

Bombas de Fluxo e Ventiladores

José Jorge de Oliveira Neto



Faculdade de Tecnologia e Ciências da Bahia
Alagoinhas - BA

Introdução

- ▶ Em geral, operação em rotação constante
- ▶ Variação da vazão vem por válvulas - estrangulam a tubulação
- ▶ Por consequência, a pressão aumenta
- ▶ Aumento das perdas do sistema
- ▶ Penalização energética

Conceito e Definições

▶ **Máquinas de fluxo:** Escoamento contínuo. Podem ser Motoras ou Geradoras.

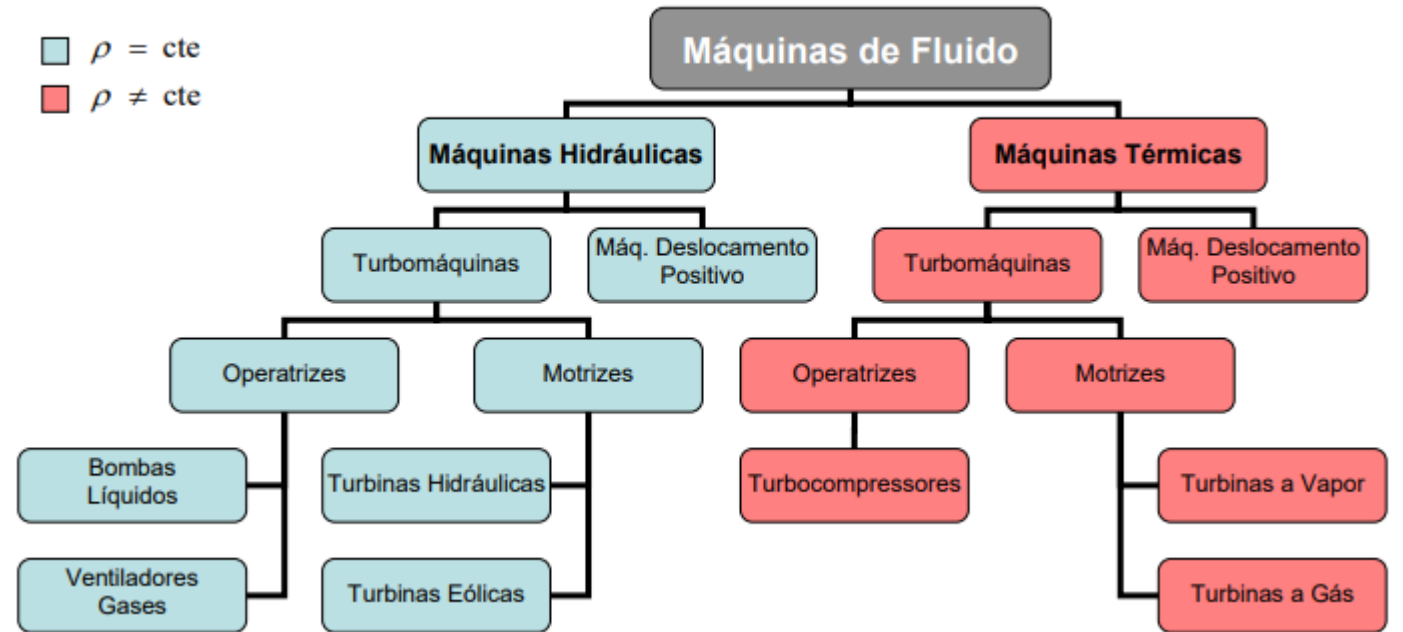
▶ **Motoras:** Epressão → Ecinética → Emecânica

▶ Exemplos: Turbinas Hidráulicas, turbinas à gás;

▶ **Geradoras:** Emecânica → Ecinética → Epressão

▶ Exemplos: Compressor de fluxo, bombas de fluxo;

