

Aula 8 – Bombas hidráulicas

Bombas hidráulicas

Conceito: São máquinas que comunicam ao líquido um acréscimo de energia

Classificação das bombas

Bombas volumétricas ou estáticas

→ pistão

→ diafragma

→ engrenagem

Escoamento ou dinâmicas

→ centrífuga

→ axiais

→ mistas

Elevação ou transporte

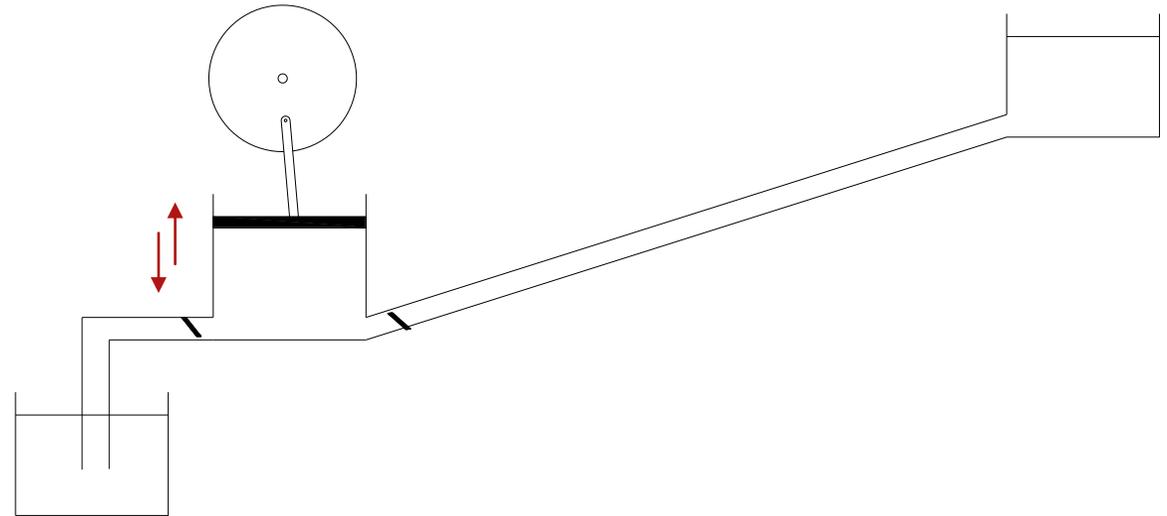
Bombas volumétricas

O volume de líquido em cada movimento é fixado pelas dimensões geométricas da bomba.

• Bomba de pistão

Líquidos limpos, sem sólidos em suspensão

- Encanamentos sem registros
- Aplicações: pulverização, injeção de fertilizantes, lavagem de carros



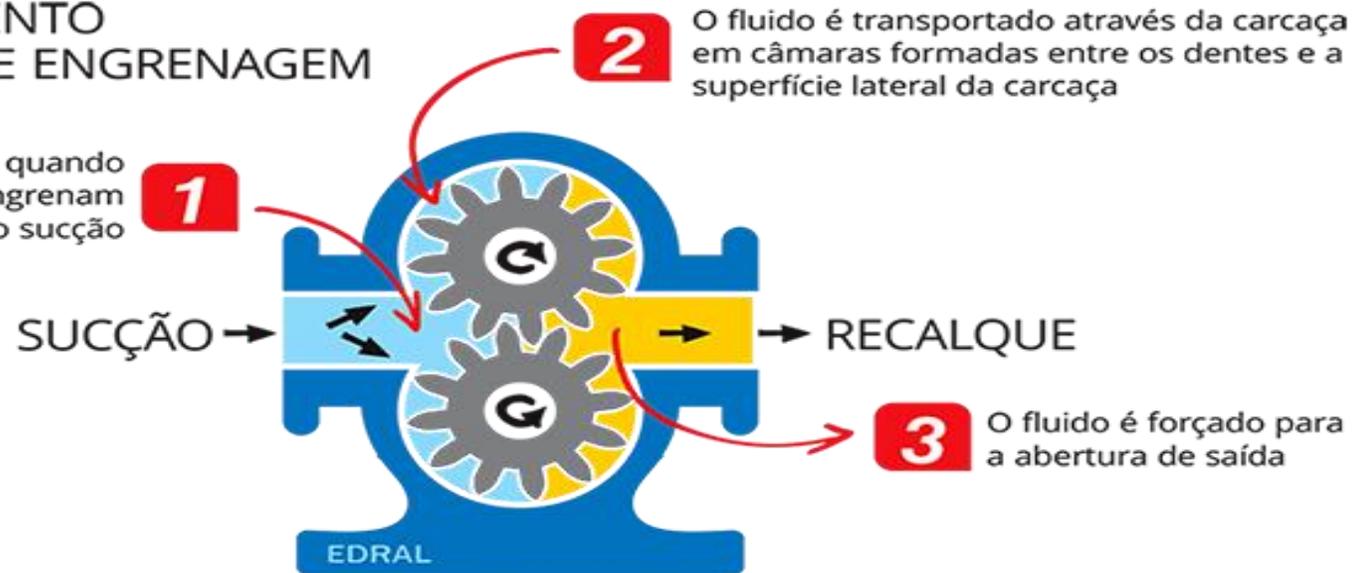
Bombas volumétricas

Bomba de engrenagens

Aplicações: lubrificação em veículos, líquidos viscosos

FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE ENGRENAGEM

O vácuo é criado quando os dentes se desengrenam gerando sucção

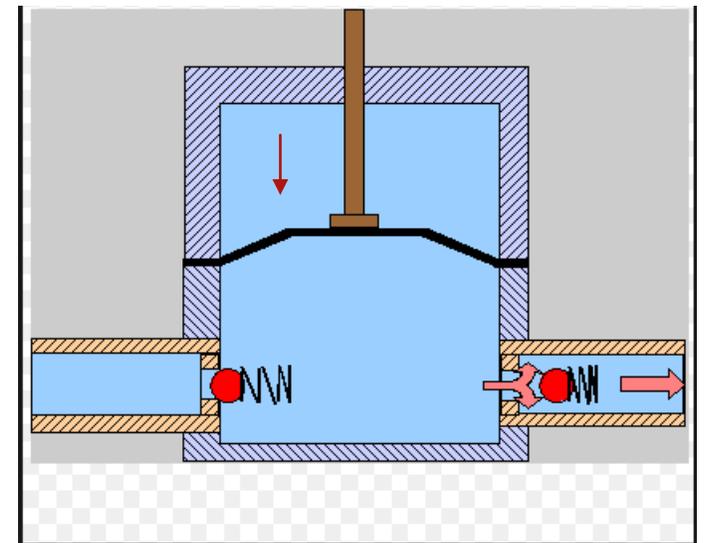
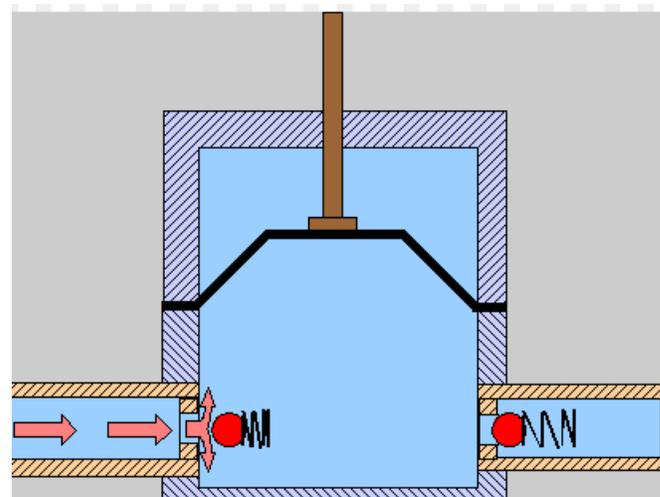
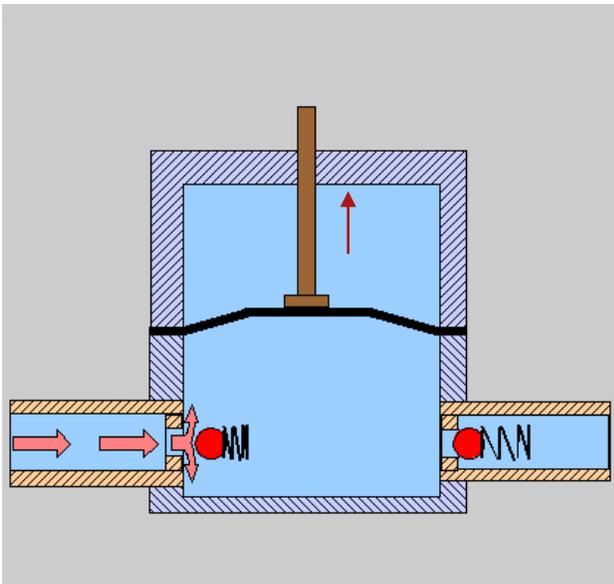


