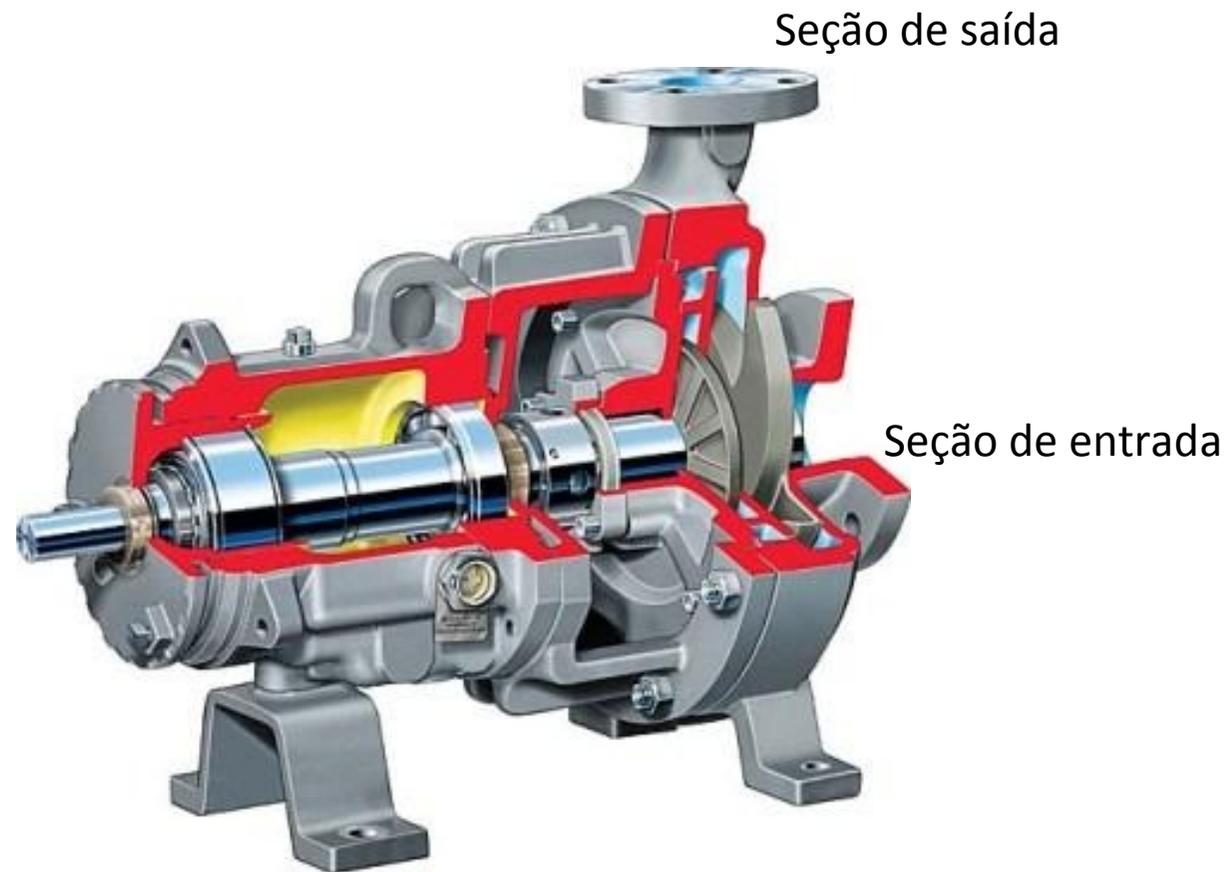


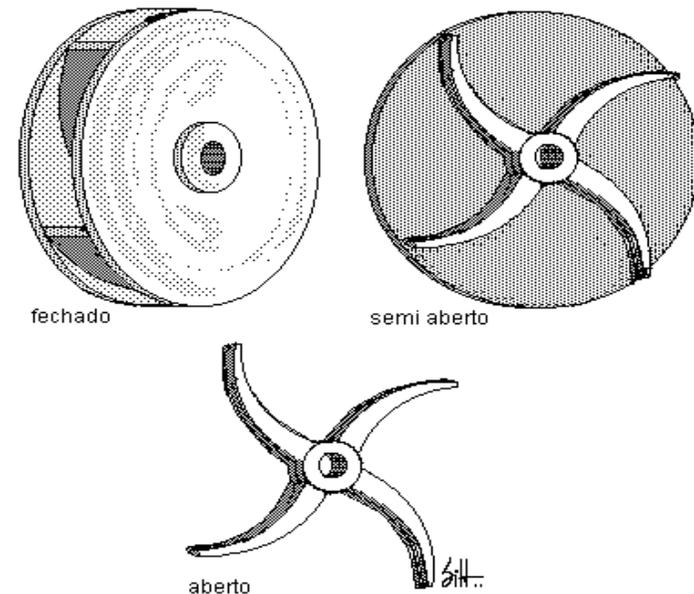
# Bombas Hidrodinâmicas



# Rotores

## Tipos

- Abertos: líquidos com sólidos em suspensão
- Semi-aberto: líquidos com pequenas quantidades de sólidos em suspensão
- Fechados: líquidos sem sólidos em suspensão