▶ Podem ser térmicas ou hidráulicas



Bombas de Fluxo e Ventiladores

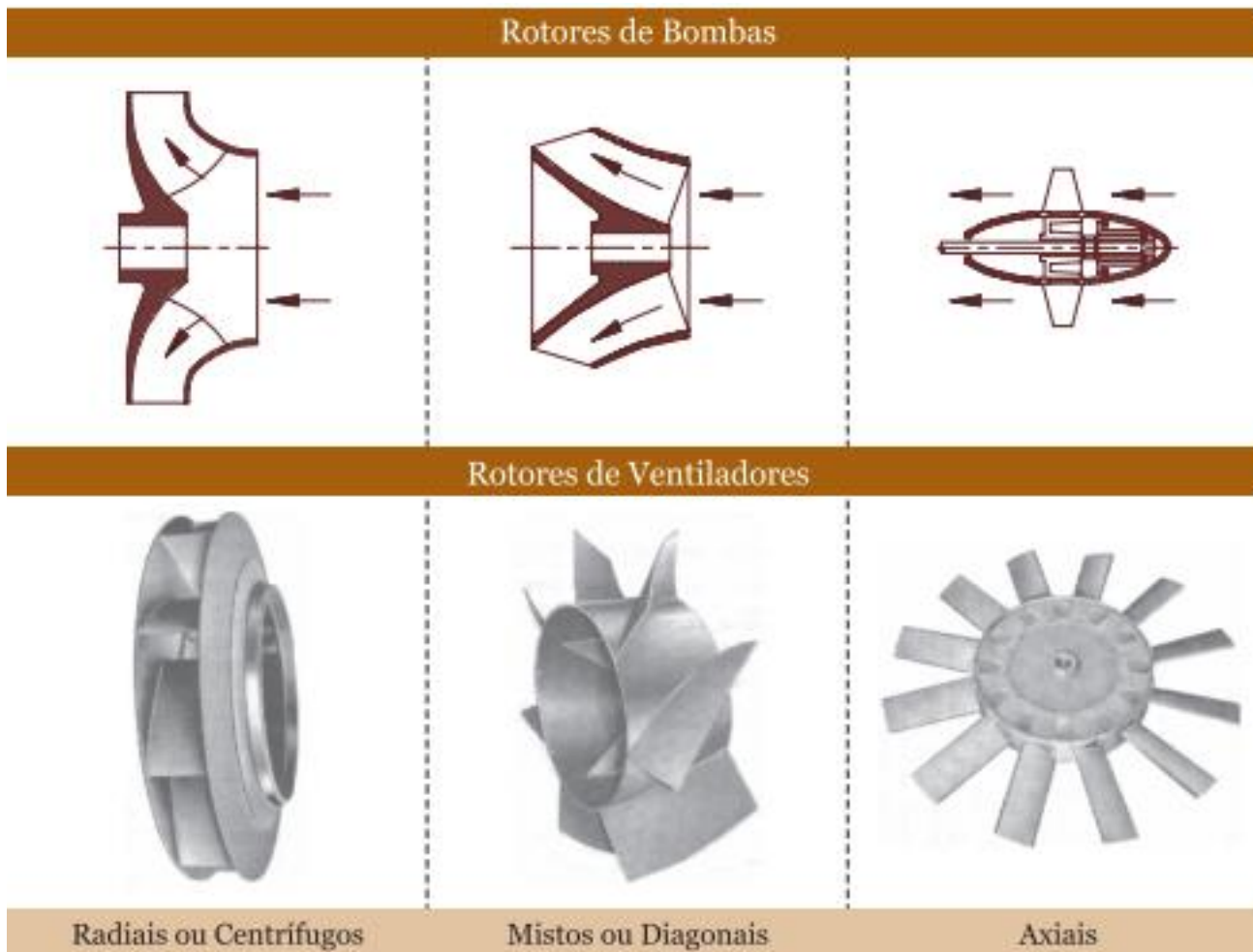
- ▶ Máquinas nas quais a movimentação do fluido é produzida pela ação da rotação de um rotor com certo número de pás
- ▶ A distinção é feita em função da forma que o rotor cede energia ao líquido, bem como a orientação do fluido



Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

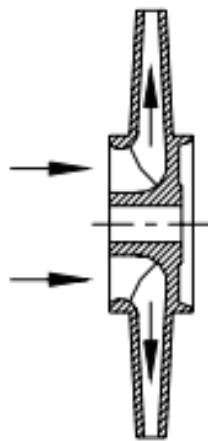
- ▶ **De acordo com a forma do rotor**
- ▶ Rotor é quem transforma a energia mecânica em energia de pressão
- ▶ Podem ser classificados como:
- ▶ **Centrífugas ou radiais** - aquelas em que o formato do rotor impõe um escoamento predominantemente segundo planos perpendiculares ao eixo
 - ▶ Costuma operar em vazões pequenas e grandes alturas ou pressões
- ▶ **Fluxo misto** - aquelas em que o formato do rotor impões um escoamento simultaneamente nas direções axial e perpendicular ao eixo
 - ▶ Costuma trabalhar em médias vazões e médias alturas ou pressões
- ▶ **Axiais** - aquelas em que o formato do rotor impõe um escoamento predominantemente na direção paralela ao eixo
 - ▶ Costuma trabalhar com grandes vazões e pequenas alturas ou pressões

Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

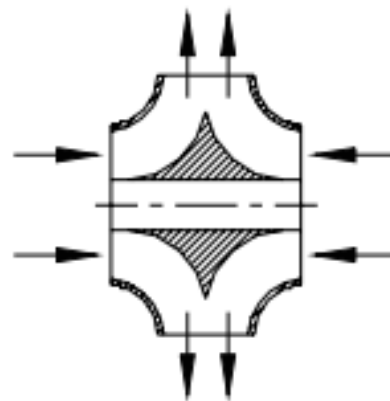


Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

- ▶ De acordo com o modo de entrada do líquido no rotor
- ▶ Simples sucção - tem entrada do líquido em um lado do rotor
- ▶ Dupla sucção - tem entrada do líquido em dois lados do rotor, conhecido como rotor gêmeo
 - ▶ Utilizado para dobrar a vazão para uma mesma pressão



Entrada do líquido em um lado do rotor.



