UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

CENTRO DE ENGENHARIAS

curso de ENGENHARIA CIVIL UFPel

INSTALAÇÕES DE RECALQUE

Prof. Hugo Alexandre Soares Guedes
E-mail: hugo.guedes@ufpel.edu.br
Website: wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/

➢ MÁQUINA

- ✓ DESIGNAÇÃO GENÉRICA DADA A TODO TRANSFORMADOR DE ENERGIA. ELA ABSORVE ENERGIA EM UMA FORMA E RESTITUI EM OUTRA. Exemplos: motores elétricos, torno mecânico.

➢ CLASSIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS

- ✓ Máquinas de fluidos
- ✓ Máquinas elétricas
- ✓ Máquinas ferramentas

- **Máquinas de Fluidos**: são aquelas que promovem o intercâmbio entre a energia do fluido (energia hidráulica) e a energia mecânica. Classificam-se em: máquinas hidráulicas e máquinas térmicas.

- **Máquinas Hidráulicas** – o fluido utilizado para promover o intercâmbio de energia não varia sensivelmente de peso específico ao passar pela máquina (escoamento incompressível).

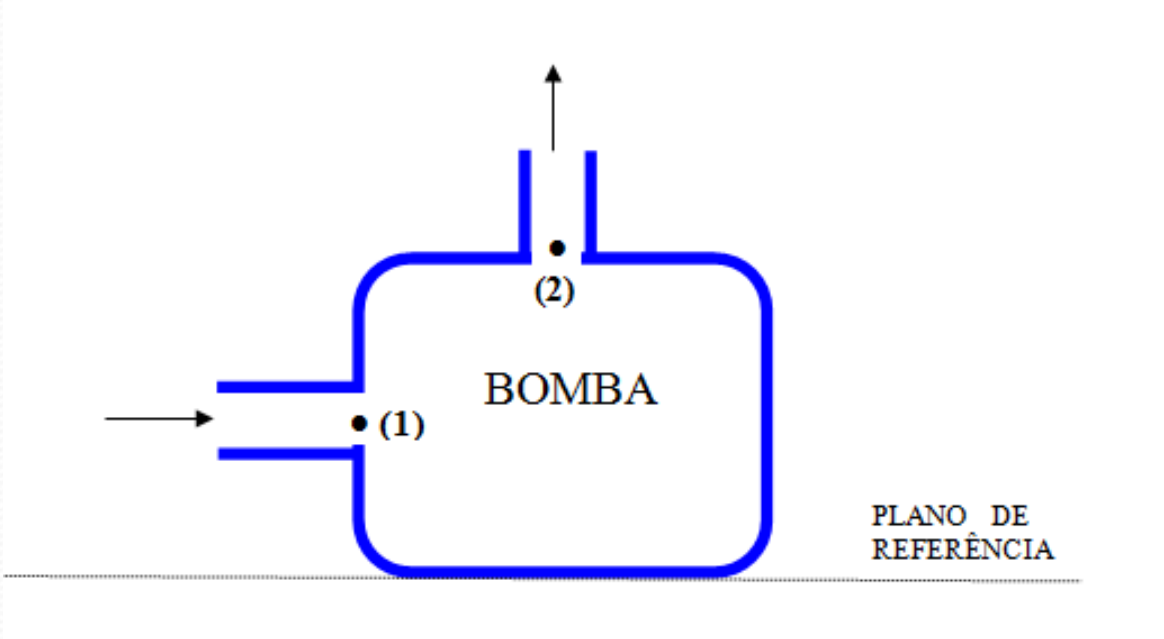
- **Máquinas Térmicas** – o fluido utilizado para promover o intercâmbio de energia varia sensivelmente de peso específico ao passar pela máquina (escoamento compressível).

CLASSIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS

- **Máquina Hidráulica Motora:**
  - Transforma energia hidráulica em energia mecânica. Exemplos: turbinas hidráulicas e rodas d'água.

- **Máquina Hidráulica Geradora:**
  - Transforma energia mecânica em energia hidráulica. Exemplos: bombas hidráulicas e ventiladores.

BOMBAS HIDRÁULICAS



$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + H_m = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

$$H_m = \underbrace{\frac{p_2 - p_1}{\gamma}}_{\text{Energia de pressão}} + \underbrace{\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}}_{\text{Energia cinética}} + \underbrace{(z_2 - z_1)}_{\text{Energia potencial}}$$

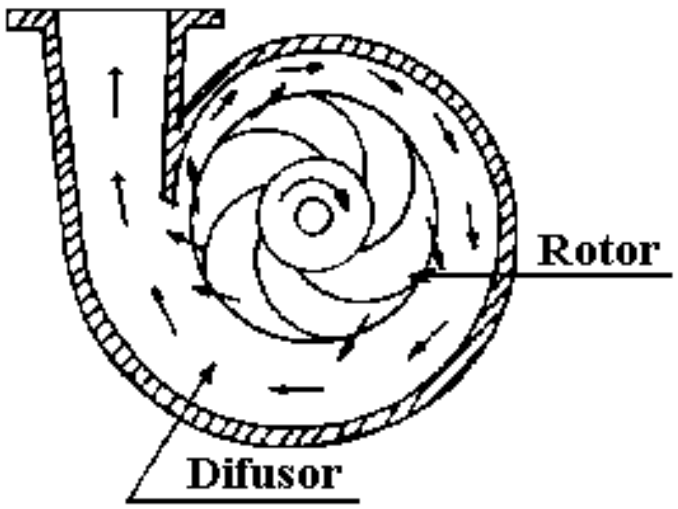
CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS HIDRÁULICAS

- **Bombas volumétricas:**
  - Órgão (êmbolo ou pistão) fornece energia ao fluido na forma de pressão;
  - Intercâmbio de energia é estático;
  - Movimento é alternativo;
  - Bombas de êmbolo ou pistão e de bombas de diafragma.

- **Turbobombas ou Bombas Hidrodinâmicas:**
  - Órgão (rotor) fornece energia ao fluido em forma de energia cinética;
  - Movimento é rotativo;
  - Bombas hidráulicas ou simplesmente bombas.

PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA BOMBA

- **ROTOR:**
- Órgão móvel que fornece energia ao fluido



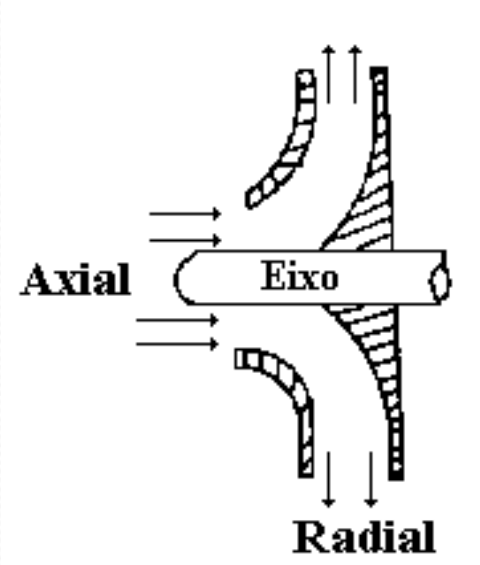
- **DIFUSOR:**
- Canal de seção crescente que recebe o encaminha à tubulação de recalque;
- Seção crescente no sentido do escoamento

CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

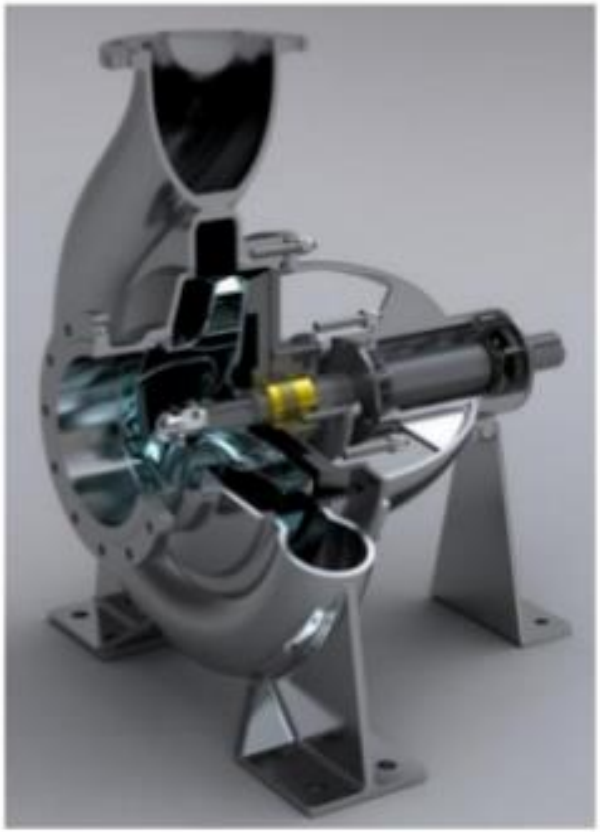
1. QUANTO À TRAJETÓRIA DO FLUIDO DENTRO DO ROTOR

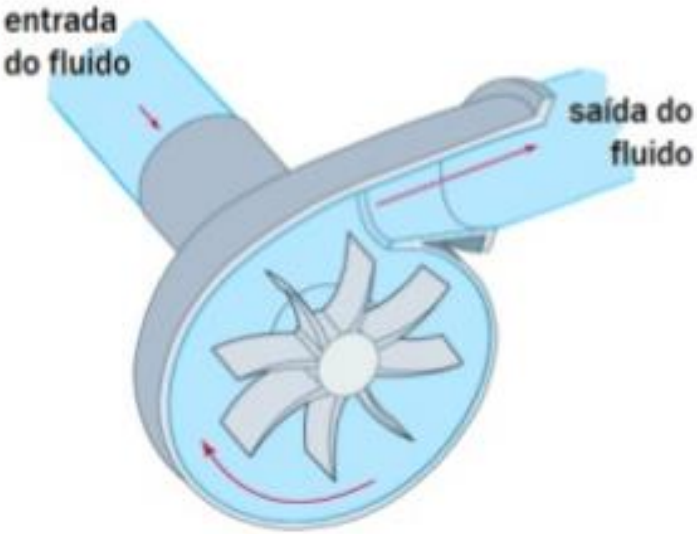
A. Bombas Radiais ou Centrífugas:

- Fluido entra no rotor na direção axial e sai na direção radial;
- Recalque de pequenas vazões a grandes desníveis;
- Força predominante: centrífuga.



➢ Bombas Radiais ou Centrífugas:

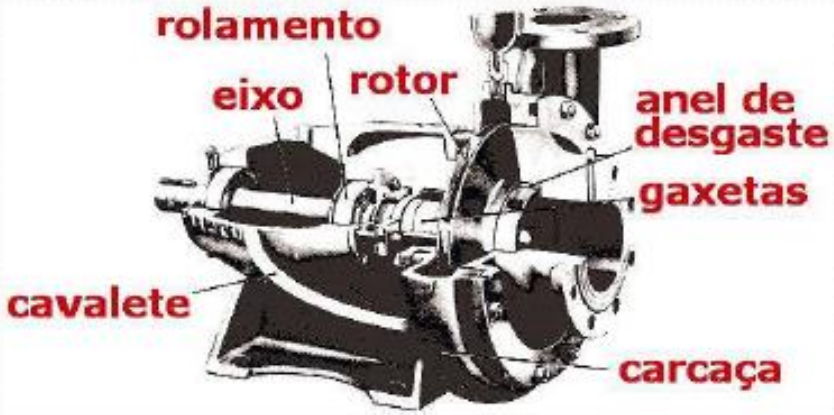




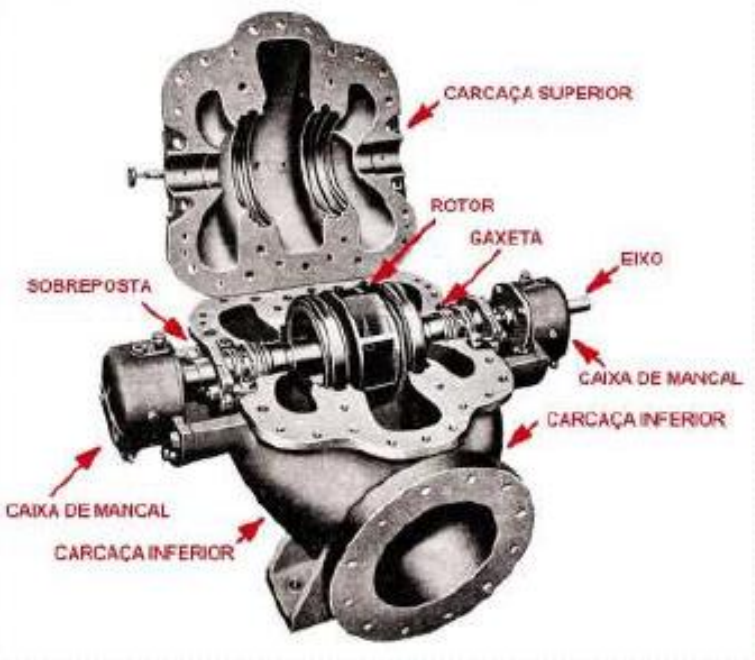
- **Bombas Radiais ou Centrífugas:**

BOMBAS CENTRÍFUGAS

Corte de uma bomba centrífuga horizontal de simples estágio



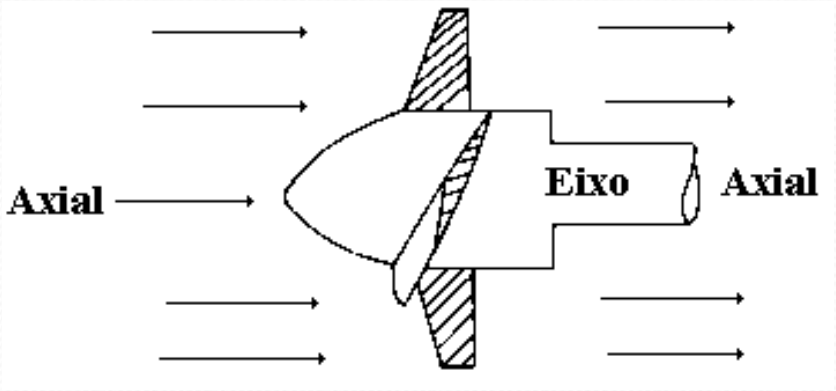
Corte de uma bomba centrífuga de simples estágio com rotor de dupla sucção



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

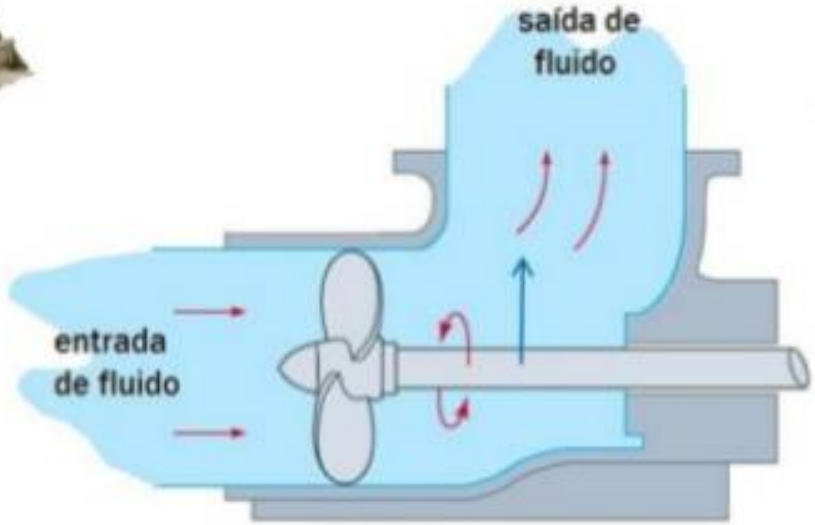
B. Bombas Axiais:

- Fluido entra no rotor na direção axial e sai também na direção axial;
- Recalque de grandes vazões a pequenos desníveis;
- Força predominante: sustentação.



- **Bombas Axiais:**

Usadas para bombeamento de fluidos com baixa temperatura e baixa densidade.

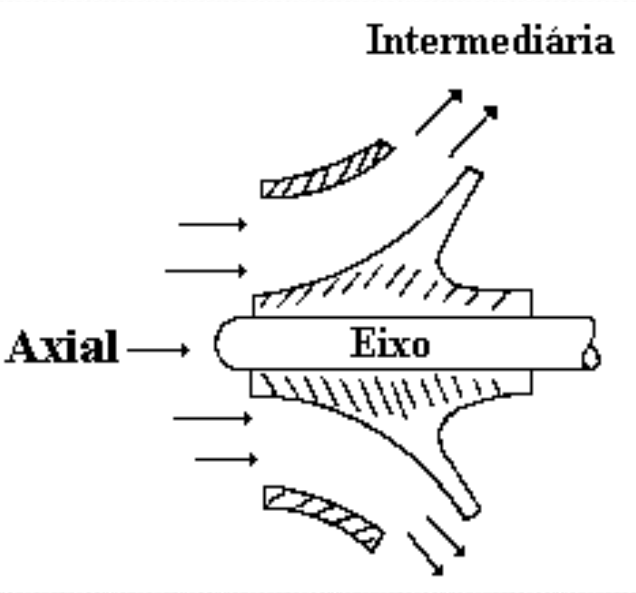


- **Bombas Axiais:**

- **Bombas Axiais:**

C. Bombas Diagonais ou de Fluxo Misto:

- Fluido entra no rotor na direção axial e sai numa direção intermediária entre a radial e a axial;
- Recalque de médias vazões a médios desníveis;
- Força predominante: centrífuga e sustentação.