# Rotores

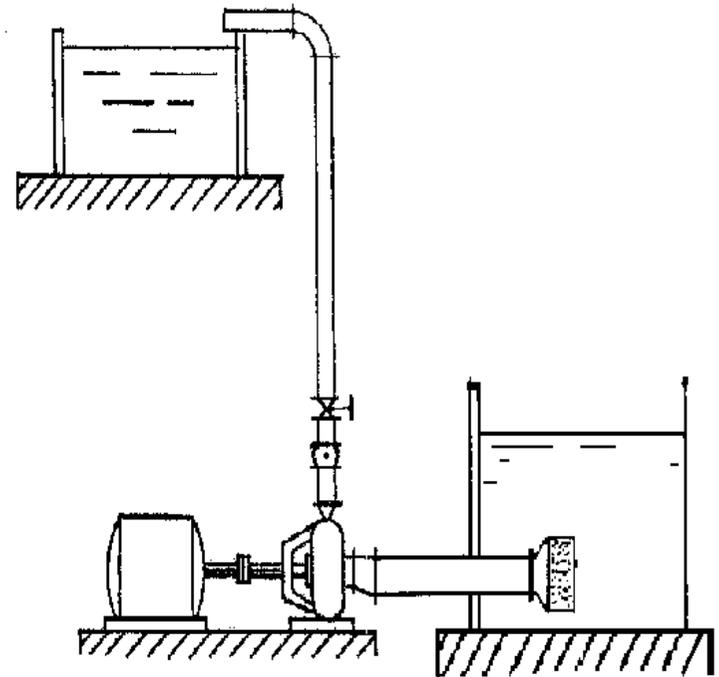
- **Número**
- Monoestágio: apenas um rotor
- Multiestágio: mais de um rotor (pressões mais elevadas)



# Classificação

## Afogada:

- cota do eixo fica abaixo do nível de água no sistema.
- 
- Bomba de sucção negativa.
- Não precisa escorvar.

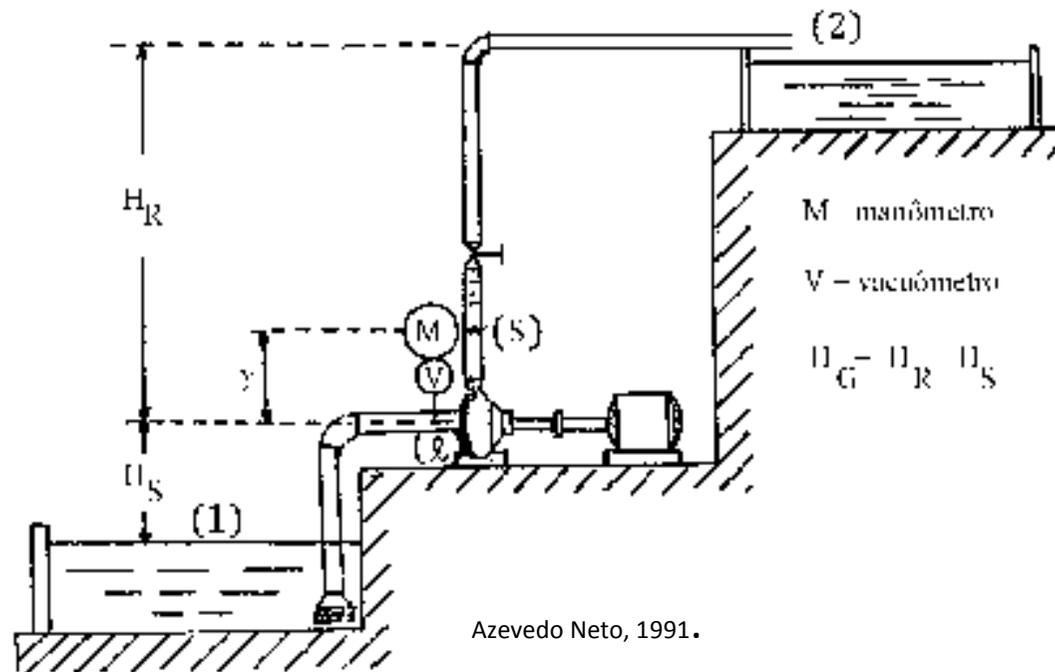


Azevedo Neto, 1991.