Bombas volumétricas

Bombas volumétricas: O volume de líquido em cada movimento é fixado pelas dimensões geométricas da bomba.

• Bomba de diafragma

Aplicações: laboratórios, poços rasos



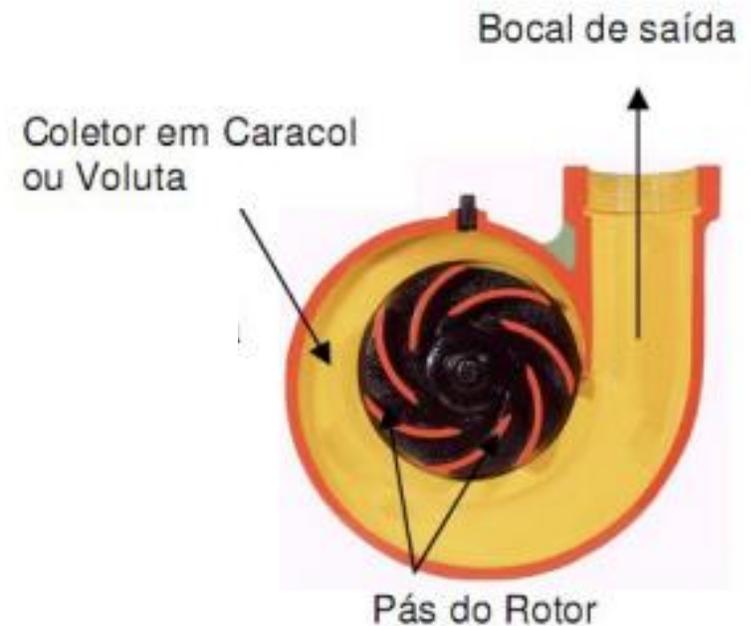
Bombas de escoamento dinâmico

Bombas centrífugas ou radiais: o aumento da pressão resulta da força centrífuga aplicada ao líquido por um rotor

Aplicações: irrigação, instalações prediais, combate

a incêndios etc.

- Maior rendimento em altas pressões

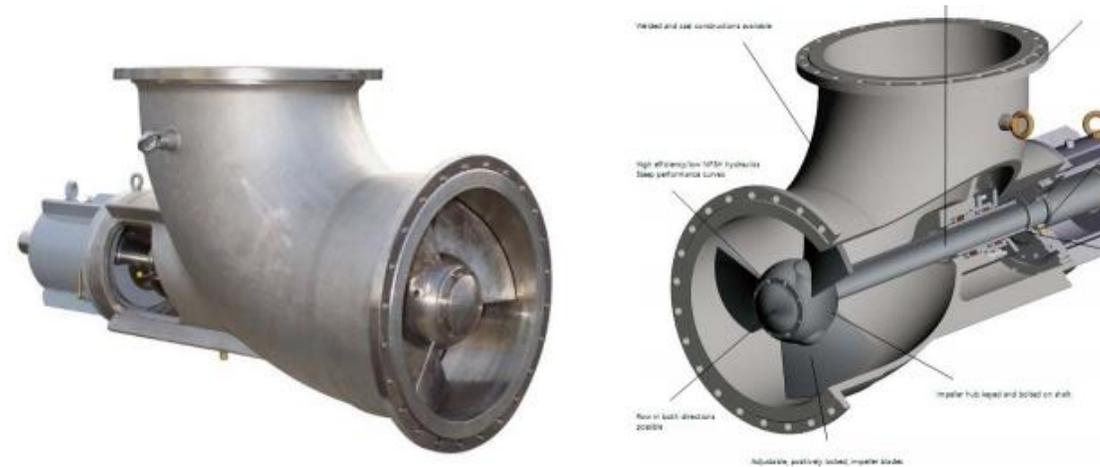


Bombas de escoamento dinâmico

Bombas axiais: o aumento da pressão resulta da força centrífuga aplicada ao líquido por um rotor

Aplicações: sistemas de drenagem

- Maior rendimento em baixas pressões

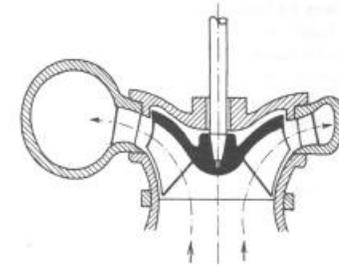
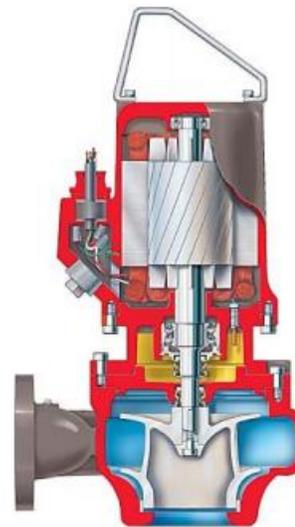


Bombas de escoamento dinâmico

c) Bombas mistas: o aumento da pressão resulta da força centrífuga aplicada ao líquido por um rotor