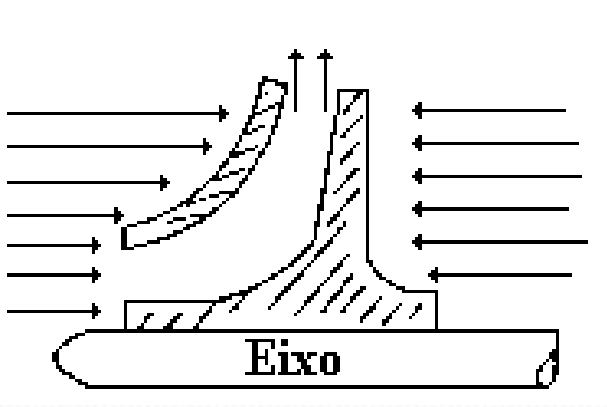


CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

2. QUANTO AO NÚMERO DE ENTRADAS PARA SUCÇÃO

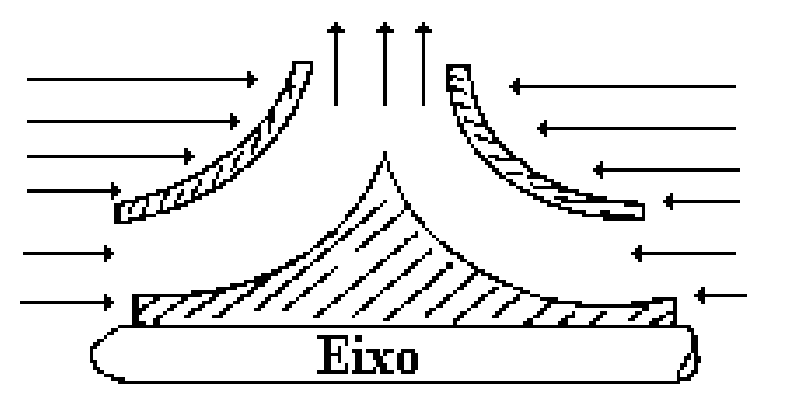
A. Bombas de Sucção Simples ou de Entrada Unilateral:

- Entrada do líquido por uma única boca de sucção



B. Bombas de Dupla Sucção ou de Entrada Bilateral:

- Entrada do líquido por duas bocas de sucção, paralelamente ao eixo de rotação;
- Equivalente a dois rotores simples montados em paralelo;
- Proporciona o equilíbrio dos empuxos axiais.



CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

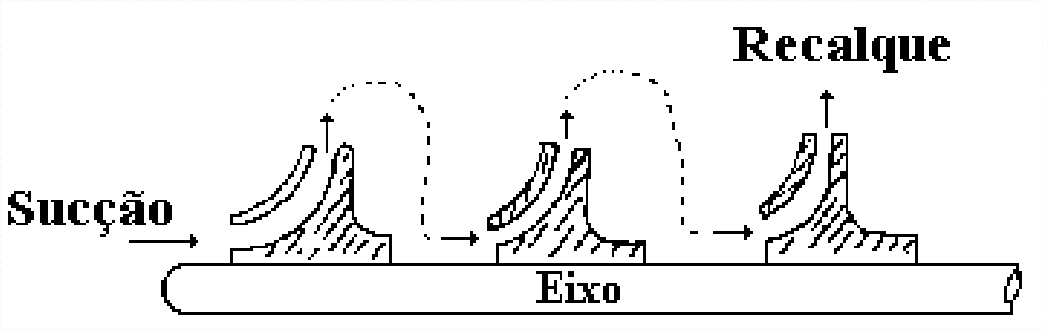
3. QUANTO AO NÚMERO DE ROTORES DENTRO DA CARCAÇA

A. Bombas de Simples Estágio ou Unicelular:

- Possui um único rotor dentro da carcaça

B. Bombas de Múltiplos Estágios ou Multicelular:

- Possui dois ou mais rotores dentro da carcaça
- Associação de rotores em série dentro da carcaça



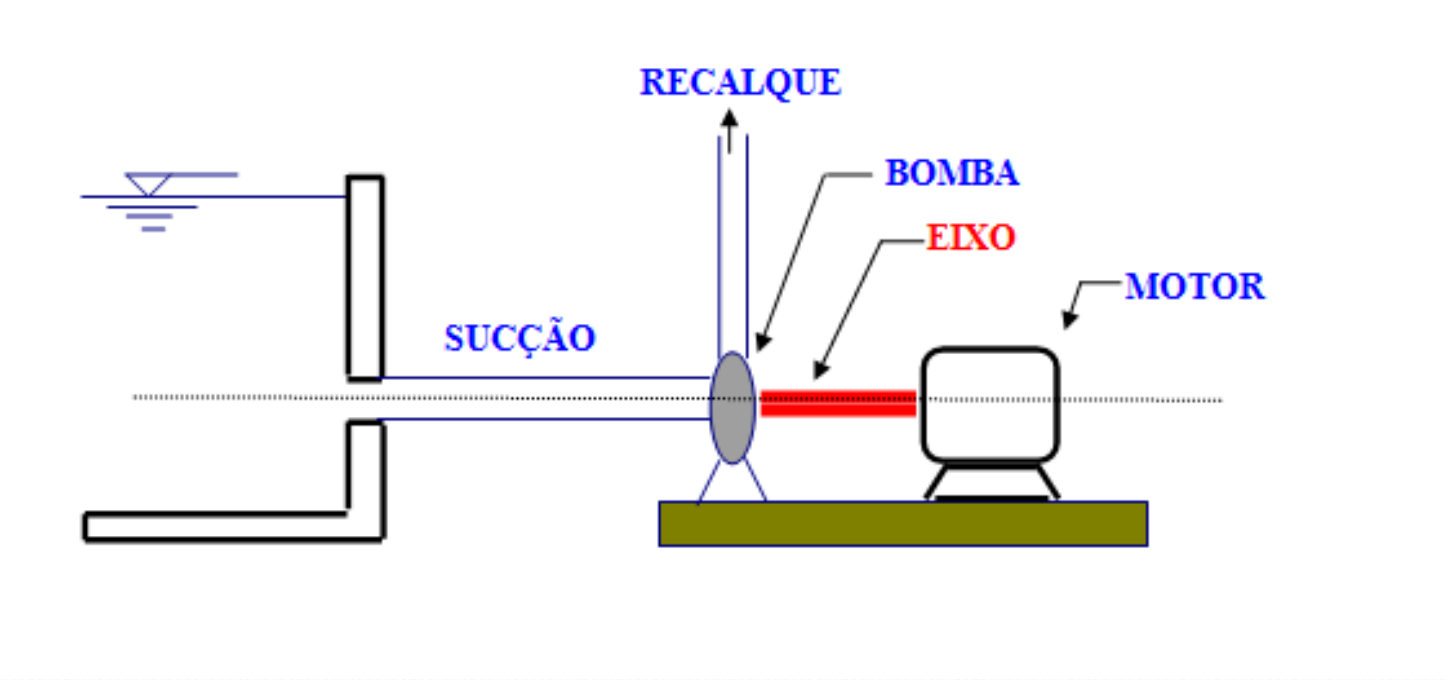
BOMBAS MULTIESTÁGIO

CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

4. QUANTO AO POSICIONAMENTO DO EIXO

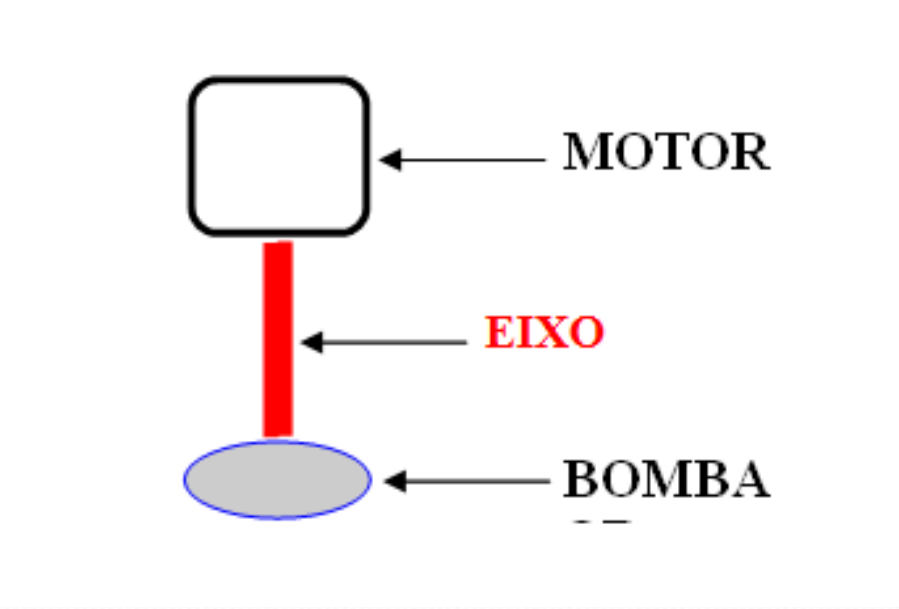
A. Bombas de Eixo Horizontal:

- Concepção construtiva mais comum



B. Bombas de Eixo Vertical:

- Usada na extração de água de poços profundos



CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

5. QUANTO À PRESSÃO DESENVOLVIDA

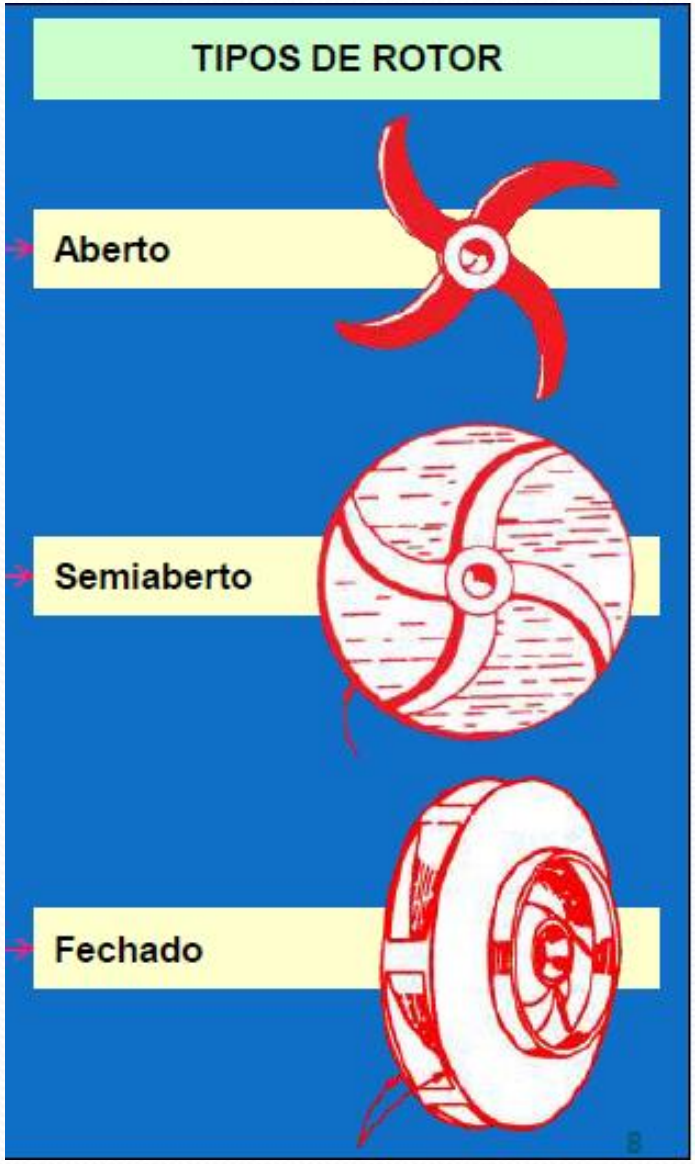
A. **Bombas de Baixa Pressão**: $H_m \leq 15$ m.c.a

B. **Bombas de Média Pressão:** $15 < H_m < 50$ m.c.a

C. **Bombas de Alta Pressão:** $H_m \geq 5O$ m.c.a

CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

6. QUANTO AO TIPO DE ROTOR



A. Rotor Aberto

B. Rotor Semi-aberto

C. Rotor Fechado

A. Rotor Aberto:

- Usado para bombas de pequenas dimensões;
- Pequena resistência estrutural;
- Grande recirculação de água;
- Usado para o bombeamento de líquidos sujos.

B. Rotor Semi-aberto:

- Possui apenas um disco onde as palhetas são afixadas

C. Rotor Fechado:

- Usado para bombeamento de líquidos limpos;
- Possui dois discos nos quais as palhetas são afixadas;
- Evita a recirculação de água;

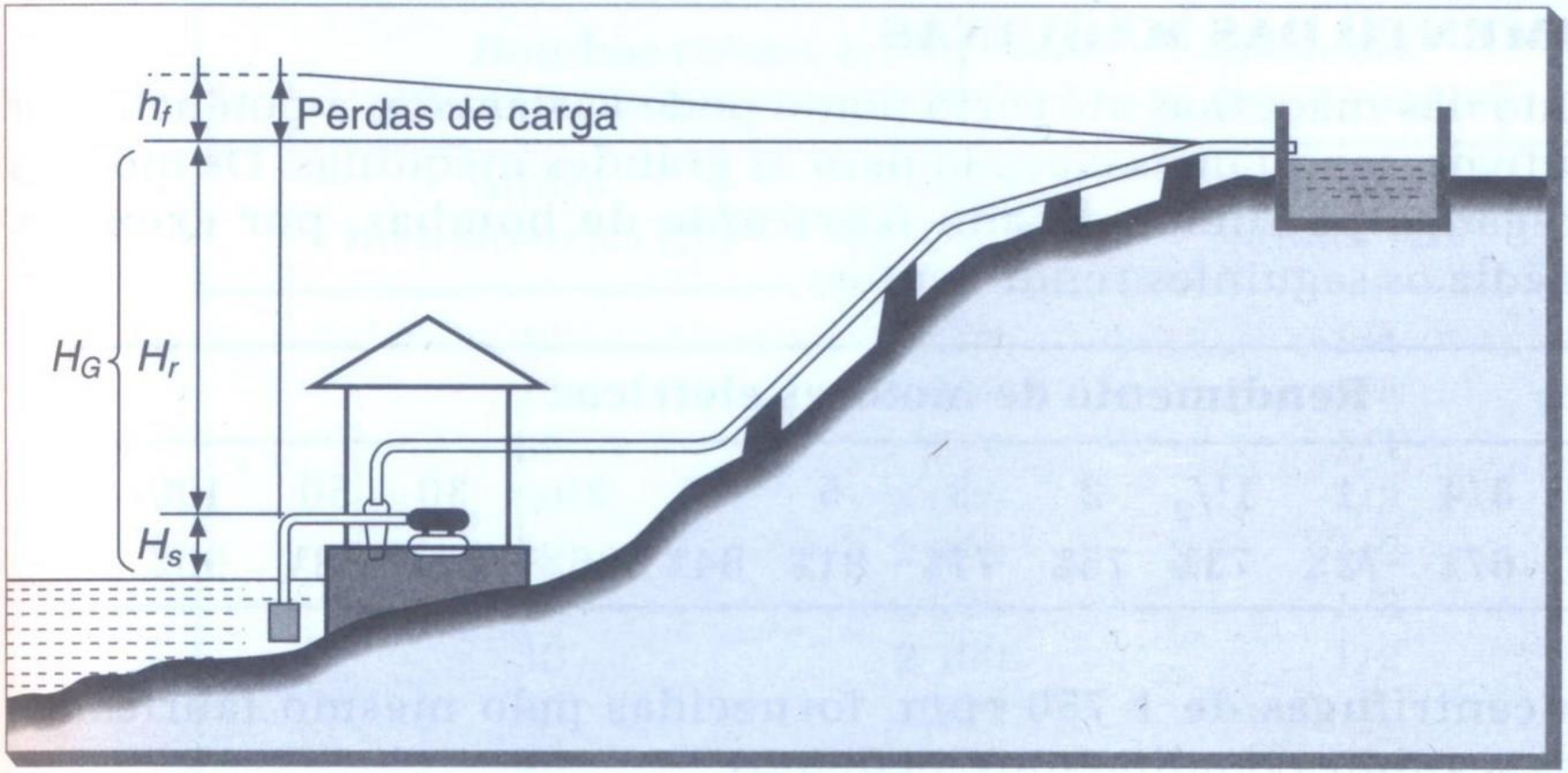
CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