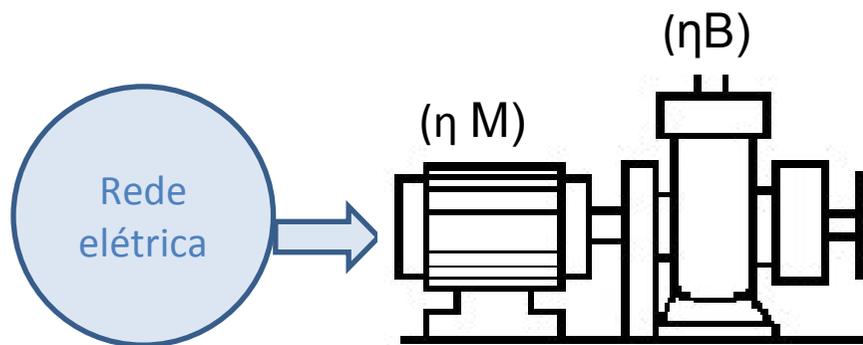
# Classificação

## Não Afogada:

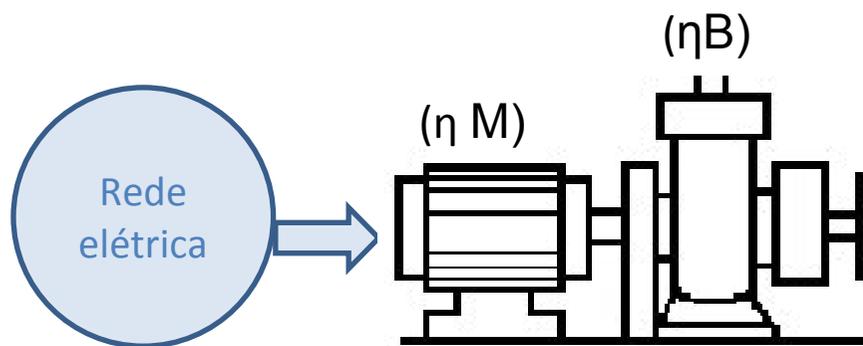
- cota do eixo fica acima do nível de água no sistema. Precisa escorvar.



