 0,022$  ;  $D = 0,45$  m, e considerando uma montagem das duas bombas em paralelo, pede-se:

(a) ponto de funcionamento da associação de bombas;

(b) pontos de funcionamento de cada bomba, na associação;

(a) ponto de funcionamento da bomba A, estando a bomba B parada.