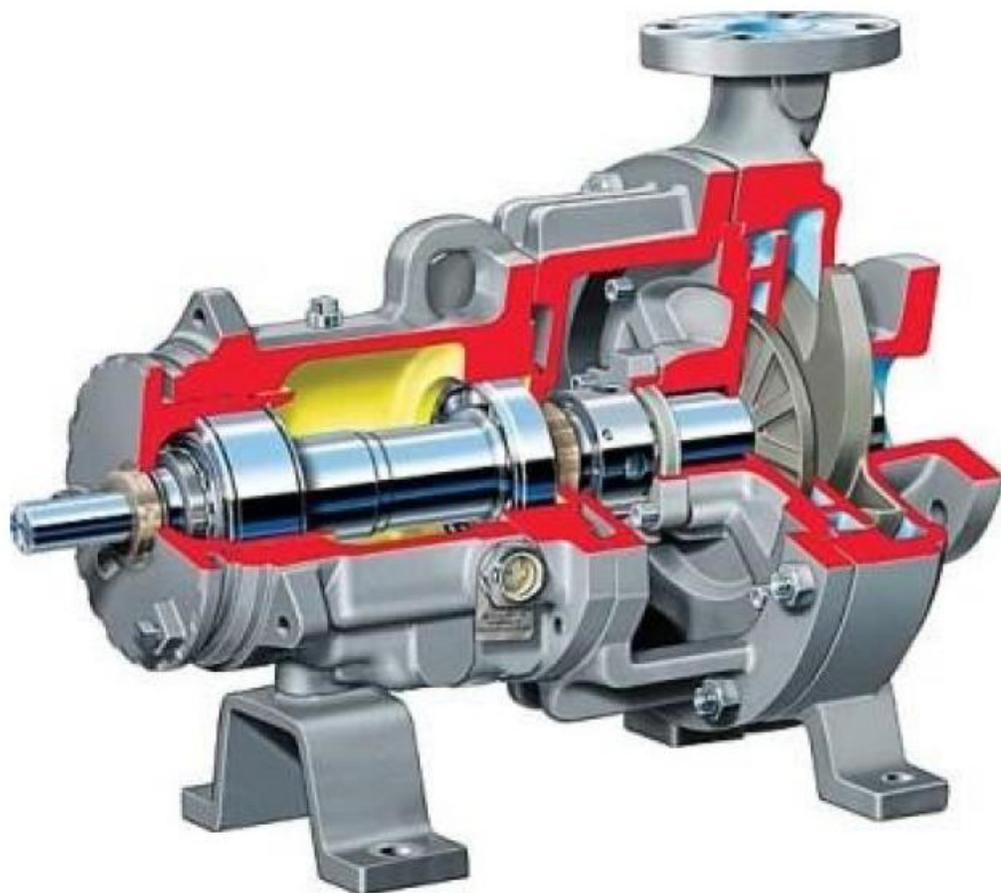
Aplicações: situações intermediárias entre as bombas centrífuga e axial

- Maior rendimento em pressões intermediárias



Bombas Hidrodinâmicas

Sistemas constituintes



SFH - Sistema Fixo Hidrodinâmico

- Carcaça, seção de entrada e seção de saída
- Função: guiar o líquido

SRH - Sistema Rotativo Hidrodinâmico

- Rotor, eixo e acoplamento motor-eixo
- Função: fornecer energia ao líquido

Bombas Hidrodinâmicas

Sistemas constituintes

Sistemas Auxiliares

a) Apoio: pelo menos 2 mancais



b) Vedação: isola o eixo na transição do meio externo para o interno

- Gaxeta – cordão de amianto entrelaçado. Ajustes devido ao desgaste
- - Selo mecânico – estanque, sem ajustes



c) Lubrificação: óleo , graxa

- Grandes bombas possuem lubrificação forçada

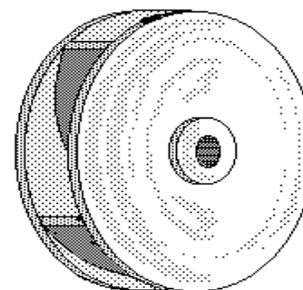
Bombas Hidrodinâmicas

Rotores

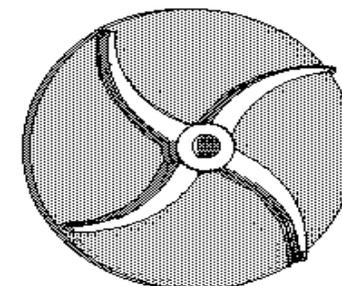
Tipos

Abertos: líquidos com sólidos em suspensão

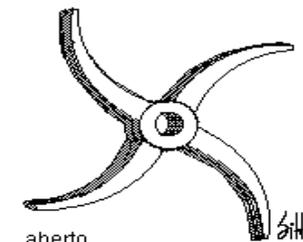
Fechados: líquidos sem sólidos em suspensão



fechado



semi aberto



aberto



Bombas Hidrodinâmicas

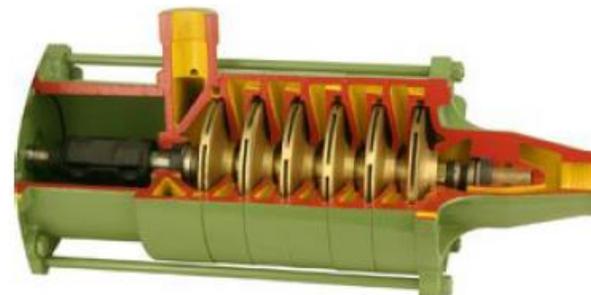
Rotores

Número

a) Monoestágio: apenas um rotor



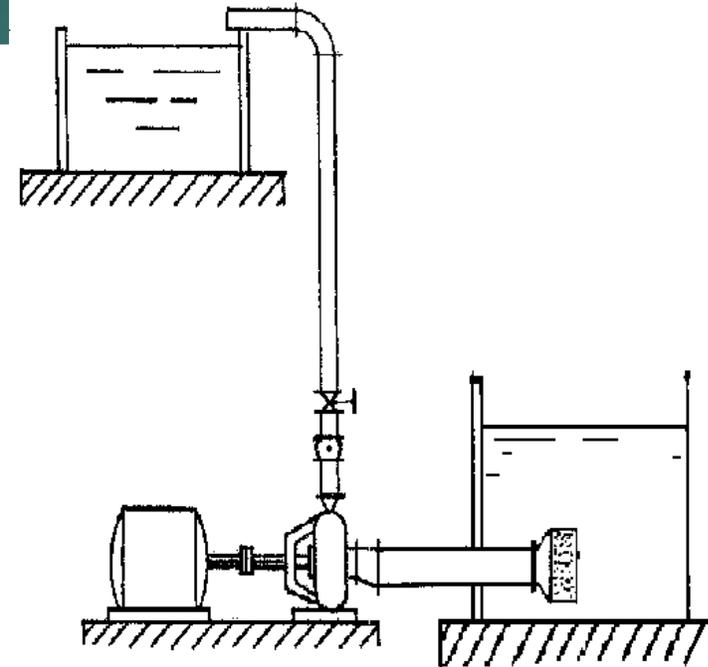
b) Multiestágio: mais de um rotor (pressões mais elevadas)



Classificação

Afogada:

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

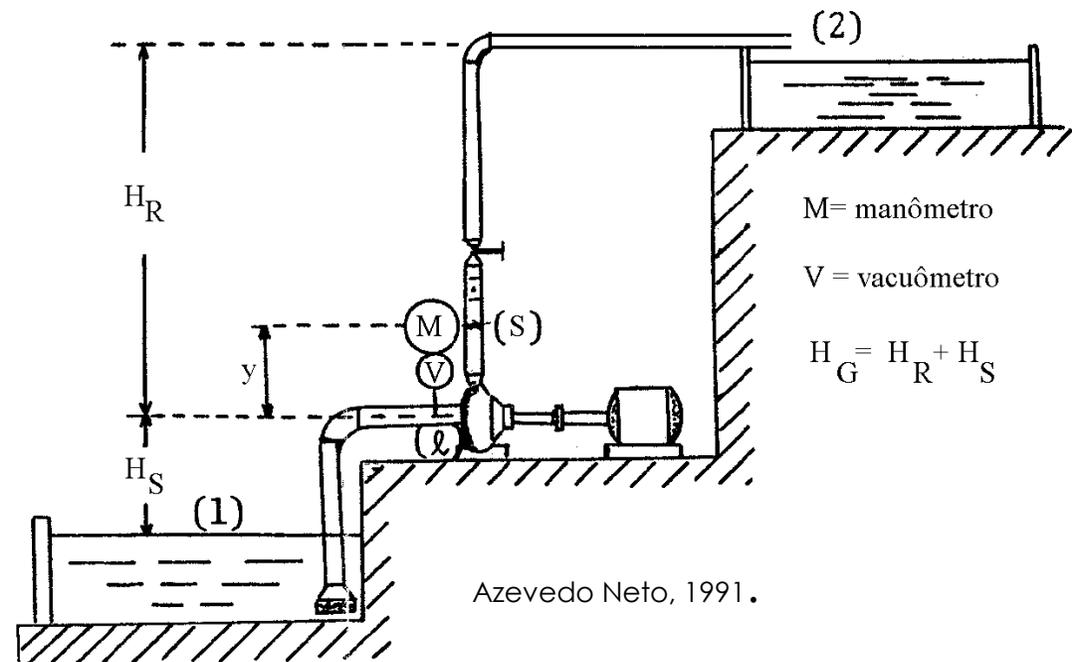


Azevedo Neto, 1991.

Classificação

Não Afogada:

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



Terminologia

SUCÇÃO

HgS – altura geométrica de sucção

hfS – perda de carga na sucção

HmS – altura manométrica de sucção

$$HmS = HgS + hfS$$

RECALQUE

HgR – altura geométrica de recalque

hfR – perda de carga no recalque

HmR – altura manométrica de recalque

$$HmR = HgR + hfR$$

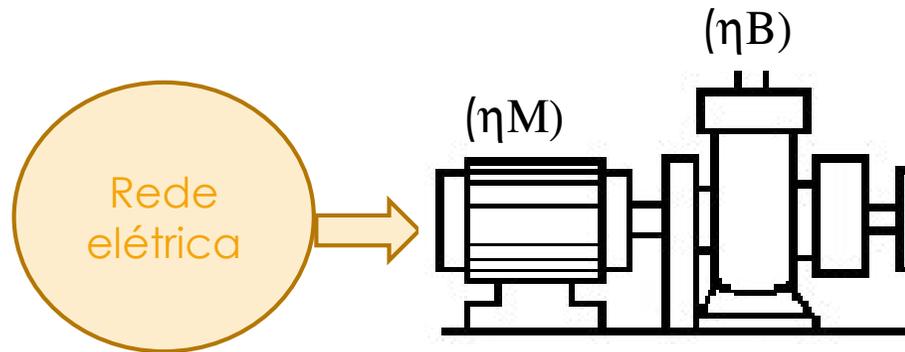
SISTEMA DE BOMBEAMENTO

HmT

altura manométrica total

$$HmT = HmS + HmR$$

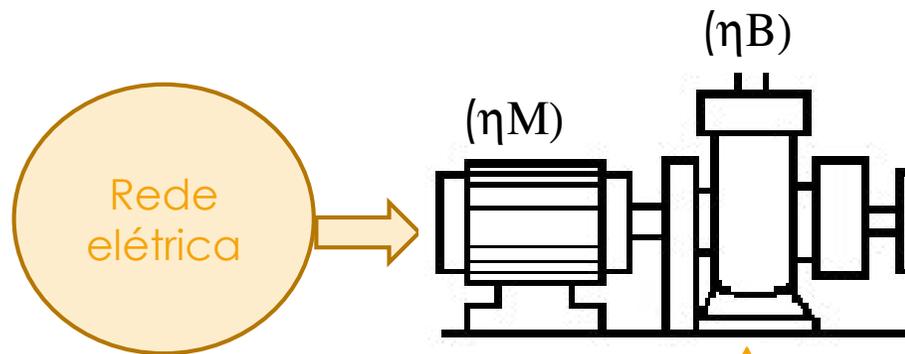
Potências e Rendimentos



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



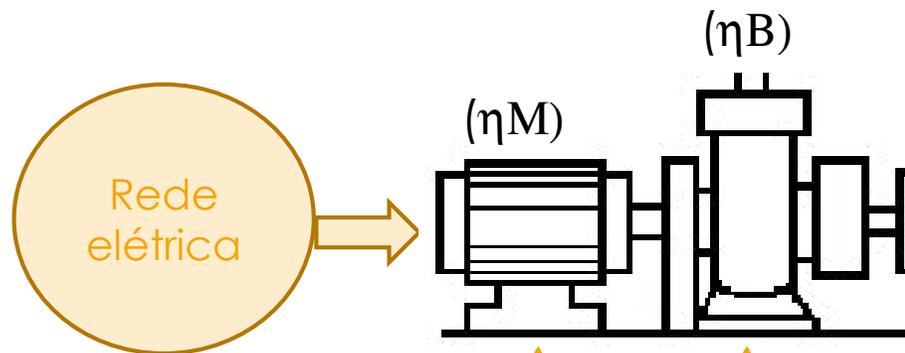
Potência hidráulica = PotHidr

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

Potência absorvida pela bomba = PAB

$$PAB (cv) = \frac{PotHidr}{\eta_B}$$

Potências e Rendimentos



Potência hidráulica = PotHidr

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

Potência absorvida pelo motor = PAM

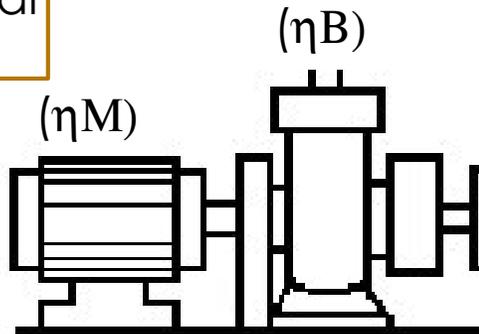
$$PAM(cv) = \frac{PotHidr}{\eta_B * \eta_M}$$

Potência absorvida pela bomba = PAB

$$PAB(cv) = \frac{PotHidr}{\eta_B}$$

Potências e Rendimentos

Potência nominal do motor elétrico comercial



Potência hidráulica = PotHidr

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

Potência absorvida pelo motor = PAM

$$PAM = \frac{PotHidr}{\eta_B * \eta_M}$$

Potência absorvida pela bomba = PAB

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

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:

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

Exemplo:

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

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

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

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

*Potência nominal motor elétrico (entre 1,61 e 15 cv) → folga de 20% → $11,91 * 1,20 = 11,42 cv$*

motor elétrico comercial → 12,5 cv

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

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

CAVITAÇÃO

- ▶ Fenômeno em que o líquido atinge pressão inferior à P_{atm} , de tal maneira que se torna inferior à H_v .
- ▶ O líquido entra em ebulição à temperatura ambiente e transforma-se em vapor.
- ▶ Em seguida, recebe um acréscimo de energia das pás do rotor e a pressão torna-se superior à P_{atm} . Nesse momento ocorre uma explosão de curta duração, mas de grande intensidade.
- ▶ - Efeito: erosão de partículas metálicas da cavidade de bombeamento e do rotor

CAVITAÇÃO

- ▶ Para evitar a cavitação: $NPSH_d > NPSH_r$
- ▶ Altura máxima de sucção: $Hg_{s\ max}$
- ▶ Casa de bombas flutuante ou móvel; Bomba auxiliar em série

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

NPSHr (requerido)

Limite de pressão de sucção no qual o desempenho em perda de carga total da bomba é reduzido em 3%, devido à cavitação.

