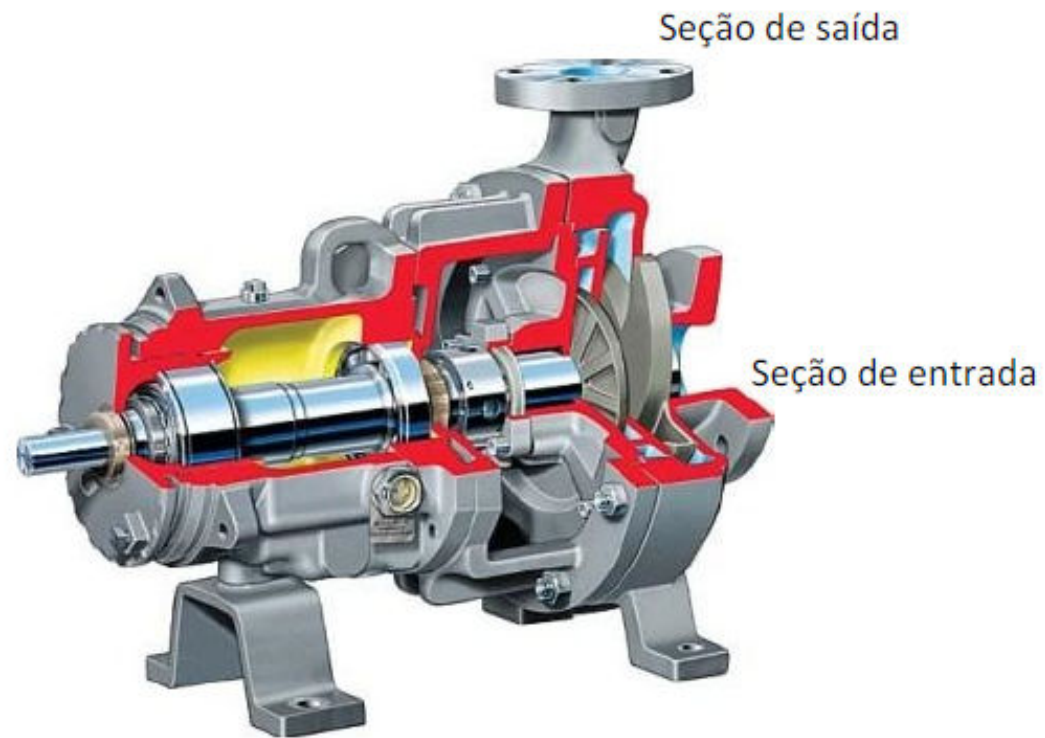


UNIDADES DE PRESSÃO

TABELA 1: Tabela de Equivalência entre unidades de pressão

Unidade	atm	mca	cmHg	Kgf/cm ²	psi	bar	Pa	Mpa
atm	1	10,336	76	1,034	14,701	1,014	$1,014 \cdot 10^5$	0,101
mca	0,097	1	7,353	0,1	1,422	0,098	$9,81 \cdot 10^3$	0,001
cmHg	0,013	0,136	1	0,014	0,193	0,013	$1,334 \cdot 10^{-3}$	0,001
Kgf/cm ²	0,967	10	73,529	1	14,223	0,981	$9,81 \cdot 10^4$	0,098
psi	0,068	0,703	5,181	0,070	1	0,069	$6,865 \cdot 10^3$	$6,87 \cdot 10^{-3}$
bar	0,986	10,194	74,951	1,019	14,514	1	10^5	0,1
Pa	$9,862 \cdot 10^0$	$1,019 \cdot 10^4$	$7,501 \cdot 10^4$	$1,019 \cdot 10^5$	$1,457 \cdot 10^4$	10^{-5}	1	10^{-6}
Mpa	9,863	101,970	$7,501 \cdot 10^2$	10,194	145,666	10	10^6	1