7. **QUANTO A POSIÇÃO DO EIXO DA BOMBA EM RELAÇÃO AO NÍVEL D'ÁGUA**

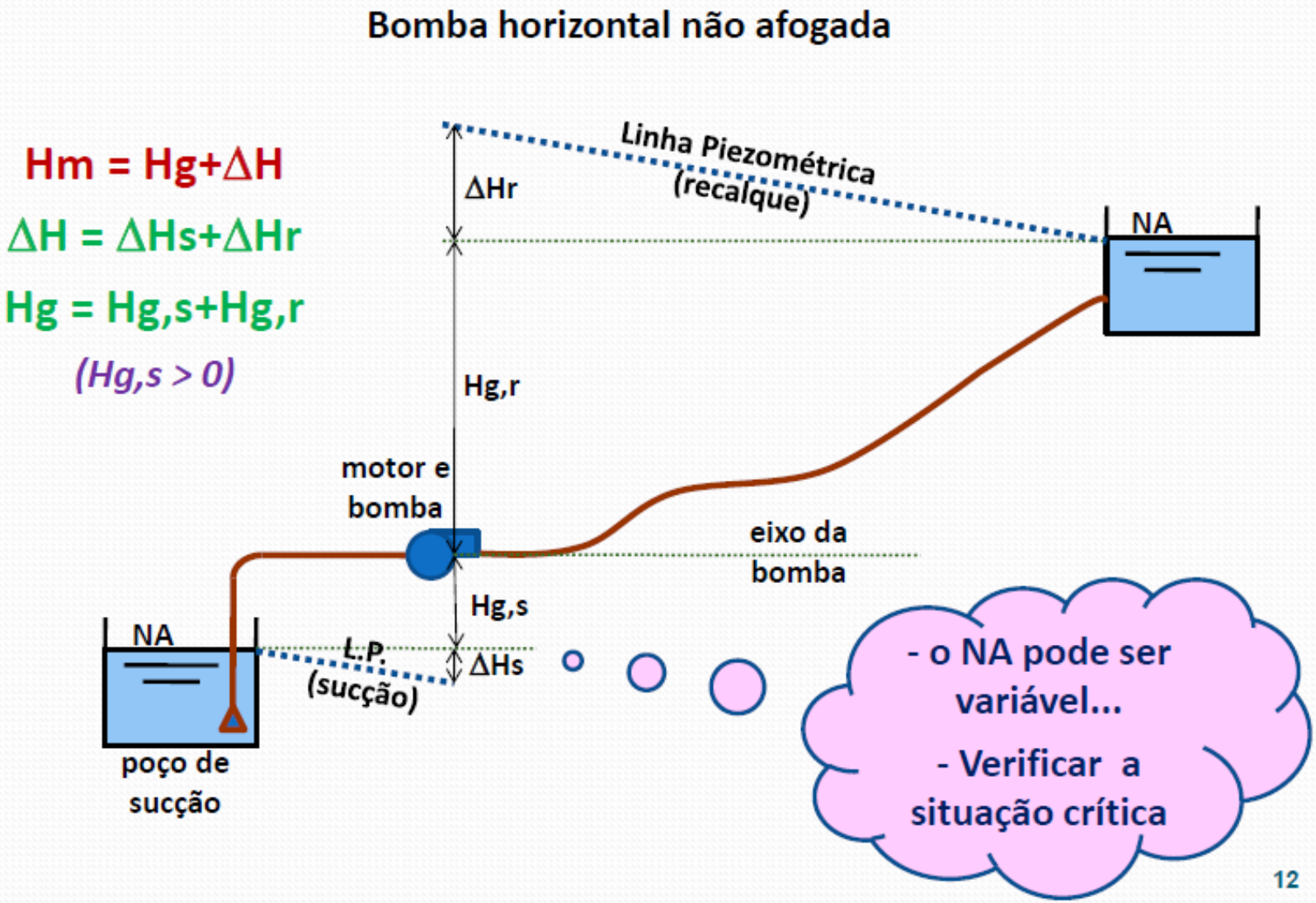
A. Bombas de Sucção Positiva: o nível da água do reservatório de sucção situa-se abaixo do eixo do conjunto motobomba.

B. Bombas de Sucção Negativa ou Afogada: o nível da água do reservatório de sucção situa-se acima do eixo do conjunto motobomba.