É a energia que deve estar disponível no interior da bomba para evitar a cavitação

NPSHr é fornecido pelo fabricante

Exemplo:

► Altitude = 900 m

Líquido: água a 30°C ($H_v = 0,433$ mca) $Q = 35$ m³/h

Sucção: $H_{gs} = 4$ m $h_{fs} = 1$ mca

NPSHr = 6 mca (catálogo)

► Pede-se:

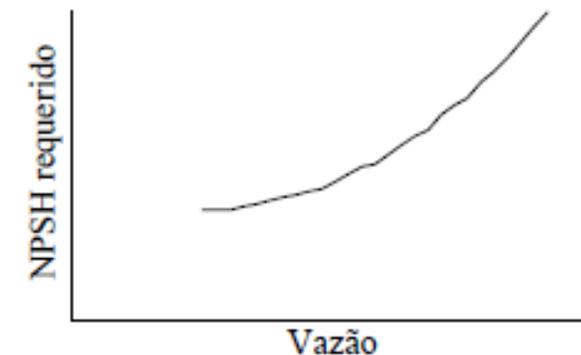
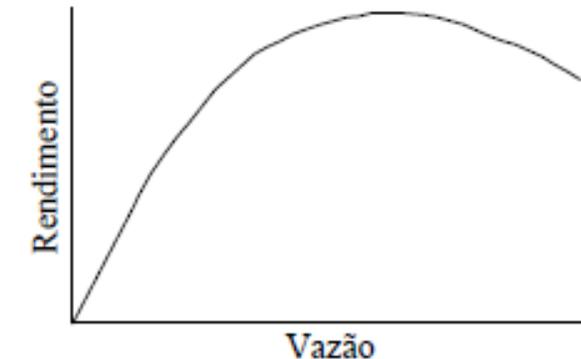
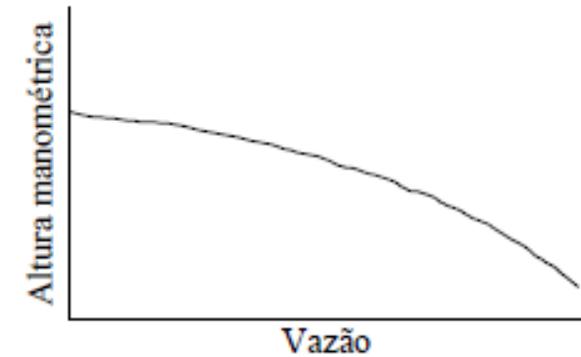
a) O NPSH_d

b) Verificar se haverá cavitação

c) Determinar a máxima H_{gs} para evitar a cavitação

Curvas Características da Bomba

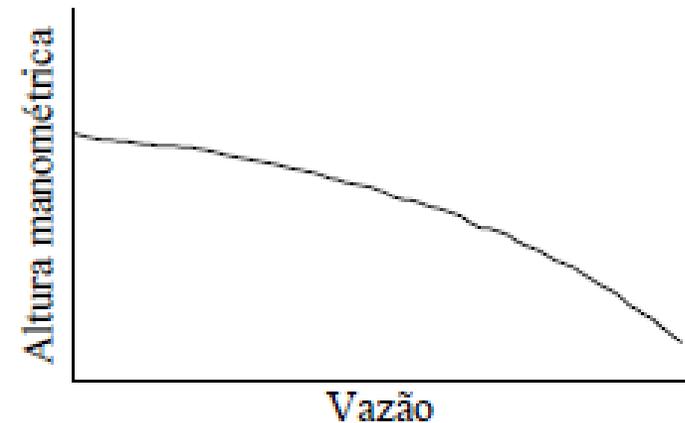
- ▶ São curvas provenientes de ensaios de bombas a uma rotação constante.
- ▶ Rotações mais utilizadas (rotação dos motores elétricos): 3500 RPM; 1750 RPM

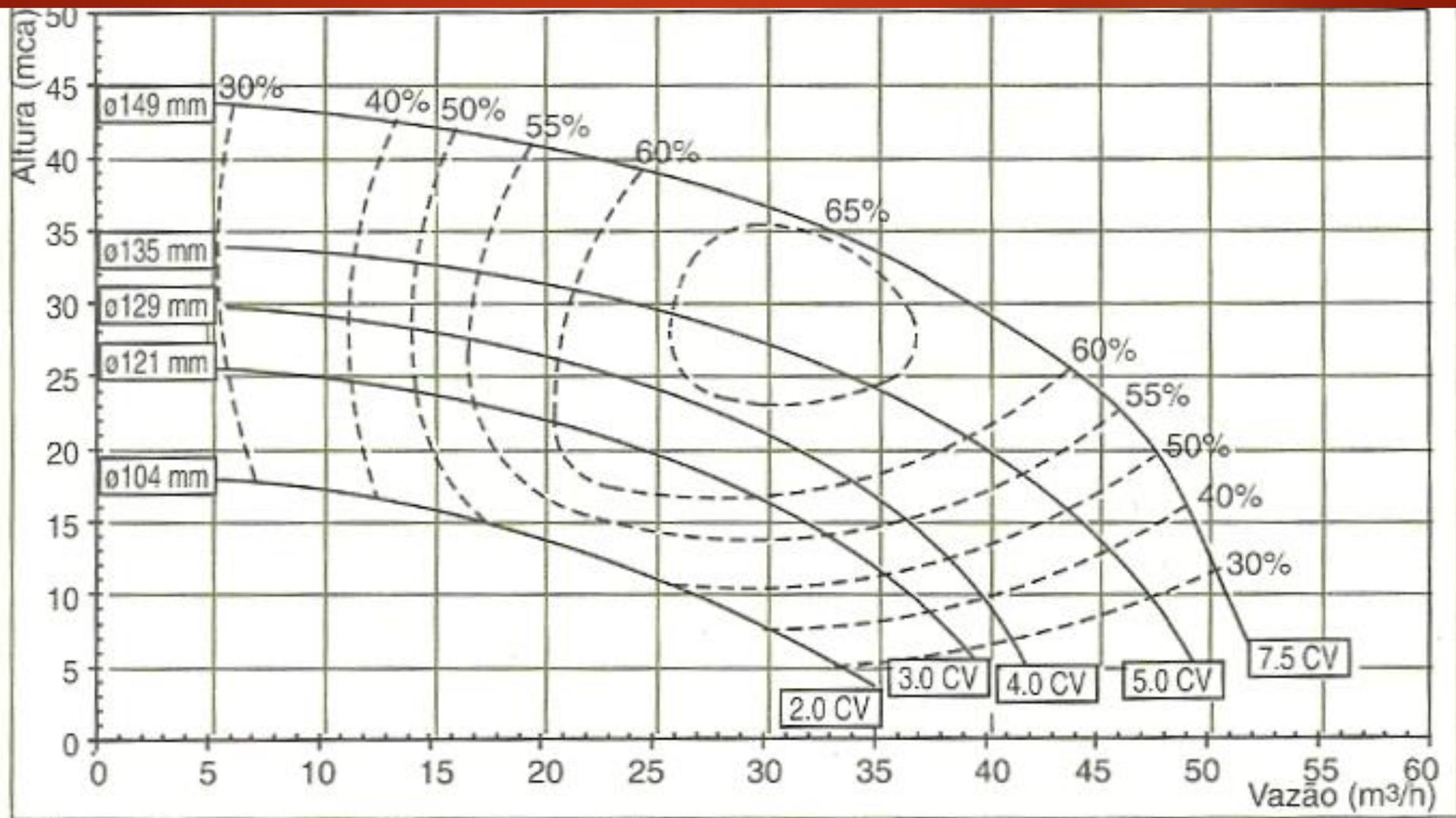


Curvas Características da Bomba

Curva Vazão x Pressão (Q x Hm)