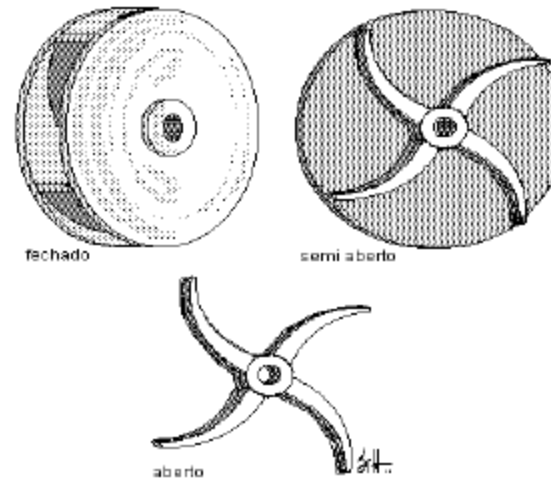
Bombas Hidrodinâmicas



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



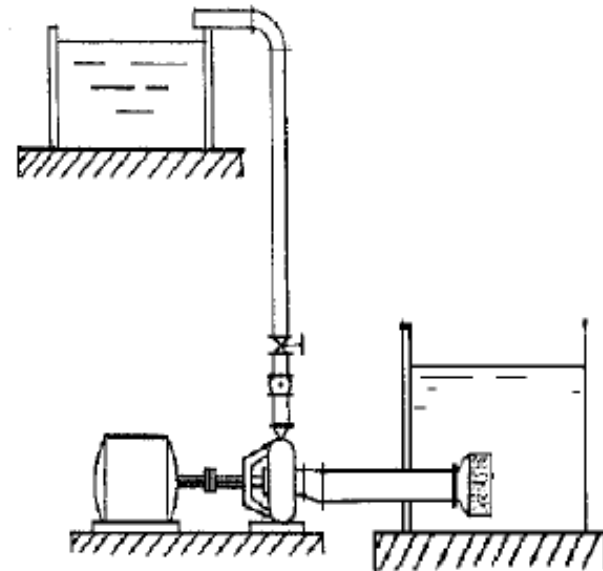
- Multiestágio: mais de um rotor (pressões mais elevadas)



Classificação

Afogada:

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

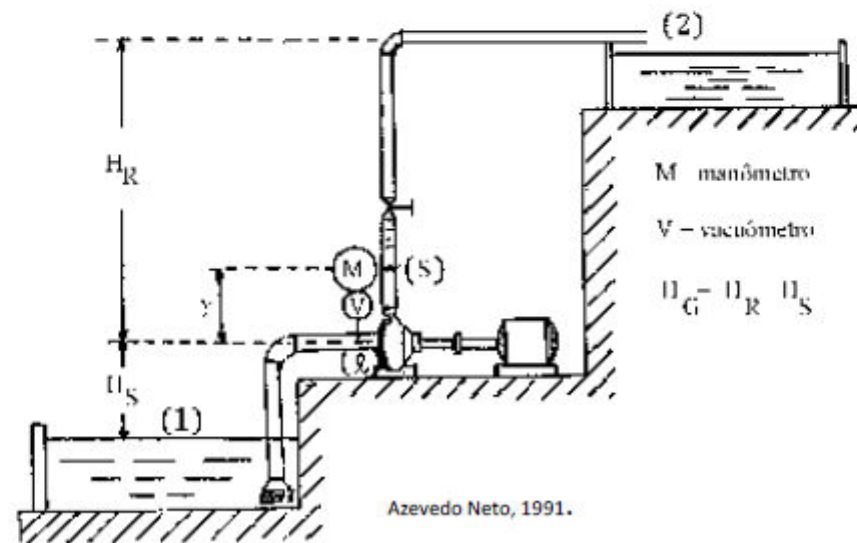


Azevedo Neto, 1991.