Entrada do líquido nos dois lados do rotor
(função duplicar a vazão).

Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

- ▶ De acordo com número de rotores em uma mesma carcaça
- ▶ Um estágio - a bomba ou ventilador possui apenas um rotor
- ▶ Vários estágios - a bomba ou ventilador possui mais de um rotor (não existe ventilador de vários estágios)

Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

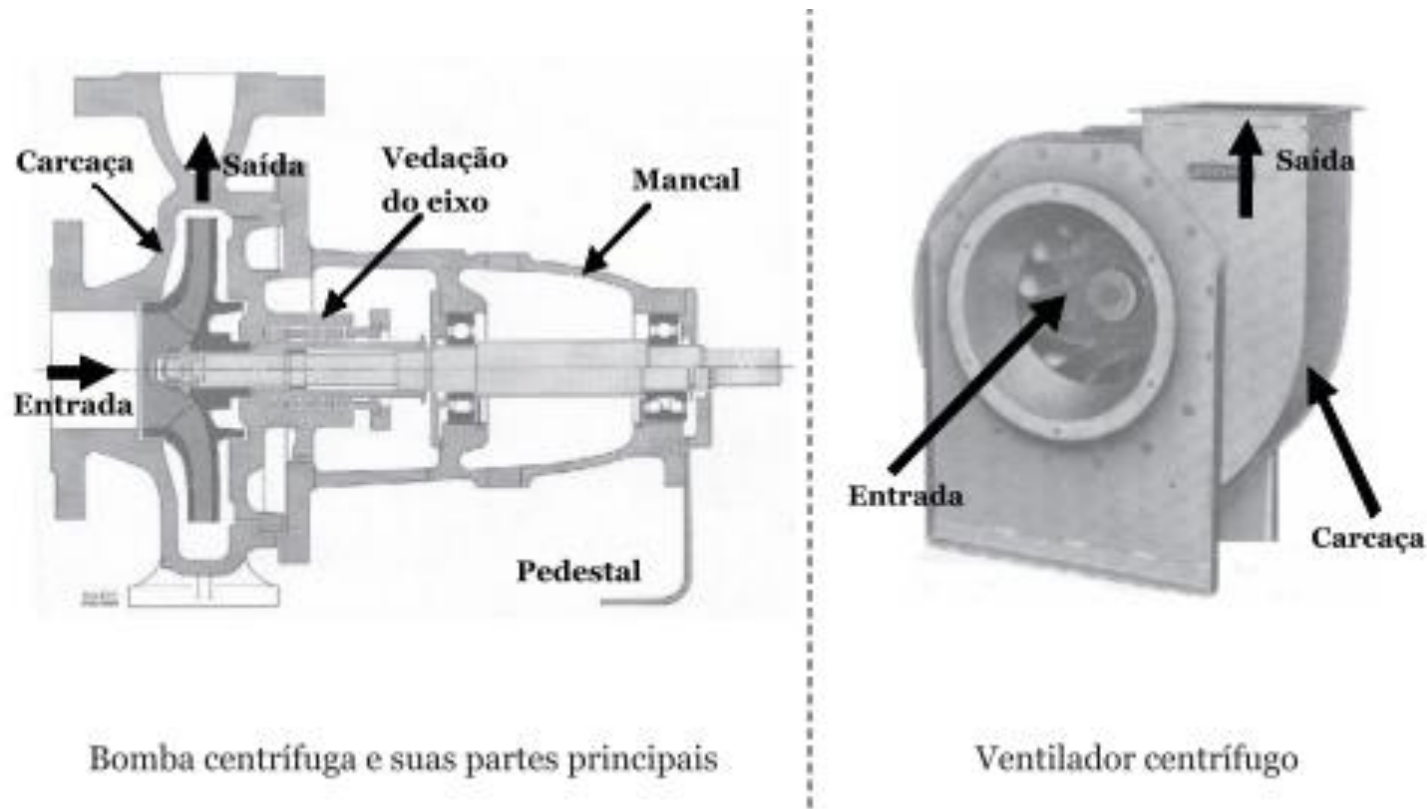


Figura 7.3 – Bomba ou ventilador radial, simples sucção, um estágio e eixo horizontal

Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

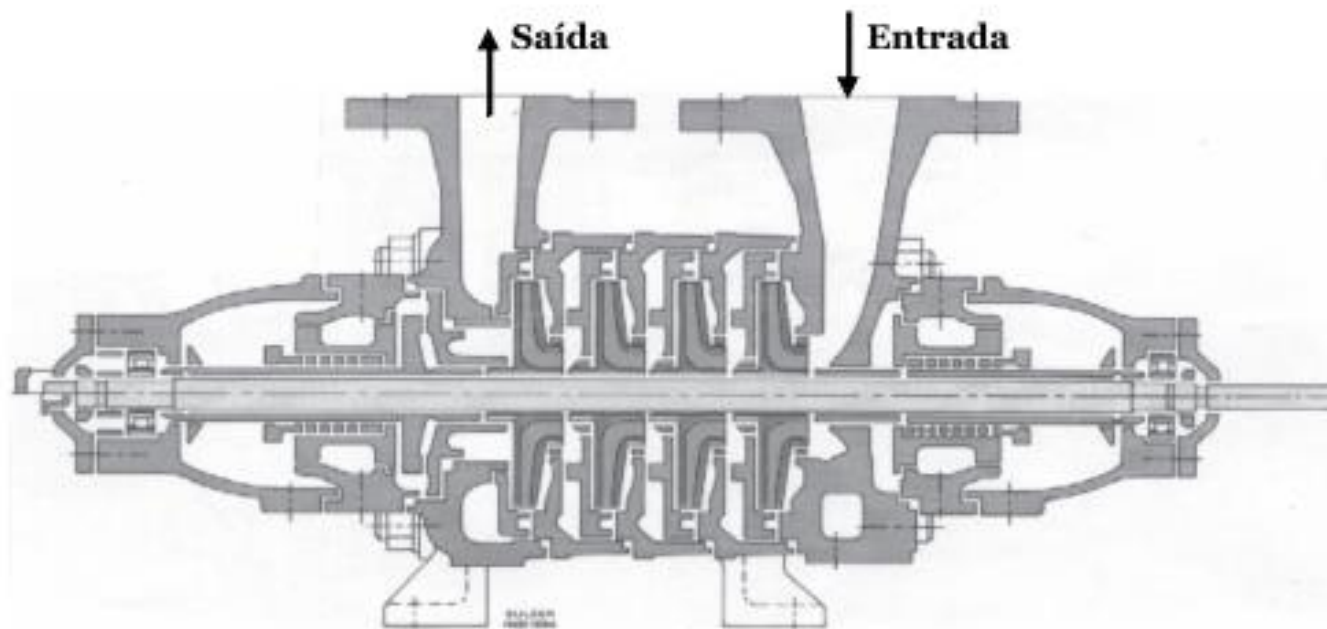


Figura 7.4 – Bomba radial, simples sucção, quatro estágios e eixo horizontal (Sulzer)

Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

- ▶ De acordo com a posição da bomba ou ventilador
- ▶ Eixo horizontal
- ▶ Eixo vertical: podendo ser de eixo prolongado ou bomba submersa
 - ▶ Eixo prolongado - o motor de acionamento encontra-se externo ao líquido
 - ▶ Submersa - As bombas operam no interior do líquido (poços profundos)

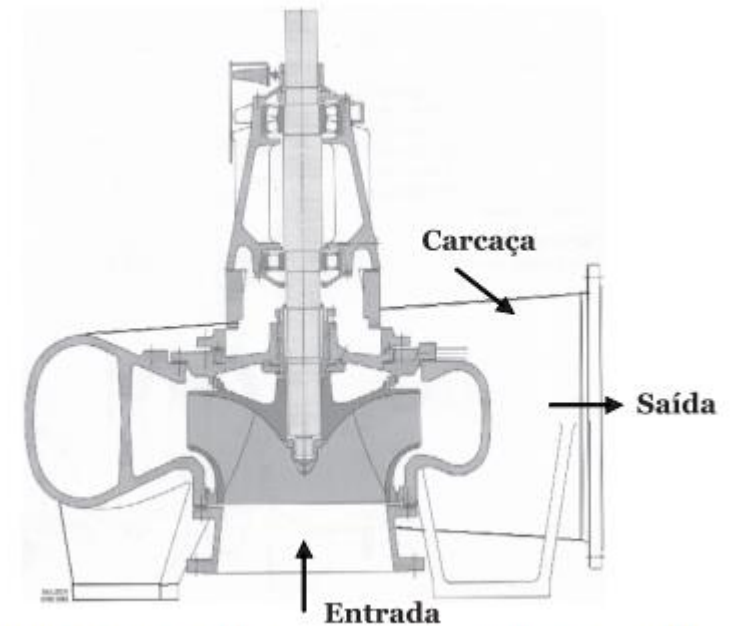


Figura 7.5 – Bomba de eixo vertical, rotor radial e 01 estágio (Sulzer)

Classificação de Bombas de Fluxo e Ventiladores

- ▶ De acordo com a posição das pás no rotor
- ▶ Rotor fechado - possui dois discos, o traseiro e o dianteiro
- ▶ Rotor semi-aberto - possui apenas um disco, onde são fixadas as pás;
- ▶ Rotor aberto - não possui nenhum disco, e as pás são fixadas no cubo do mesmo