# Potências e Rendimentos



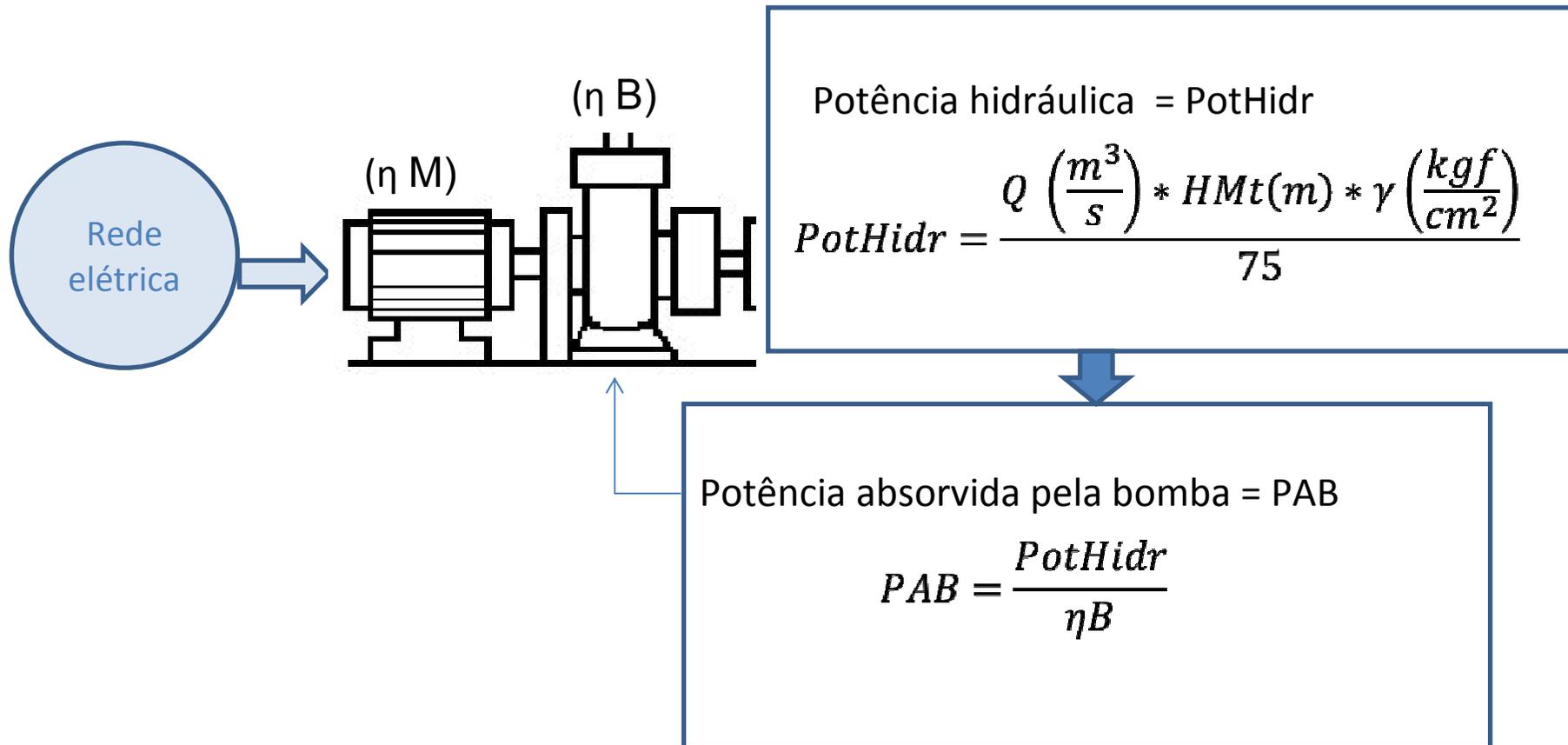
# Potências e Rendimentos



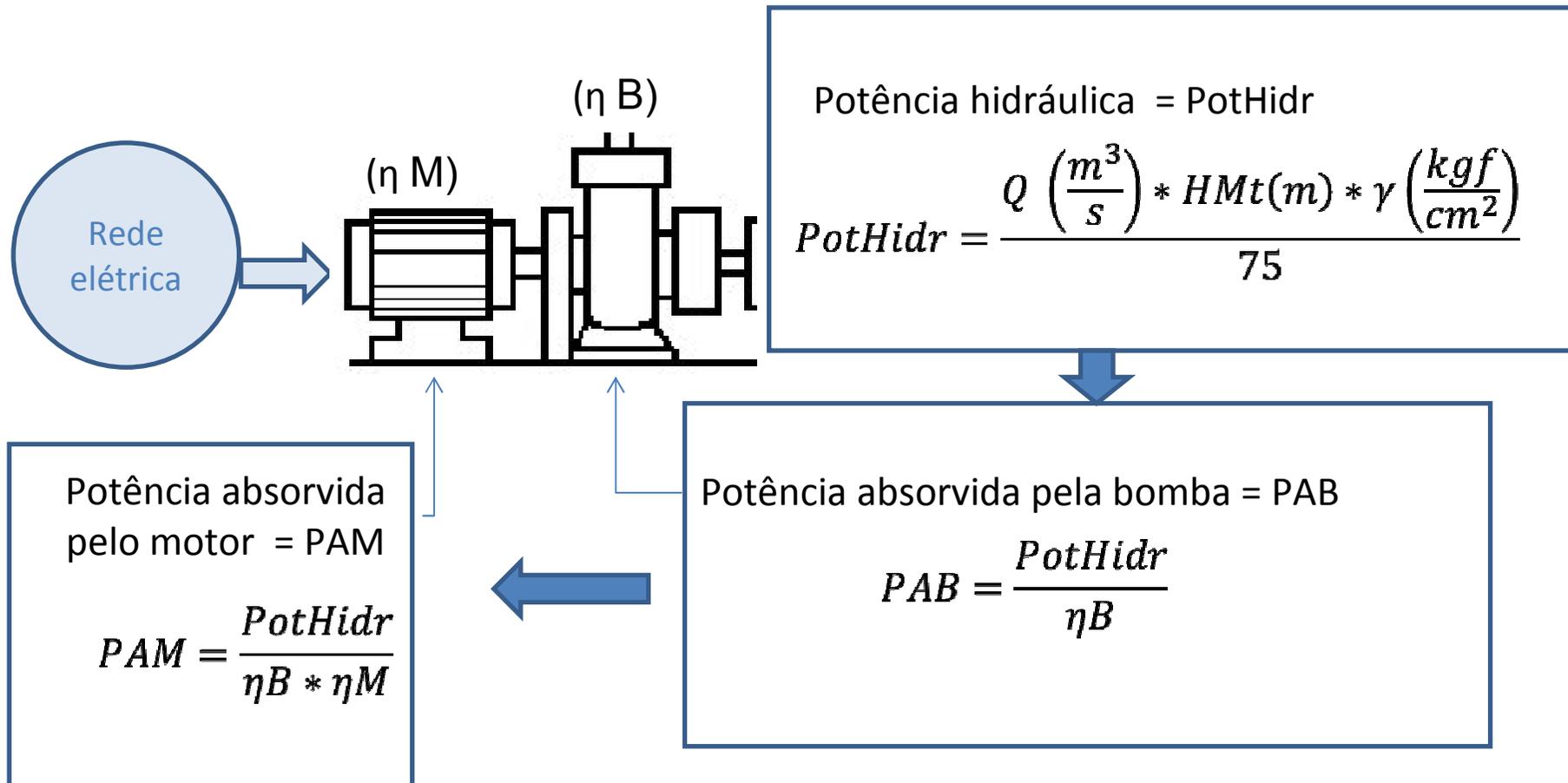
Potência hidráulica = PotHidr

$$PotHidr = \frac{Q \left( \frac{m^3}{s} \right) * HMt(m) * \gamma \left( \frac{kgf}{cm^2} \right)}{75}$$