- ▶ - Bombas geralmente têm várias opções de rotores (diâmetros variados)
- ▶ - Cada rotor tem sua própria curva

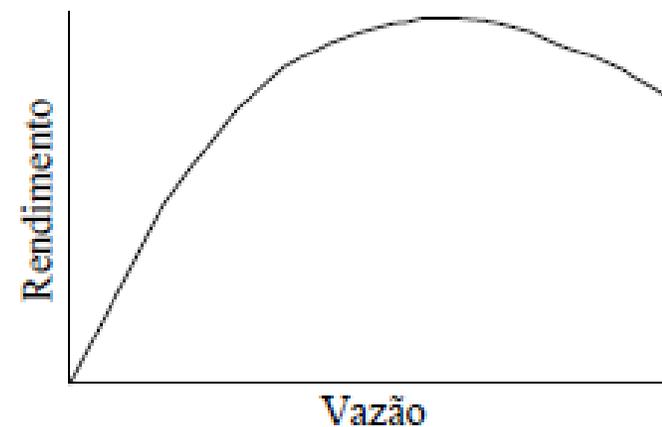


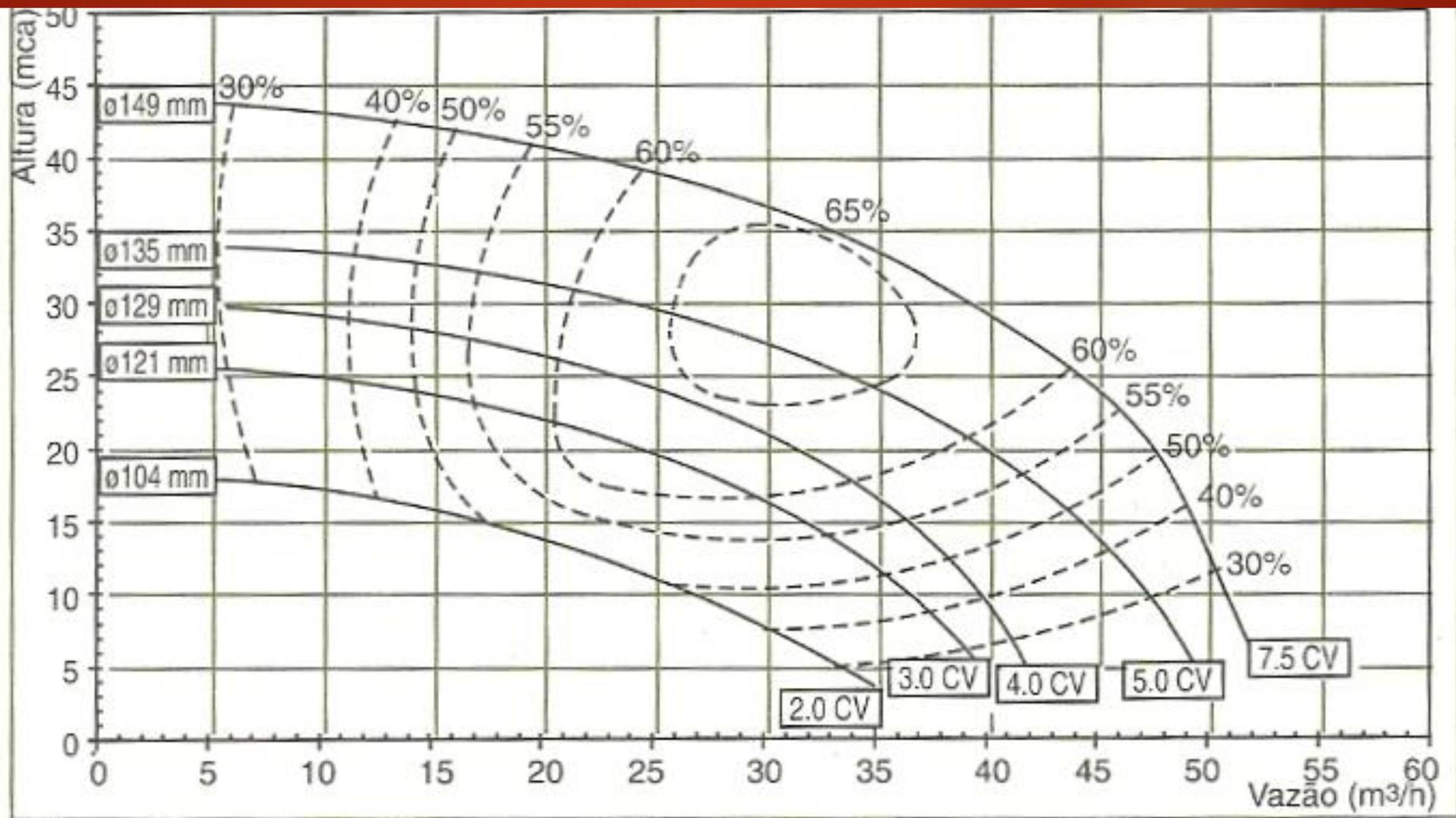


Curvas Características da Bomba

Curva Vazão x Rendimento ($Q \times \eta_b$)

- ▶ - Capacidade de conversão de energia motriz (motor) em hidráulica (bomba)

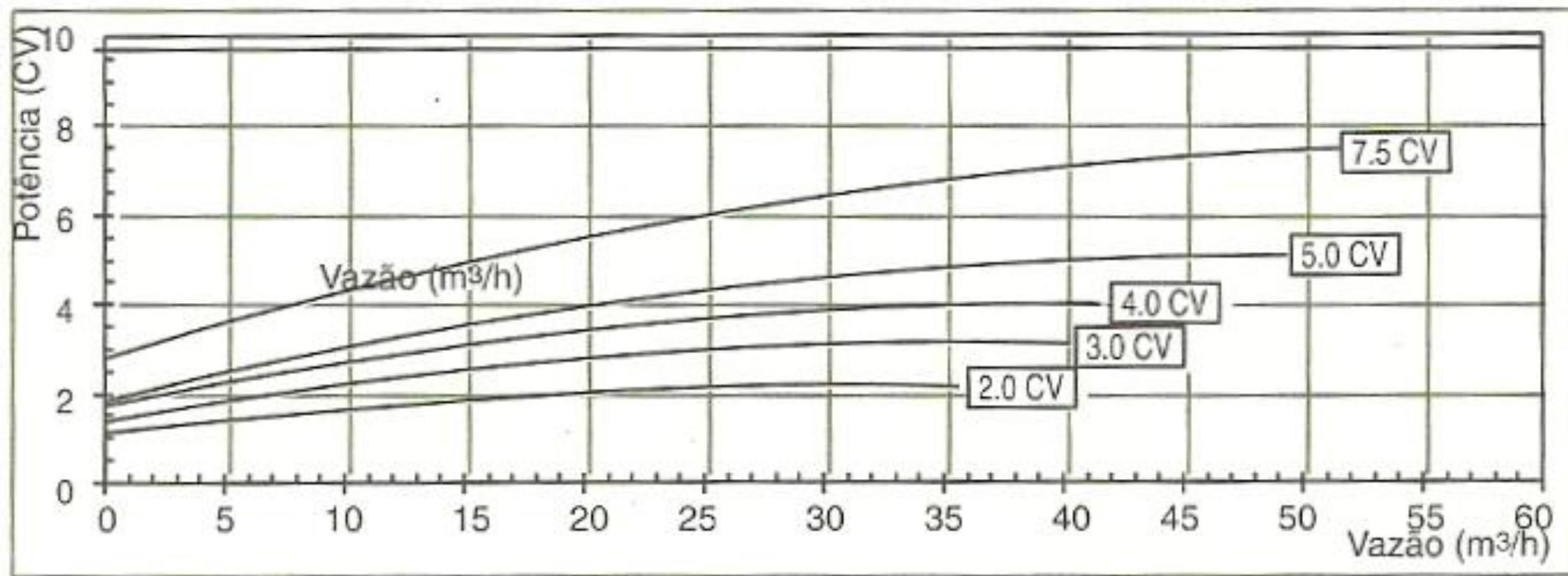




Curvas Características da Bomba

Curva Vazão x Potência (Q x Pot)