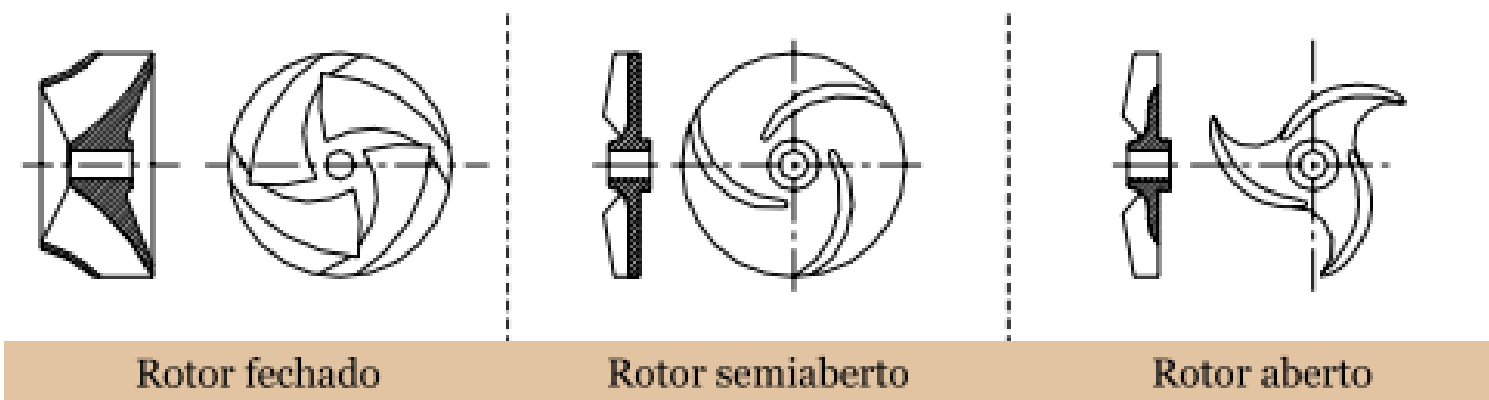
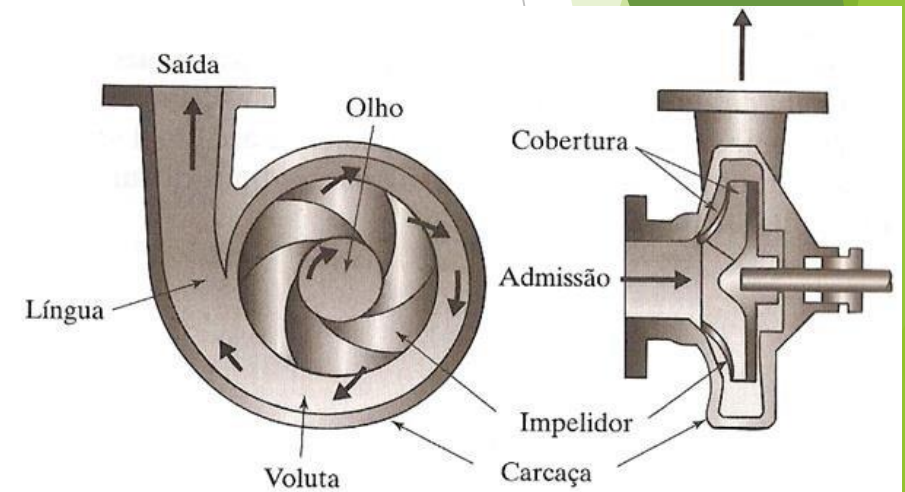


Figura 7.6 – Rotores fechado (bombas e ventiladores), semiaberto e aberto (somente bombas).

Exercícios

- ▶ 1. Em que classe de máquina de fluido se encontram os ventiladores e bombas? Qual a característica importante deve se considerar para os fluidos no estudo dessa máquina?
- ▶ 2. Classifique a bomba a da figura quanto a forma do rotor.
- ▶ 3. Classifique a bomba quanto a tipo de sucção.
- ▶ 4. Como classificaríamos um ventilador caseiro utilizando como critério a posição das pás?



Características das máquinas de fluxo

- ▶ **a) Vazão** - o volume de fluido escoado em metros cúbicos em um segundo
- ▶ A vazão nominal tende a ser aquela para o rendimento máximo da máquina
- ▶ **b) Alturas e Pressões** - Alturas geométricas são definidas somente para as bombas.
 - ▶ Altura geométrica de sucção: diferença de elevação entre o centro do eixo da bomba e nível do líquido do reservatório de sucção
 - ▶ Altura geométrica de recalque: diferença de elevação entre o centro do eixo da bomba e o nível do líquido de recalque
 - ▶ Altura geométrica total: diferença de elevação entre os níveis de líquido dos reservatórios de recalque e sucção