ESQUEMA HIDRÁULICO



ESQUEMA HIDRÁULICO



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

ESQUEMA HIDRÁULICO

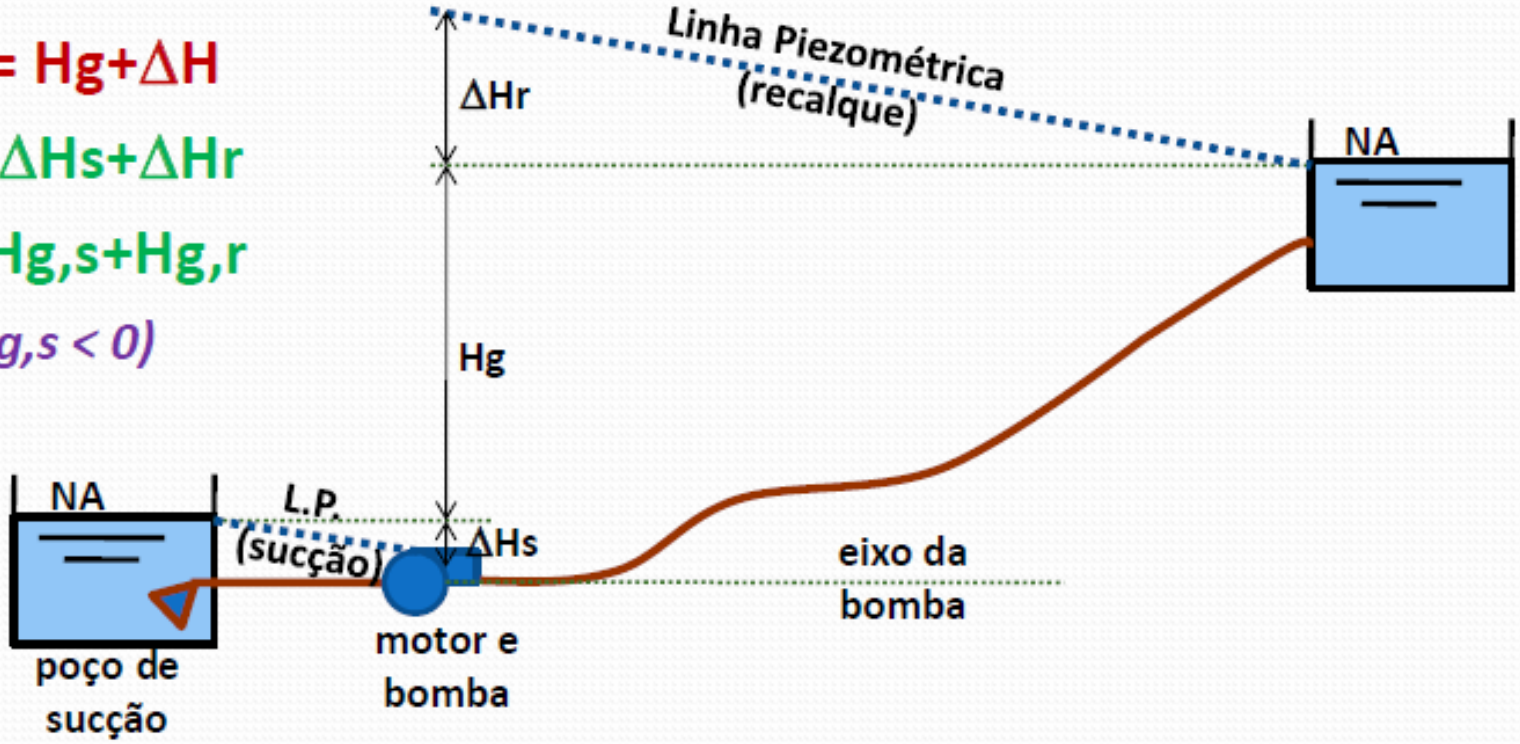
Bomba horizontal afogada

$$Hm = Hg + \Delta H$$

$$\Delta H = \Delta Hs + \Delta Hr$$

$$Hg = Hg,s + Hg,r$$

$$(Hg,s < 0)$$

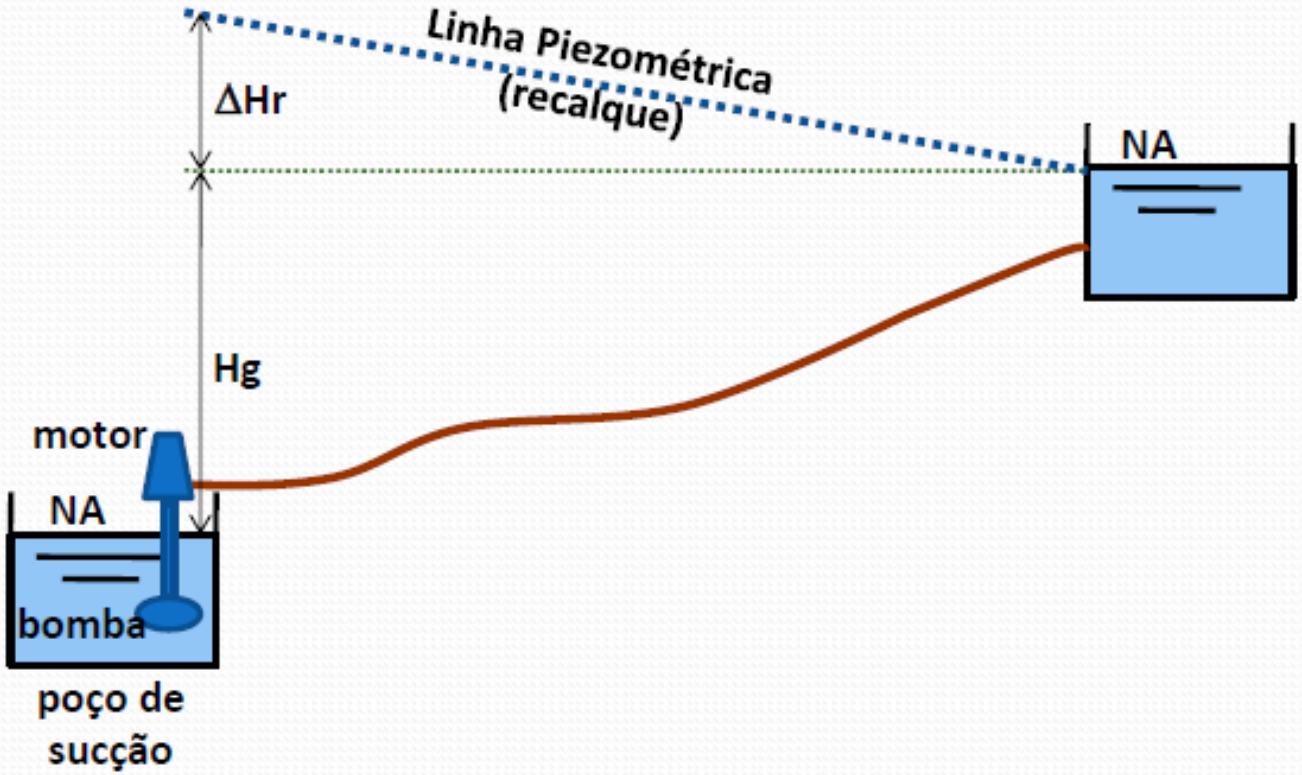


Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

ESQUEMA HIDRÁULICO

Bomba vertical afogada (e submersa)

$$Hm = Hg + \Delta Hr$$



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

ALTURA MANOMÉTRICA DA INSTALAÇÃO

1. PRIMEIRA EXPRESSÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA (Hm):

- Usada para bomba já instalada.

$$H_m = \frac{M - V}{\gamma}$$

2. SEGUNDA EXPRESSÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA (Hm):

- Usada para bomba a ser instalada (fase de projeto).

$$H_m = H_G + h_{t_{(1-2)}}$$

SELEÇÃO DA BOMBA

- **DEPENDE DA VAZÃO A SER RECALCADA E DA ALTURA MANOMÉTRICA DA INSTALAÇÃO.**

- **VAZÃO RECALCADA (Q):**

  - Consumo diário da instalação;
  - Jornada de trabalho da bomba;
  - Número de bombas em funcionamento.