- Junto com a curva Q x b, é utilizada para calcular o consumo de energia e escolher o motor da bomba

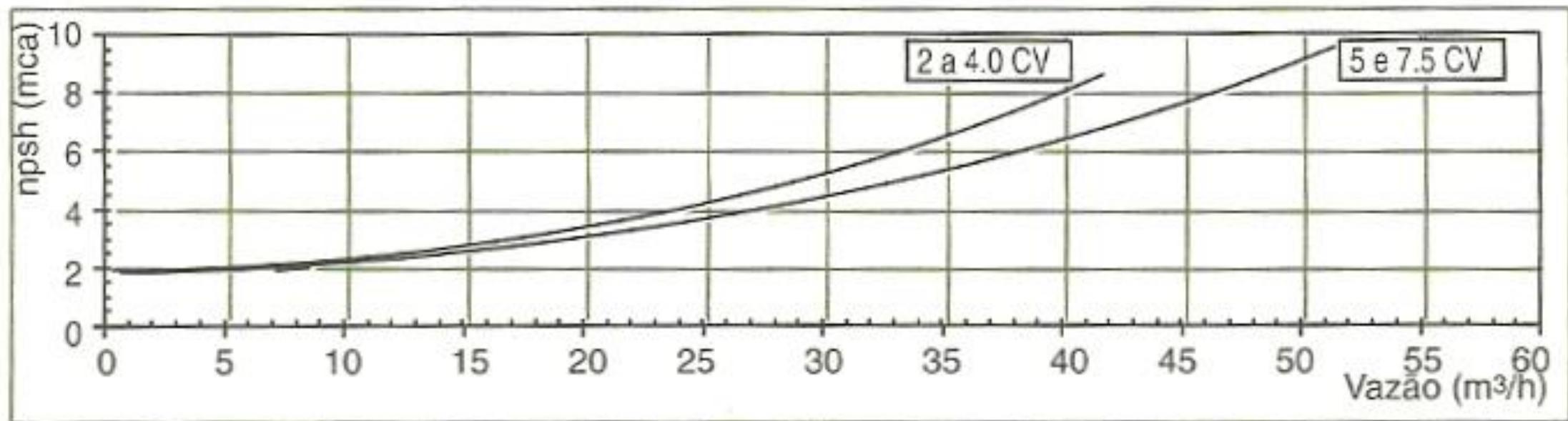


Curvas Características da Bomba

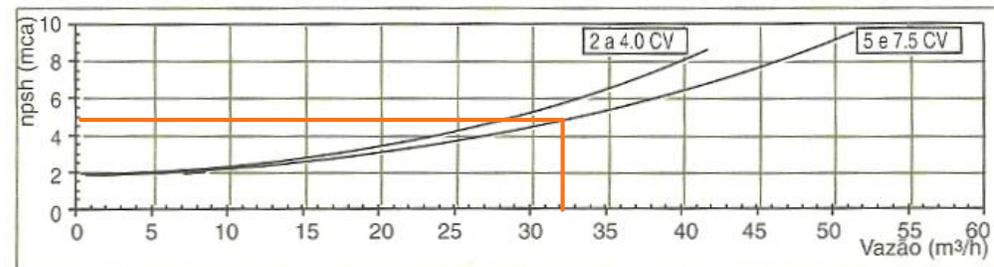
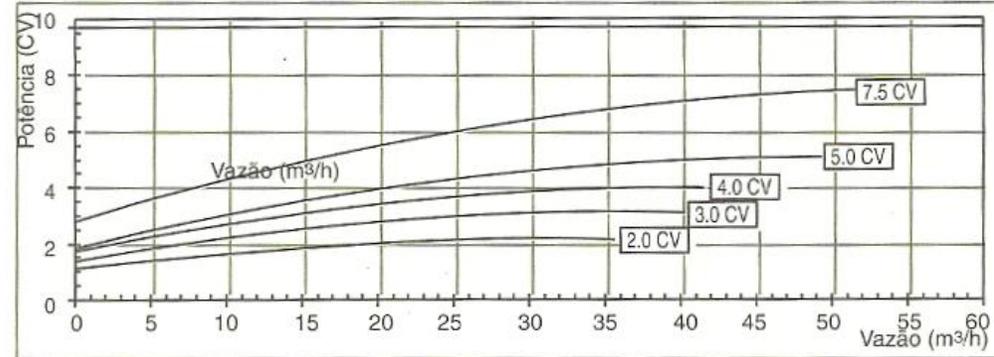
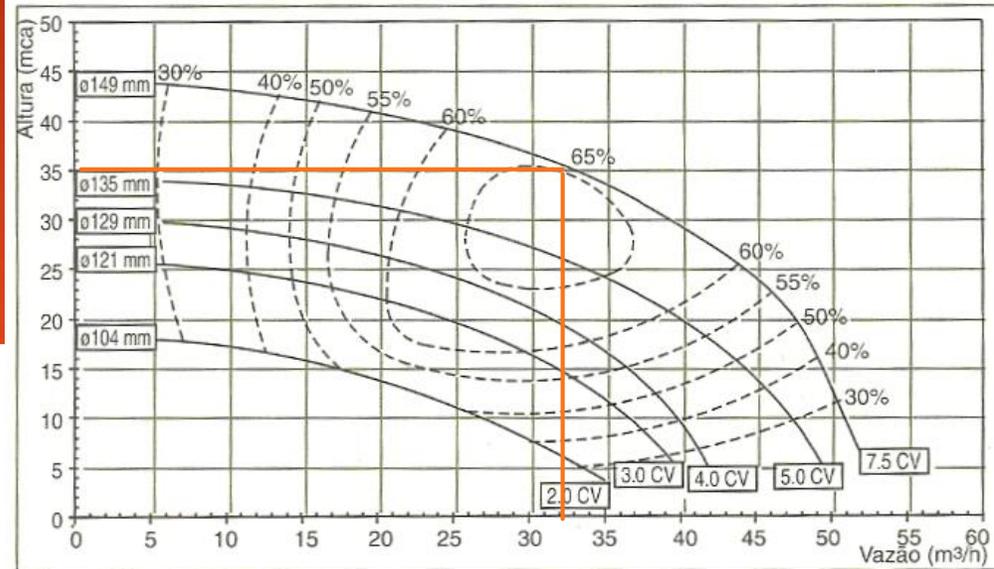
Curva Vazão x NPSHr

- ▶ - limite de pressão de sucção no qual o desempenho em perda de carga total da bomba é reduzido em 3%, devido à cavitação.