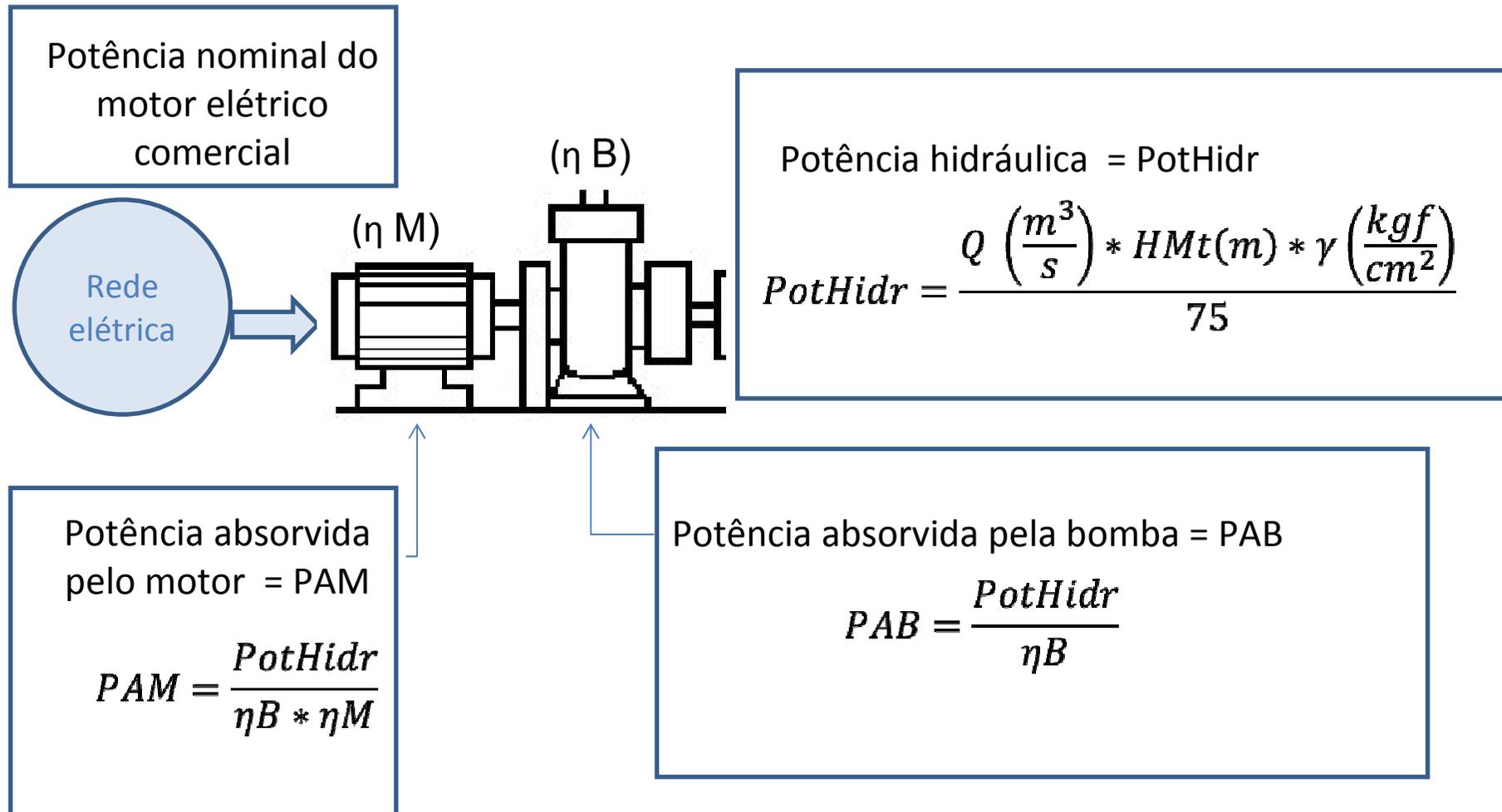
# Potências e Rendimentos



# Potências e Rendimentos



# Potências e Rendimentos



## Folga para potência do motor elétrico

Potência necessária na bomba (HP ou CV)	Potência do motor elétrico	
	CV	kW
0 – 0,4	0,75 (+88%)	0,55
0,41 – 0,7	1,00 (+144% a 43%)	0,74
0,71 – 1,2	1,50 (+111% a 25%)	1,10
1,21 – 1,6	2,00 (+65% a 25%)	1,47
1,61 – 15,0	----- 20% de folga -----	
> 15,0	----- 15% de folga -----	

Potências nominais de motores elétricos padronizados  
(Norma ABNT) – em CV

1/12	1/8	1/6	1/4	1/3	1/2	3/4	1
1,5	2	3	4	5	6	7,5	10
12,5	15	20	25	30	40	50	60
75	100	125	150	200	250	300	350
425	475	530	600	675	750	850	950

## Exemplo:

- $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $H_{mt} = 50 \text{ mca}$ ;  $\eta_B = 70\%$  e  $\eta_M = 80\%$

## Exemplo:

- $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Hmt = 50 \text{ mca}$ ;  $hB = 70\%$  e  $hM = 80\%$

$$PotHidr = \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * HMt(\text{m}) * \gamma \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{\eta B} = \frac{0,01 * 50 * 1000}{75} = 6,67 \text{ cv}$$

## Exemplo:

- $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Hmt = 50 \text{ mca}$ ;  $hB = 70\%$  e  $hM = 80\%$

$$PotHidr = \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * HMt(\text{m}) * \gamma \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{\eta B} = \frac{0,01 * 50 * 1000}{75} = 6,67 \text{ cv}$$

$$PAB = \frac{PotHidr}{\eta B} = \frac{6,67}{0,7} = 9,53 \text{ cv}$$

## Exemplo:

- $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Hmt = 50 \text{ mca}$ ;  $hB = 70\%$  e  $hM = 80\%$

$$PotHidr = \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * HMt(\text{m}) * \gamma \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{\eta_B} = \frac{0,01 * 50 * 1000}{75} = 6,67 \text{ cv}$$

$$PAB = \frac{PotHidr}{\eta_B} = \frac{6,67}{0,7} = 9,53 \text{ cv}$$

$$PAM = \frac{PotHidr}{\eta_B * \eta_M} = \frac{6,67}{0,7 * 0,8} = 11,91 \text{ cv}$$

## Exemplo:

- $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Hmt = 50 \text{ mca}$ ;  $hB = 70\%$  e  $hM = 80\%$

$$PotHidr = \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * HMt(\text{m}) * \gamma \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{\eta_B} = \frac{0,01 * 50 * 1000}{75} = 6,67 \text{ cv}$$

$$PAB = \frac{PotHidr}{\eta_B} = \frac{6,67}{0,7} = 9,53 \text{ cv}$$

$$PAM = \frac{PotHidr}{\eta_B * \eta_M} = \frac{6,67}{0,7 * 0,8} = 11,91 \text{ cv}$$

*Potência nominal motor elétrico* → folga de 20% →  $11,91 * 1,20 = 11,42 \text{ cv}$

## Exemplo:

- $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Hmt = 50 \text{ mca}$ ;  $hB = 70\%$  e  $hM = 80\%$

$$PotHidr = \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * HMt(\text{m}) * \gamma \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{\eta_B} = \frac{0,01 * 50 * 1000}{75} = 6,67 \text{ cv}$$

$$PAB = \frac{PotHidr}{\eta_B} = \frac{6,67}{0,7} = 9,53 \text{ cv}$$

$$PAM = \frac{PotHidr}{\eta_B * \eta_M} = \frac{6,67}{0,7 * 0,8} = 11,91 \text{ cv}$$