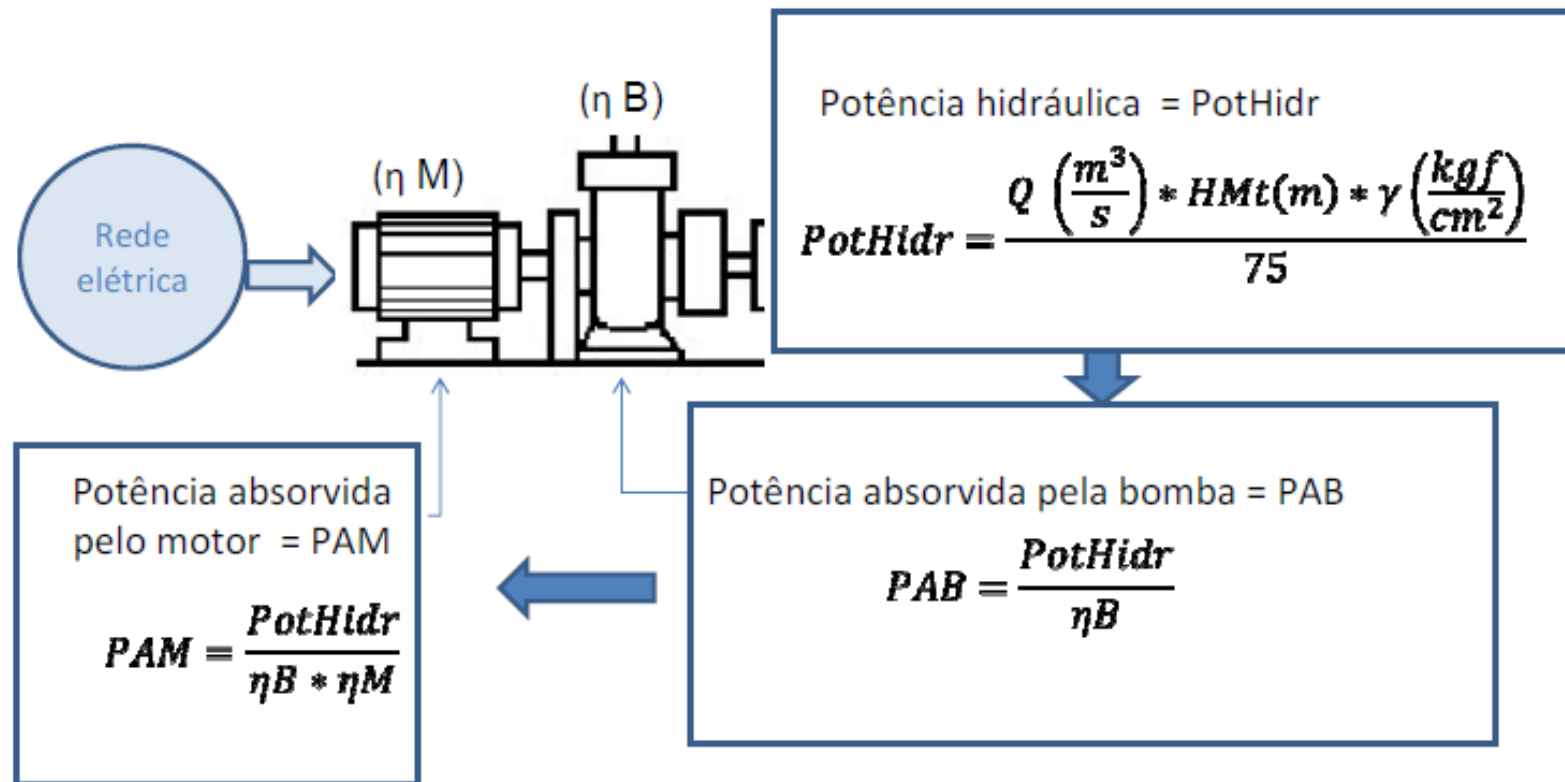
Classificação

Não Afogada:

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



Potências e Rendimentos



Folga para potência do motor elétrico

Potência necessária na bomba	Potência do motor elétrico	
(HP ou CV)	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:

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

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

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

$Q = 35$ m³/h

$h_{fs} = 1$ mca

NPSHr = 6 mca (catálogo)

- Pede-se:

O $NPSH_d$

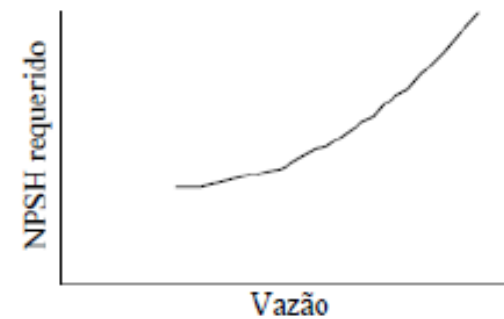
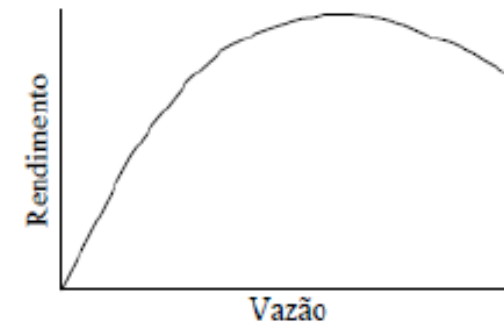
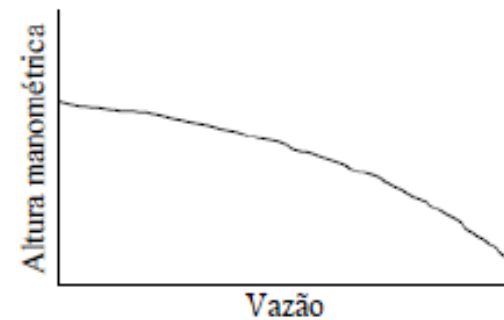
Verificar se haverá cavitação