Características das máquinas de fluxo

- ▶ **Altura total de elevação da bomba (H) ou diferença de pressão total do ventilador (Δp)**
- ▶ **Bombas:** Soma das alturas de pressão, da altura de velocidade e da altura de posição
- ▶ **Ventiladores:** Soma das parcelas de pressão e de velocidade

Características das máquinas de fluxo

► As equações

$$H_t = \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g} + z \quad (7.1)$$

pressão velocidade posição

$$P_t = p + \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (7.2)$$

pressão velocidade

H_t [m] – altura total de uma posição qualquer de um escoamento;

P_t [N/m²] – pressão total de uma posição qualquer de um escoamento;

p [N/m²] – pressão manométrica no ponto considerado;

ρ [kg/m³] - massa específica da água;

g [m/s²] - aceleração da gravidade;

v [m/s] – velocidade média de escoamento;

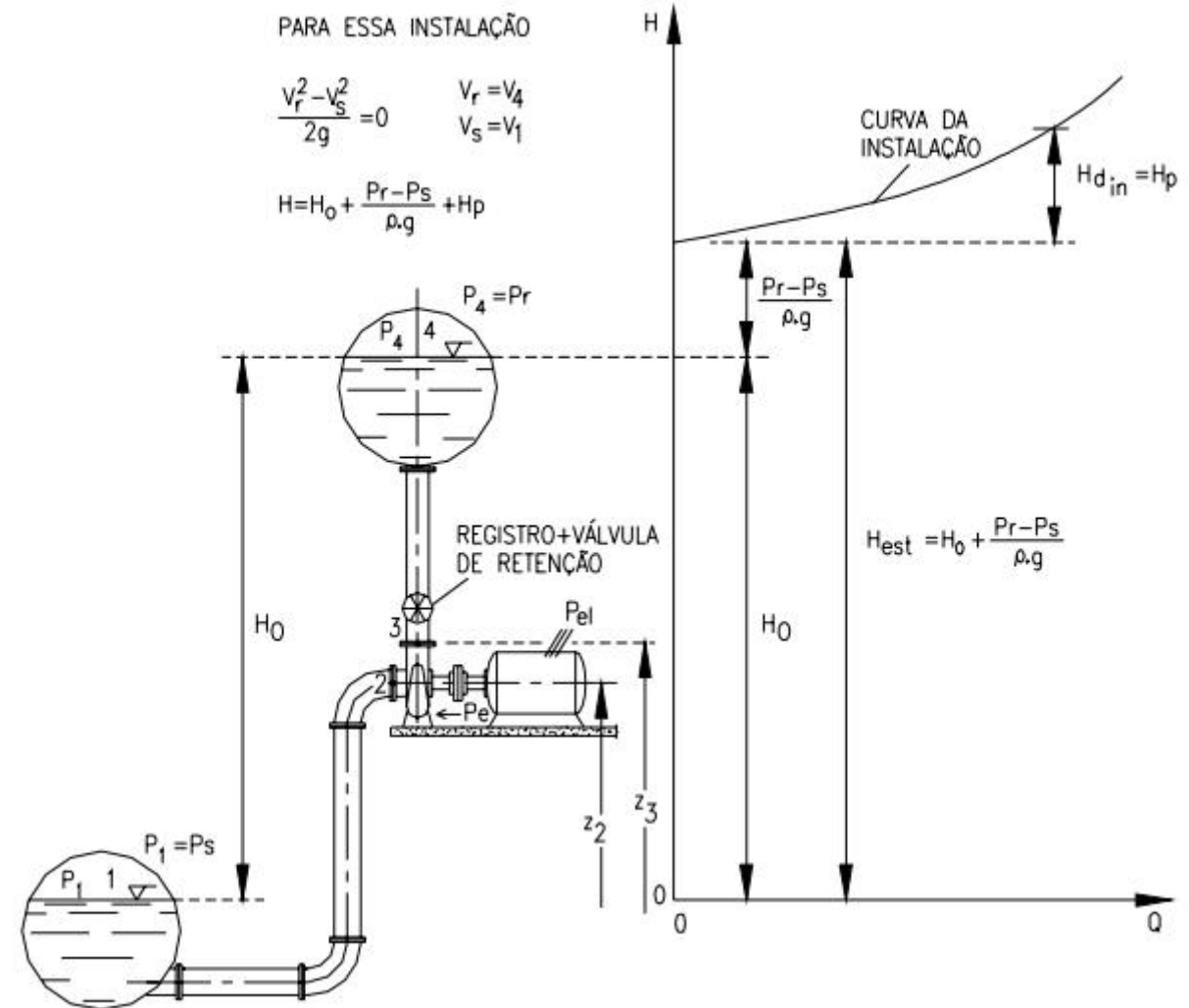
z [m] – cota da posição (normalmente em relação ao nível do mar).