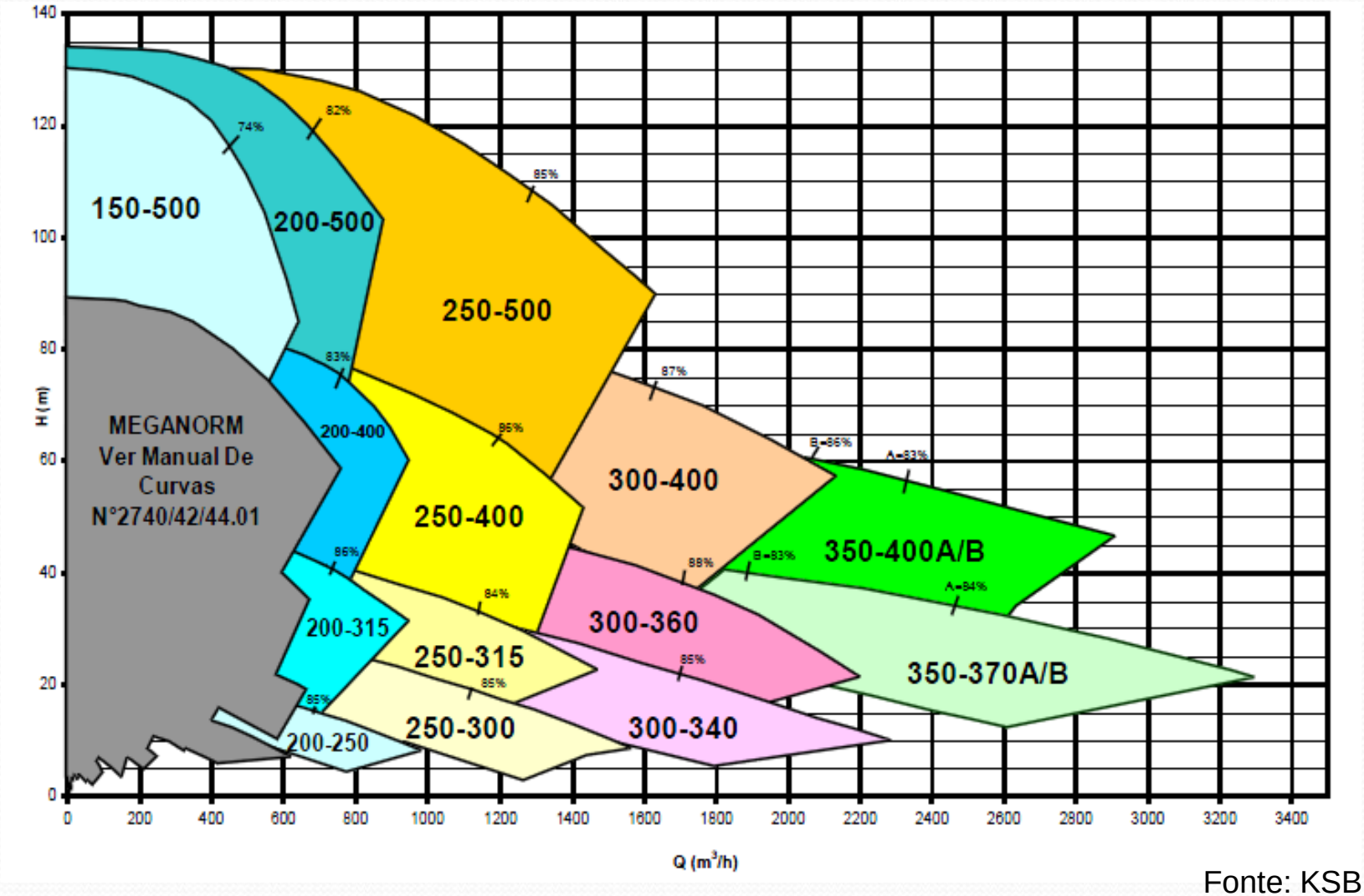
SELEÇÃO DA BOMBA

- **ALTURA MANOMÉTRICA DA INSTALAÇÃO (H_m)**

$$H_m = H_G + h_{t_{(1-2)}}$$

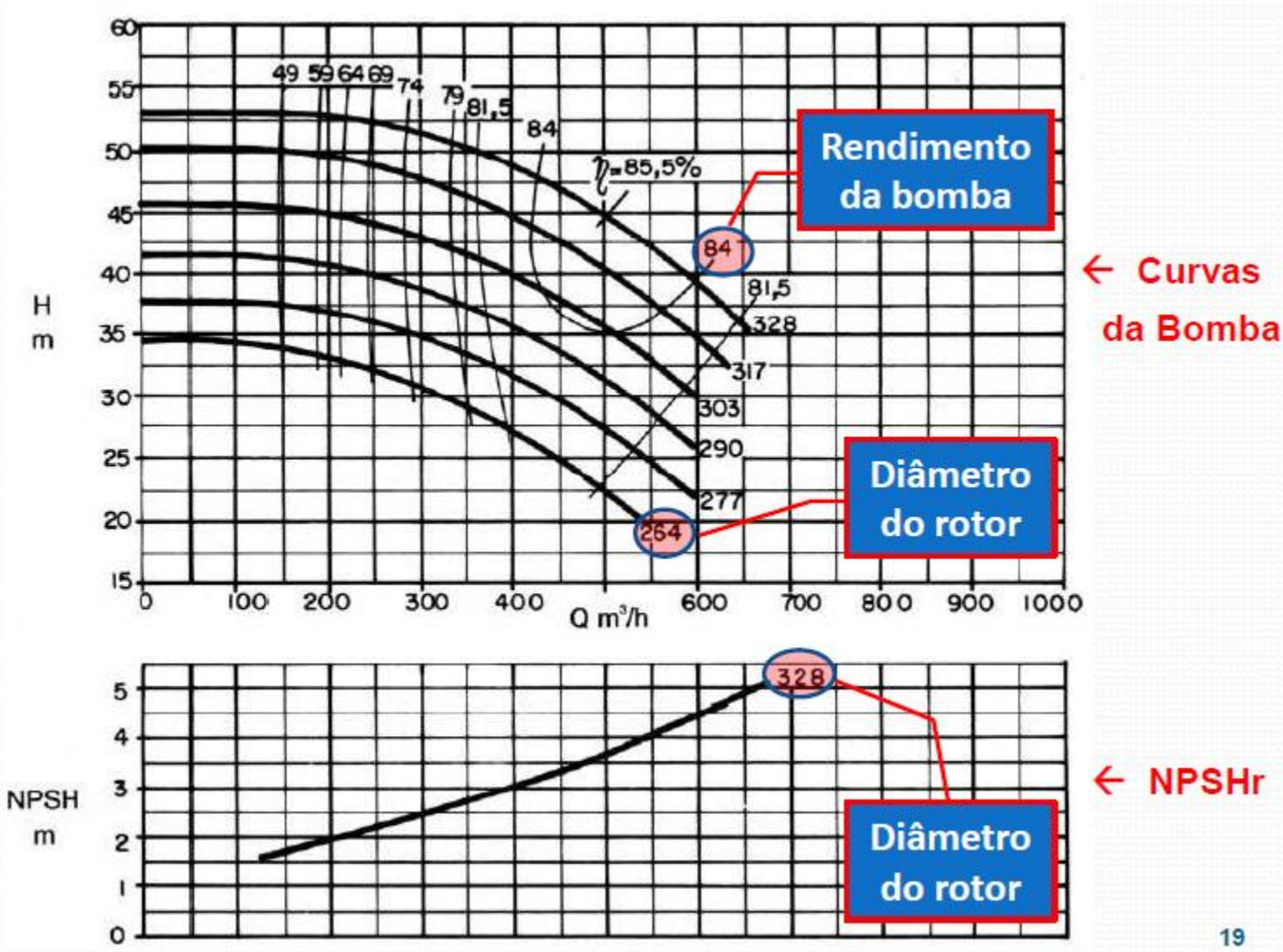
- Desnível geométrico da instalação (H_G): Levantamento topográfico do perfil do terreno.
- Perda de carga (ht):
- Comprimento das tubulações de sucção e recalque;
- Número de peças especiais na instalação;
- Conhecimento dos diâmetros de sucção e recalque

SELEÇÃO DA BOMBA – DIAGRAMA DE COBERTURA HIDRÁULICA



Fonte: KSB (2013)

CURVAS CARACTERÍSTICAS



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

DIÂMETRO DE RECALQUE

1. **FÓRMULA DE BRESSE**

   Funcionamento contínuo (24 h/dia)

$$D_R = K\sqrt{Q}$$

em que:

D_R - Diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q - Vazão (m^3/s);

K - Coeficiente econômico (varia de 0,8 a 1,3).

DIÂMETRO DE RECALQUE

QUADRO 11.3 — Fórmula de Bresse. $D = K\sqrt{Q}$
Diâmetro econômico das canalizações de recalque (funcionamento contínuo)

D mm	Q em ℓ/s			
	$K = 1{,}0$	$K = 1{,}2$	$K = 1{,}3$	$K = 1{,}5$
50	2,5	1,7	1,5	1,1
75	5,6	3,9	3,3	2,5
100	10	6,9	5,9	4,4
150	22,5	17,4	13,3	10
200	40	27,8	23,6	17,8
250	63	43	37	28
300	90	64	53	40
350	123	85	73	54
400	160	111	95	70
450	203	141	12	90
500	250	174	150	100
550	303	210	180	134
600	360	250	213	160

*Fonte: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto, 2010.

DIÂMETRO DE RECALQUE

2. **FÓRMULA DA ABNT (NB-92/66):**

Funcionamento intermitente ou não contínuo

$$D_R = 1{,}3 \left(\frac{T}{24}\right)^{0{,}25} \sqrt{Q}$$

em que:

D_R - Diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q - Vazão (m^3/s);

T - Número de horas de funcionamento por dia.

Velocidades Econômicas

- Sucção: $V_S < 1{,}5$ m/s (no máximo 2,0 m/s)
- Recalque: $V_R < 2{,}5$ m/s (no máximo 3,0 m/s)

$\mathbf{V_S = 1{,}0\ m/s}$ e $\mathbf{V_R = 2{,}0\ m/s}$

TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO

- **Usar diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque;**
- A canalização de sucção deve ser a mais curta possível, evitando ao máximo peças especiais, como curvas, cotovelos, etc.;
- A tubulação de sucção deve ser sempre ascendente até atingir a bomba;
- A altura máxima de sucção acrescida das perdas de carga deve satisfazer as especificações estabelecidas pelo fabricante.

POTÊNCIA NECESSÁRIA AO FUNCIONAMENTO DA BOMBA OU POTÊNCIA DE EIXO OU POTÊNCIA MECÂNICA (Pot)

$$Pot = \frac{\gamma \ Q \ H_m}{75 \ \eta_B}$$

em que:

Pot - Potência solicitada pela bomba (c.v.);

γ - Peso específico do fluido circulante (kgf/m^3);

Q - Vazão bombeada (m^3/s);

H_m - Altura manométrica da instalação (m);

η - Rendimento da bomba (decimal).

POTÊNCIA INSTALADA OU POTÊNCIA DO MOTOR OU POTÊNCIA DE PLACA OU POTÊNCIA NOMINAL (N)

- Deve-se admitir, na prática, uma certa folga para os motores elétricos

- N = Pot + Folga (margem de segurança)

- MOTORES A ÓLEO DIESEL $\Rightarrow$ Folga = 25%
- MOTORES A GASOLINA $\Rightarrow$ Folga = 50%
- MOTORES ELÉTRICOS $\Rightarrow$ Folga depende da “Pot”

POTÊNCIA INSTALADA (N) OU POTÊNCIA DO MOTOR

- Os seguintes acréscimos são recomendáveis para motores elétricos:

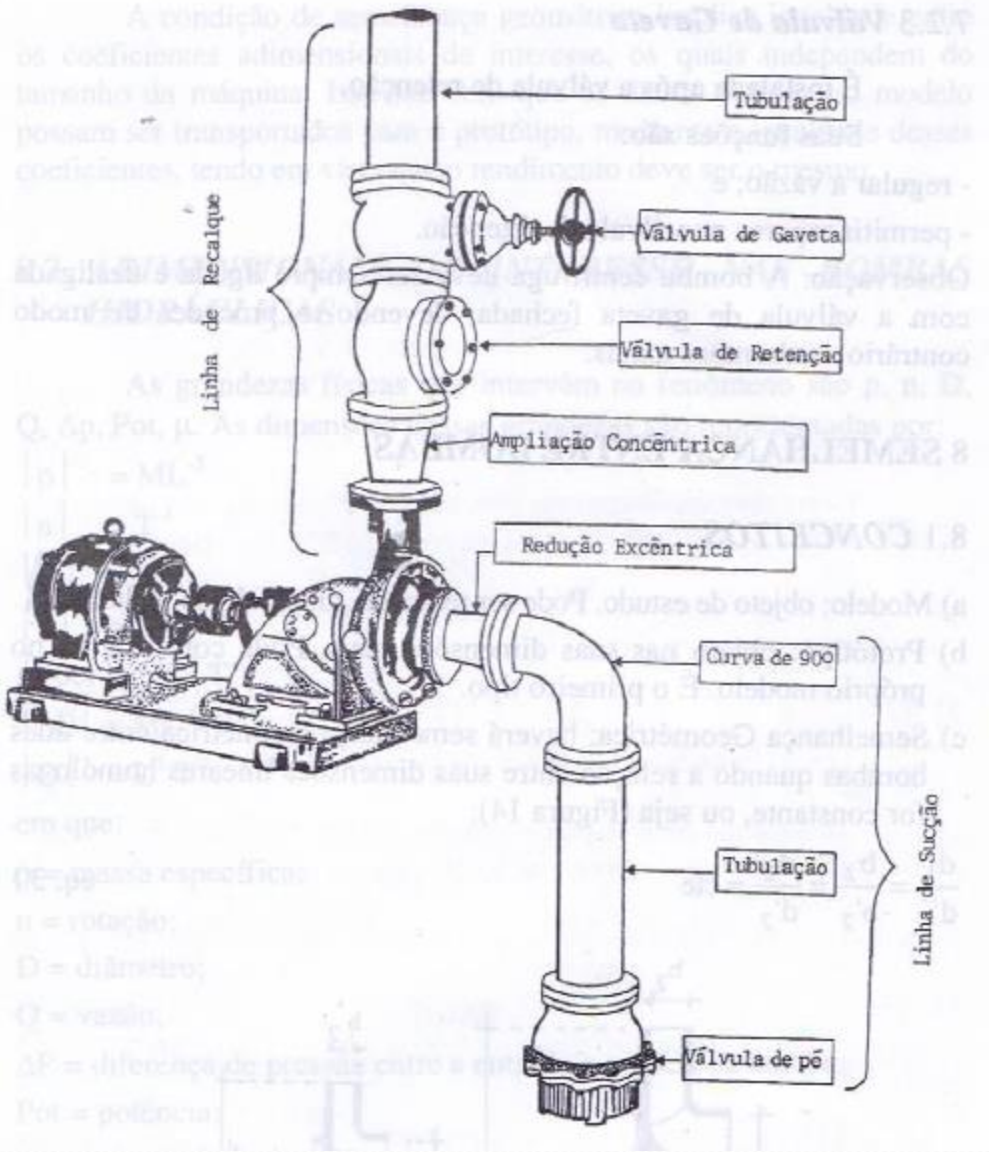
Potência exigida pela bomba (Pot)	Folga recomendável (%)
até 2,0 cv	50
2,0 a 5,0 cv	30
5,0 a 10,0 cv	20
10,0 a 20,0 cv	15
acima de 20,0 cv	10