*Potência nominal motor elétrico* → folga de 20% →  $11,91 * 1,20 = 11,42 \text{ cv}$

*motor elétrico comercial* → 12,5 cv

# Terminologia

- $Hg_S$  – altura geométrica de sucção
- $hf_S$  – perda de carga na sucção
- $Hm_S$  – altura manométrica de sucção
- $Hg_R$  – altura geométrica de recalque
- $hf_R$  – perda de carga no recalque
- $Hm_R$  – altura manométrica de recalque
- $Hm_T$  – altura manométrica total
- 
- $Hm_S = Hg_S + hf_S$
- $Hm_R = Hg_R + hf_R$
- $Hm_T = Hm_S + Hm_R$

# NPSH (Net Positive Suction Head) ou APLS (altura positiva líquida de sucção)

$NPSH_d$  – disponibilidade de energia com que o líquido entra na bomba

- Depende das condições locais
- Característica das instalações da bomba

$$NPSH_d = P_{atm\ local} - H_{gs} - hf_s - H_v$$

$H_v$  - pressão de vapor do líquido

$NPSH_r$  – requerido

Fornecido pelo fabricante

$$P_{atm\ local} = 10,33 - 0,12 * \frac{altitude}{100}$$

**Necessário:  $NPSH_d > NPSH_r$  caso contrário → cavitação**

Cavitação: fenômeno em que o líquido atinge pressão inferior à  $P_{atm}$ , de tal monta que se torna inferior à  $H_v$ . O líquido transforma-se em vapor e, em seguida, recebe pressão superior à  $P_{atm}$ . Nesse momento ocorre uma explosão de curta duração, mas de grande intensidade.

- 
- Para evitar a cavitação:
- $NPSH_d > NPSH_r$
- Altura máxima de sucção
- $H_{g_{S_{max}}} = \frac{P_{atm\ local}}{\gamma} - NPSH_r - hf_s - H_v$
- Casa de bombas flutuante
- Casa de bombas móvel
- Bomba auxiliar em série

## Exemplo:

- Altitude = 900 m

Líquido: água a 30°C ( $H_v = 0,433$  mca)

Sucção:  $H_{gs} = 4$  m

$Q = 35$  m<sup>3</sup>/h

$h_{fs} = 1$  mca

NPSHr = 6 mca (catálogo)

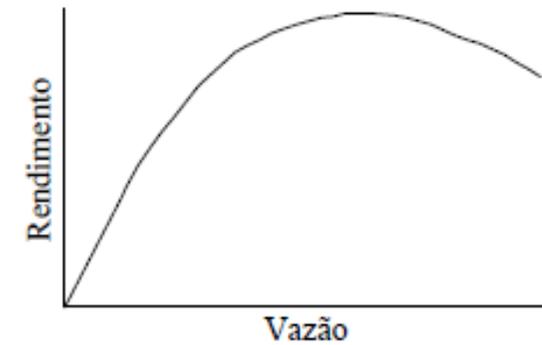
- Pede-se:

O NPSH<sub>d</sub>

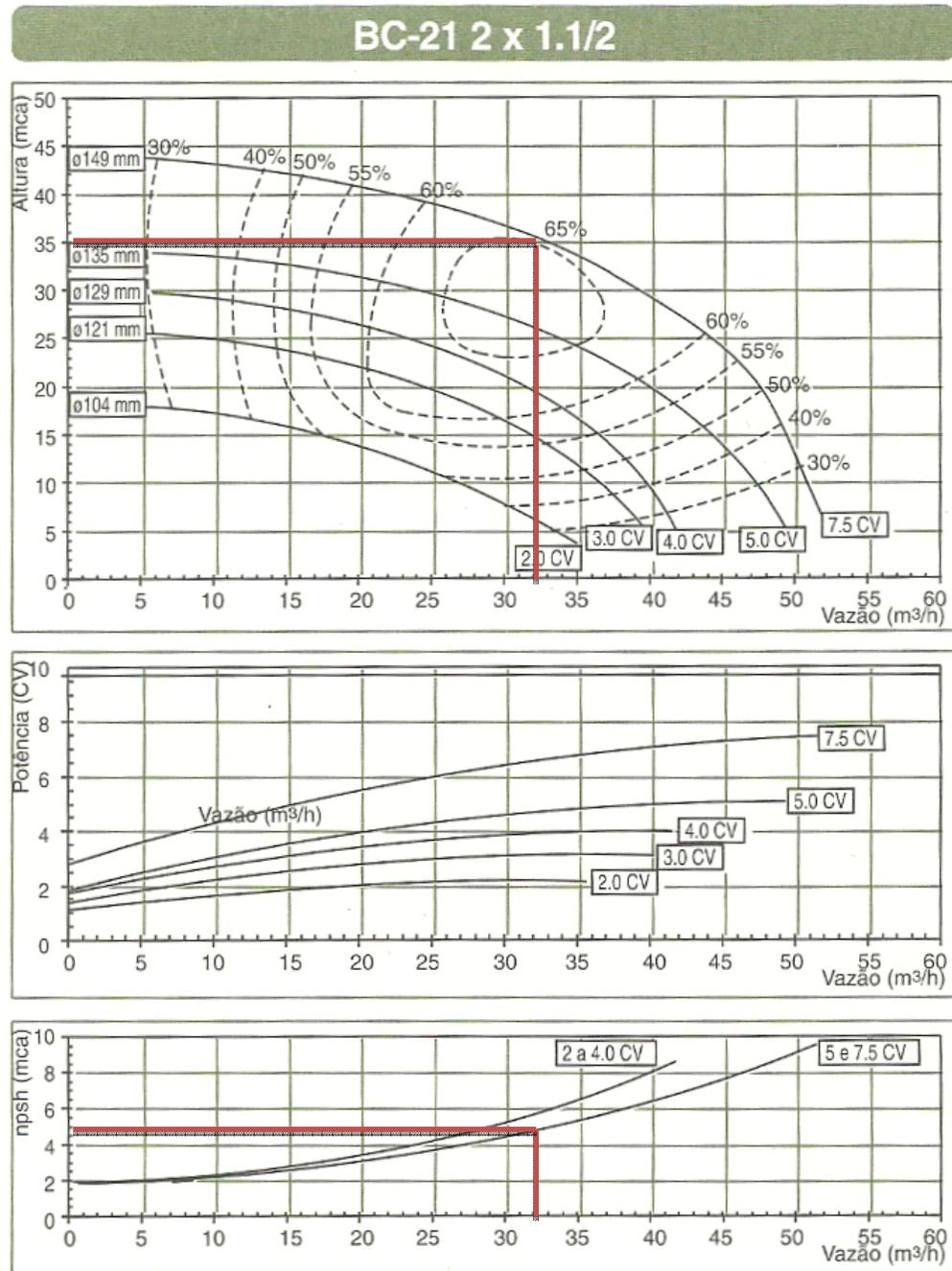
Verificar se haverá cavitação

Determinar a máxima altura geométrica de sucção para evitar a cavitação

- ***Curvas Características da Bomba***
- São curvas provenientes de ensaios de bombas a uma rotação constante.
- Rotações mais utilizadas (rotação dos motores elétricos): 3500 RPM; 1750 RPM



- Exemplo:  
 $Q = 32 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\text{HMt} = 35 \text{ mca}$
- Seleccionada:  
 $7,5 \text{ cv}$   
 rotor 149mm  
 Rendimento: 65%  
 $\text{NPSH requerido: } 5 \text{ mca}$



# Projeto de um sistema de recalque

- **Passos para o dimensionamento**
- a) Definir o diâmetro da tubulação de recalque ( $D_R$ )
- b) Calcular a perda de carga no recalque ( $hf_R$ )
- c) Calcular a altura manométrica de recalque ( $Hm_R$ )
- d) Definir o diâmetro da tubulação de sucção ( $D_S$ )
- e) Calcular a perda de carga na sucção ( $hf_S$ )
- f) Calcular a altura manométrica de sucção ( $Hm_S$ )
- g) Calcular a altura manométrica total
- h) Dimensionar a bomba
- i) Dimensionar o motor
- j) Calcular o  $NPSH_d$
- k) Verificar o risco de cavitação
- l) Determinar a máxima altura de sucção

- **Dados:**

1) Cotas: nível da água = 96m; bomba = 100m e reservatório = 124,2m

2) Altitude local = 400m

3) Comprimentos: Recalque (LR) = 300m e sucção (LS) = 10m

4) Líquido: água a 20°C ( $H_v = 0,239$  mca) e vazão de 35m<sup>3</sup>/h

5) Material da tubulação: PVC (C = 140)

6) Acessórios:	- Sucção	1 válvula de pé com crivo 1 curva de 90° raio longo 1 redução excêntrica
	- Recalque	1 válvula de retenção 1 registro de gaveta 3 curvas de 90° raio longo