Características das máquinas de fluxo

- c) Instalações de bombeamento e de ventilação - Equações
- Aplicando-se Bernoulli entre 1 e 4

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$H = H_0 + \frac{P_4 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2g} + H_p$$



Características das máquinas de fluxo

Instalações de bombeamento

$$H = H_o + \frac{P_4 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} + H_p$$

H [m] – altura total de elevação da bomba;

H_o [m] – altura entre os níveis do líquido dos reservatórios de recalque e sucção;

$\frac{P_4}{\rho \cdot g}$ [m] – altura referente à pressão manométrica no nível do líquido

no reservatório de recalque;

$\frac{P_1}{\rho \cdot g}$ [m] – altura referente à pressão manométrica no nível do líquido

no reservatório de sucção;

v_4 [m/s] – velocidade do líquido no nível do reservatório de recalque;

v_1 [m/s] – velocidade do líquido no nível do reservatório de sucção

H_p [m] – altura referente às perdas de carga na linha de sucção e recalque, que é uma função da vazão ao quadrado (Q^2).

Características das máquinas de fluxo

Instalações de bombeamento

$$H = \frac{P_3}{\rho \cdot g} - \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_3^2 - v_2^2}{2g} + (z_3 - z_2)$$

H [m] – altura total de elevação da bomba;

$\frac{P_3}{\rho \cdot g}$ [m] – altura referente à pressão na saída da bomba (medida em

um manômetro);

$\frac{P_2}{\rho \cdot g}$ [m] – altura referente à pressão na entrada da bomba (medida

em um manovacuômetro);

$\frac{v_3^2 - v_2^2}{2g}$ [m] – variação de altura referente à energia cinética entre entra-

da e saída da bomba;

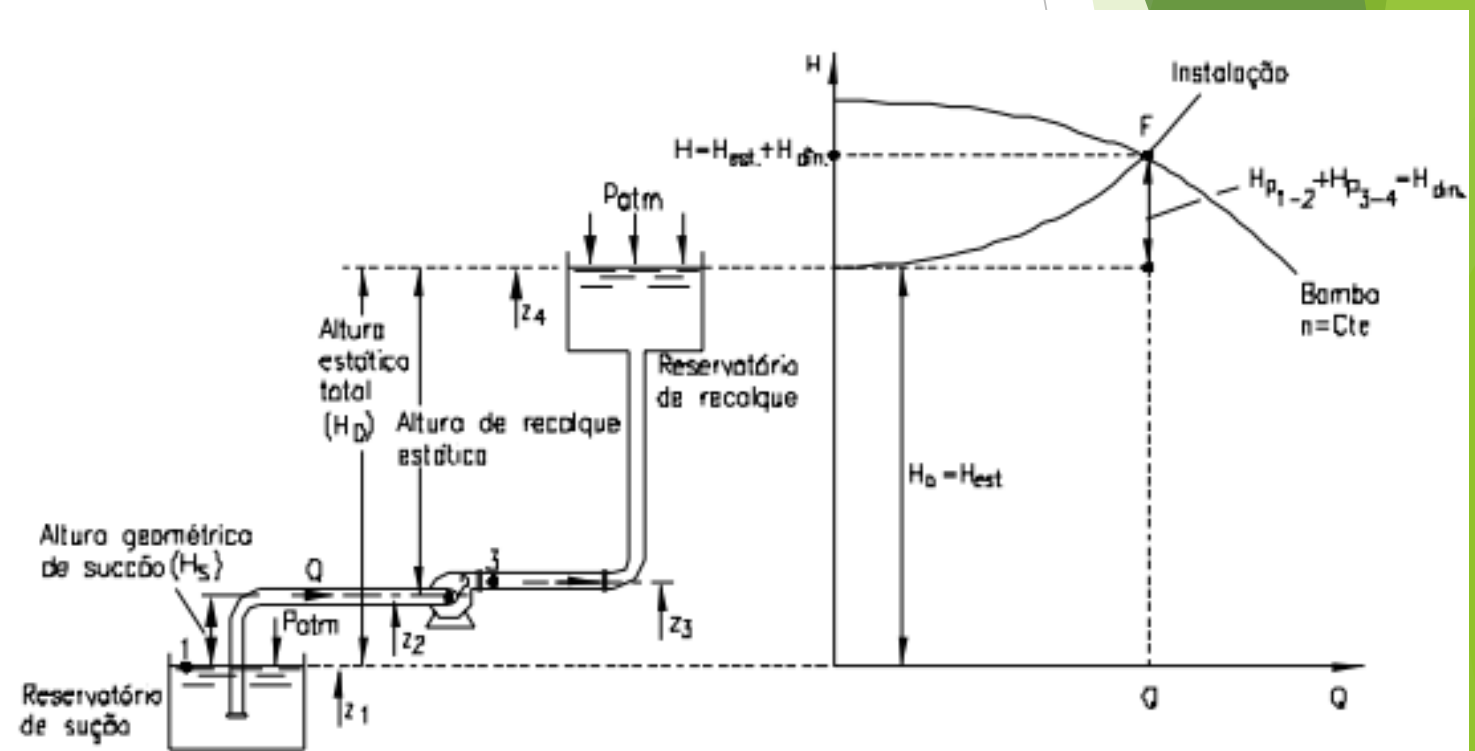
$(z_3 - z_2)$ [m] – diferença entre a cota de posição de entrada e saída da bomba.