POTÊNCIAS COMERCIAIS DOS MOTORES ELÉTRICOS NACIONAIS (em cv):

- Os motores elétricos brasileiros são normalmente fabricados com as seguintes potências:

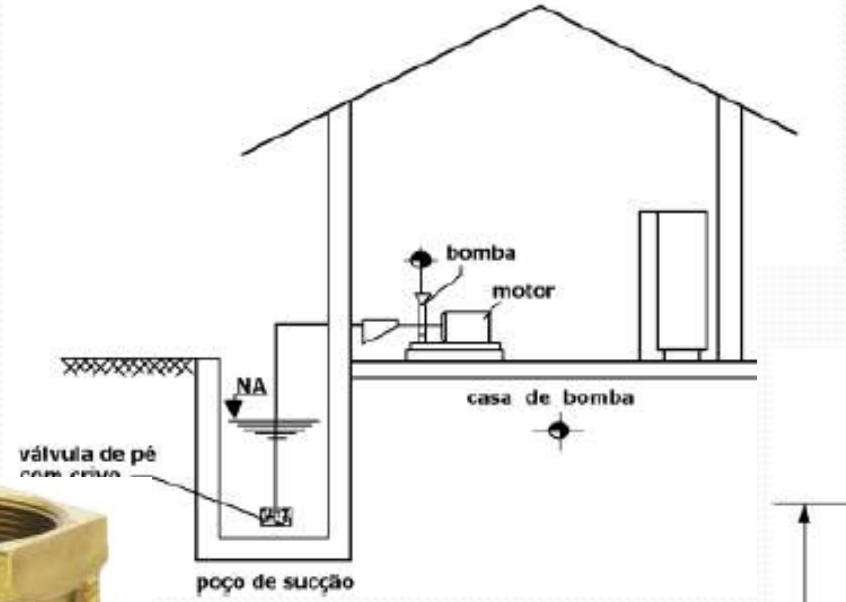
1/4	**3**	**20**	**60**
1/3	**5**	**25**	**100**
1/2	**6**	**30**	**125**
3/4	**71/2**	**35**	**150**
1	**10**	**40**	**200**
11/2	**12**	**45**	**250**
2	**15**	**50**	**300**

INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO TÍPICA

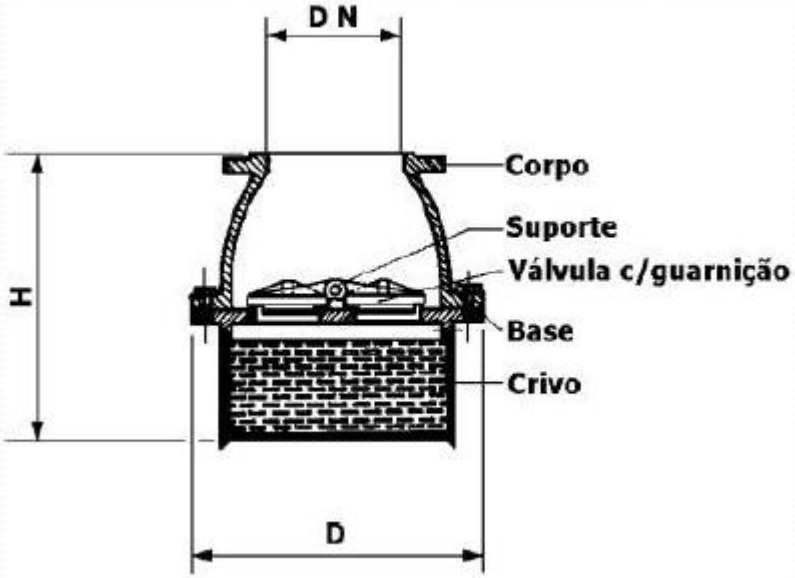


ACESSÓRIOS: VÁLVULA DE PÉ E CRIVO

Localização da válvula de pé na tubulação de sucção



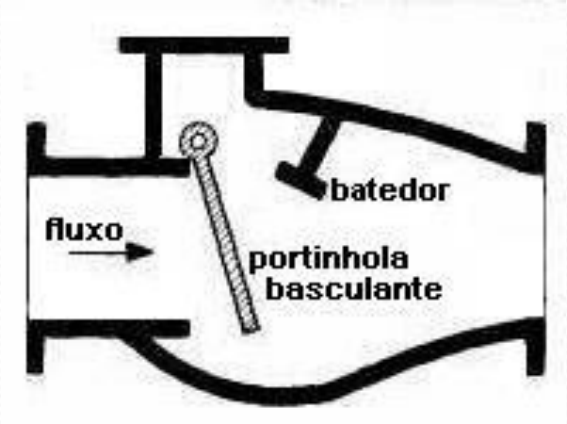
Válvula de pé com crivo



Válvula de pé com crivo

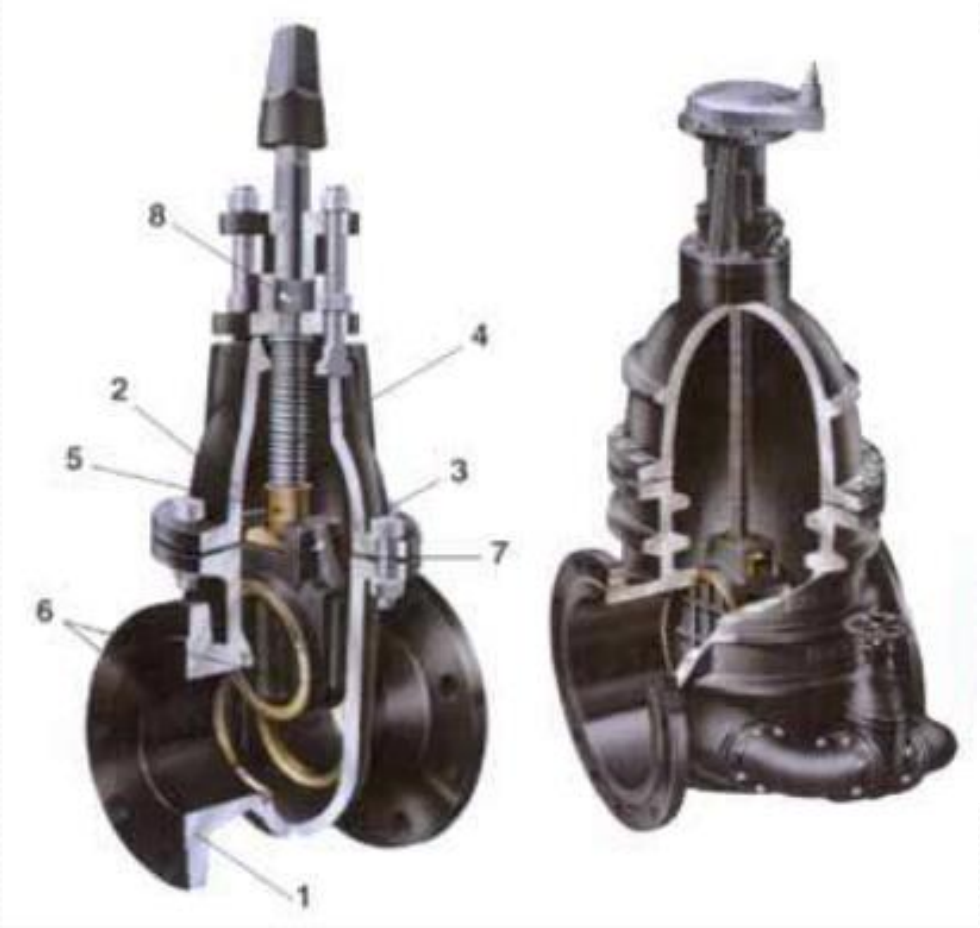
Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

ACESSÓRIOS: VÁLVULA DE RETENÇÃO



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

ACESSÓRIOS: REGISTRO DE GAVETA



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)