BC-21 2 x 1.1/2



► Exemplo:

$$Q = 32 \text{ m}^3/\text{h}$$

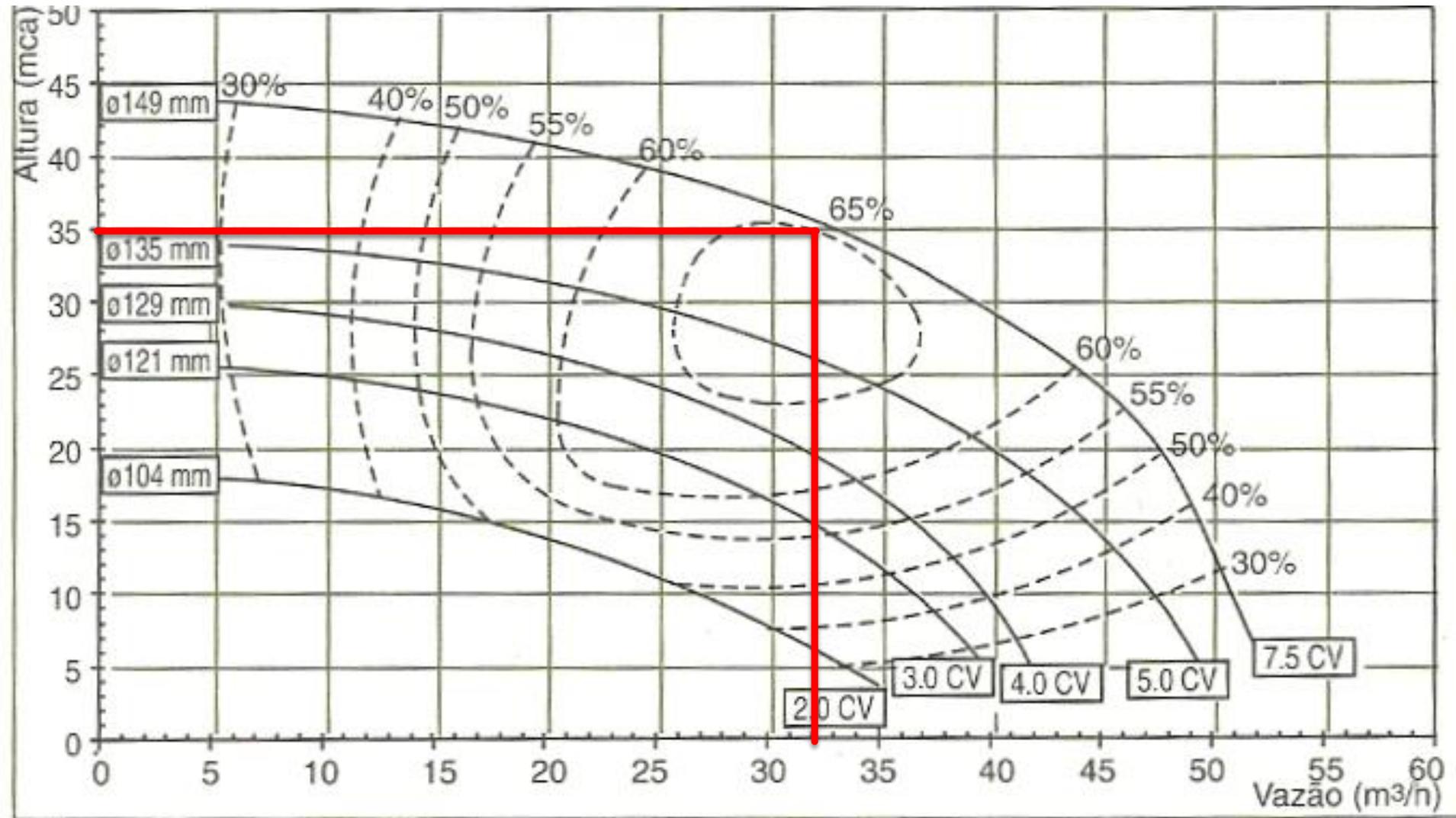
$$H_{Mf} = 35 \text{ mca}$$

► Seleccionada: 7,5cv

rotor 149mm

Rendimento: 65%

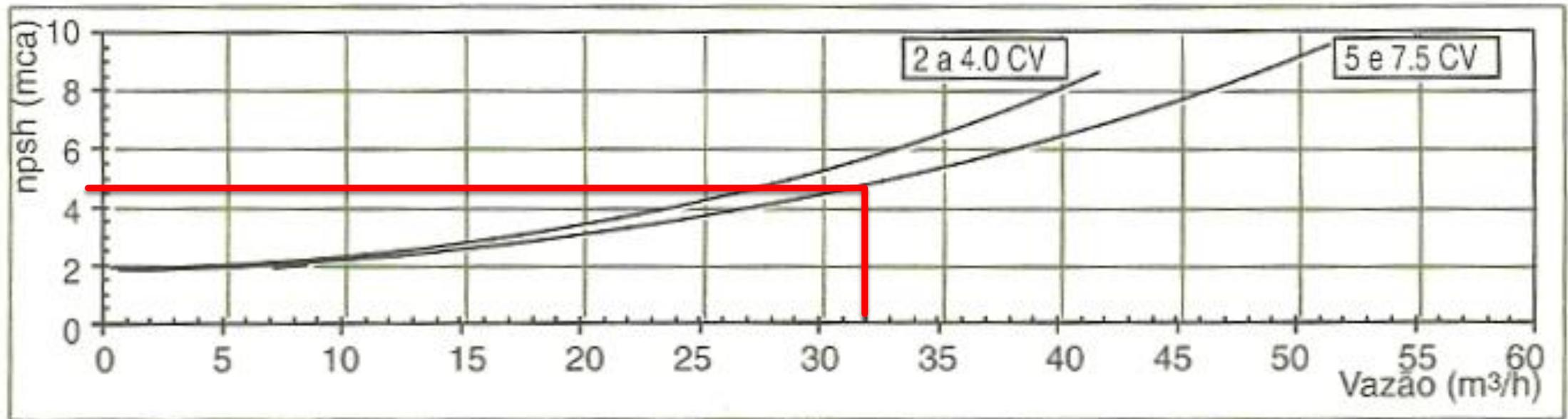
NPSH requerido: 5mca



7,5cv

rotor 149mm

Rendimento: 65%



NPSH requerido: 5mca

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

Projeto de um sistema de recalque

► Dados:

- 1) Cotas: Nível da água: 96 m; Bomba: 100 m e Reservatório: 134 m
- 2) Altitude local: 500 m
- 3) Comprimentos: Recalque (LR): 300 m ; Sucção (LS): 10 m
- 4) Líquido: água a 20°C ($H_v = 0,239$ mca)
- 5) Vazão (Q): 30 m³/h
- 6) Material da tubulação: PVC (C = 150)

Projeto de um sistema de recalque

▶ 7) Acessórios:

a. Sucção:

- 1 válvula de pé com crivo
- 1 curva 90º raio longo
- 1 redução excêntrica

b. Recalque:

- 1 válvula de retenção
- 1 registro de gaveta
- 3 curvas 90º raio longo

Projeto de um sistema de recalque

peça	Le (m)
válvula de pé com crivo	18,3
redução excêntrica	0,4
curva 90° raio longo	2,1
válvula de retenção	6,4
registro de gaveta	0,7