Determinar a máxima altura geométrica de sucção para evitar a cavitação

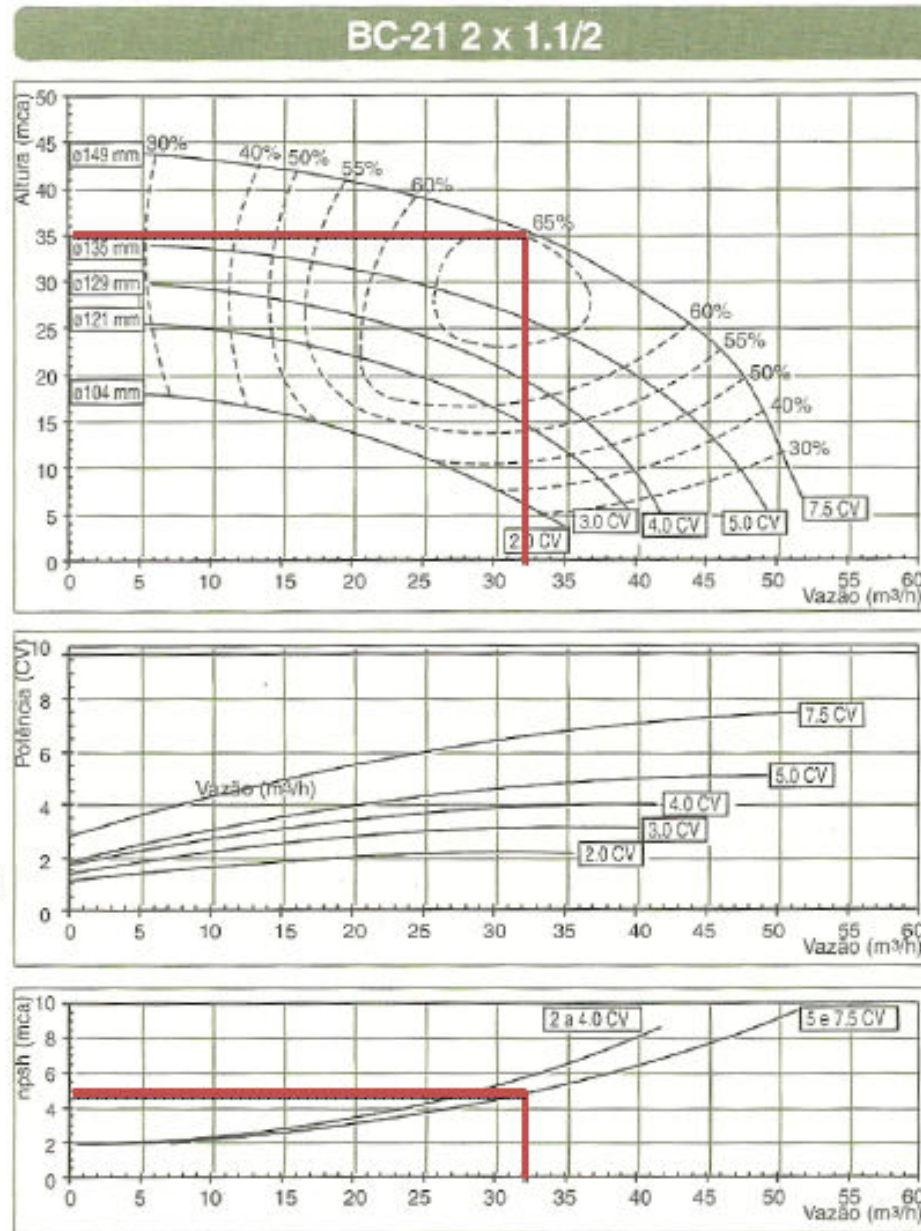
- ***Curvas Características da Bomba***

- 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%
 $\text{NPSHrequerido} = 5\text{mca}$



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 35m³/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