Características das máquinas de fluxo

Instalações de bombeamento

- ▶ Para reservatórios abertos
- ▶ Mesma pressão no ponto 4 e 1, $p_{atm} = 0$
- ▶ Mesma vazão no ponto 4 e 1, $v = 0$

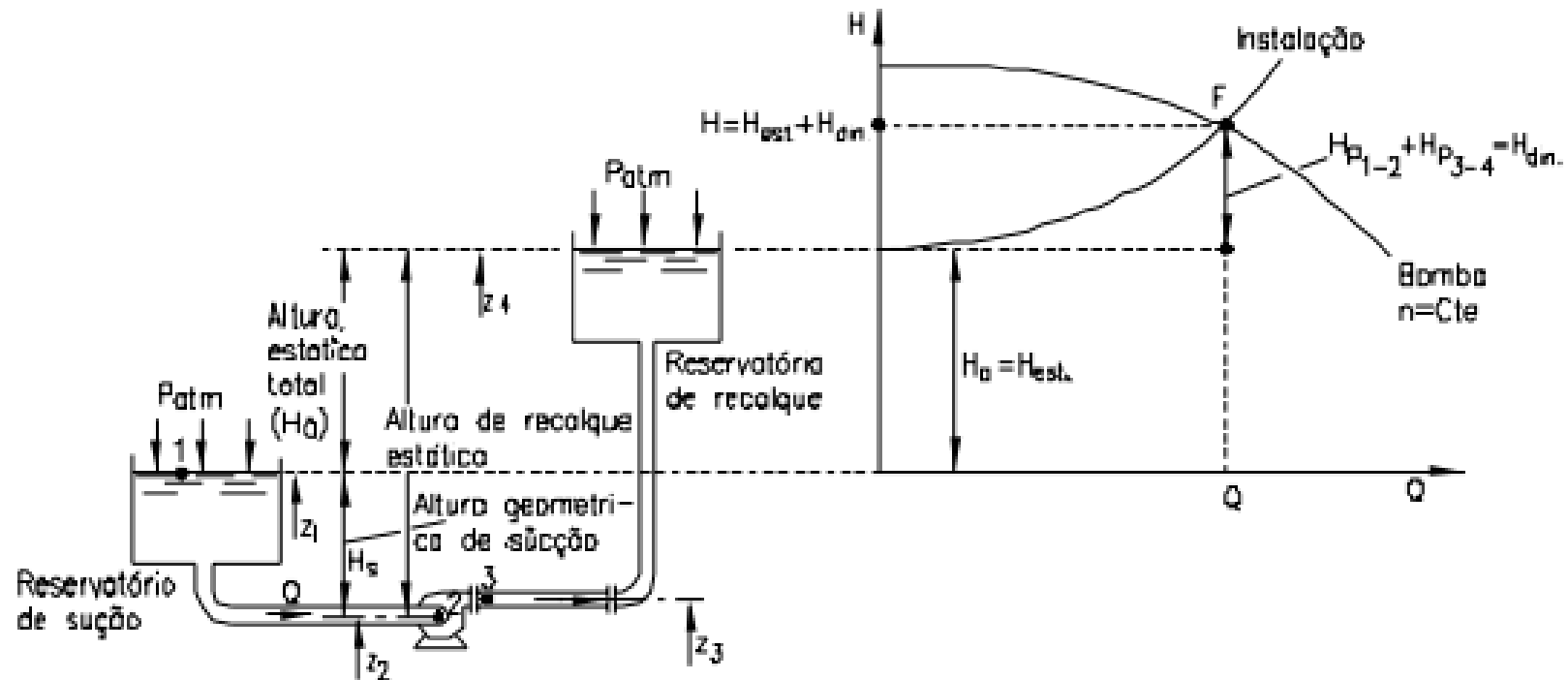
$$H = H_o + H_p = H_o + H_{p1-2} + H_{p3-4}$$



Características das máquinas de fluxo

Instalações de bombeamento

$$H = H_o + H_p = H_o + H_{p1-2} + H_{p3-4}$$



Características das máquinas de fluxo

Instalações de ventilação

$$\Delta p_t = \rho \cdot g \cdot H$$

$$\rho \cdot g \cdot H = \rho \cdot g \cdot H_0 + p_4 - p_1 + \rho \cdot \frac{v_4^2}{2} - \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot H_p$$

$$\Delta p_t = \rho \cdot \frac{v_4^2}{2} - \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot H_p$$

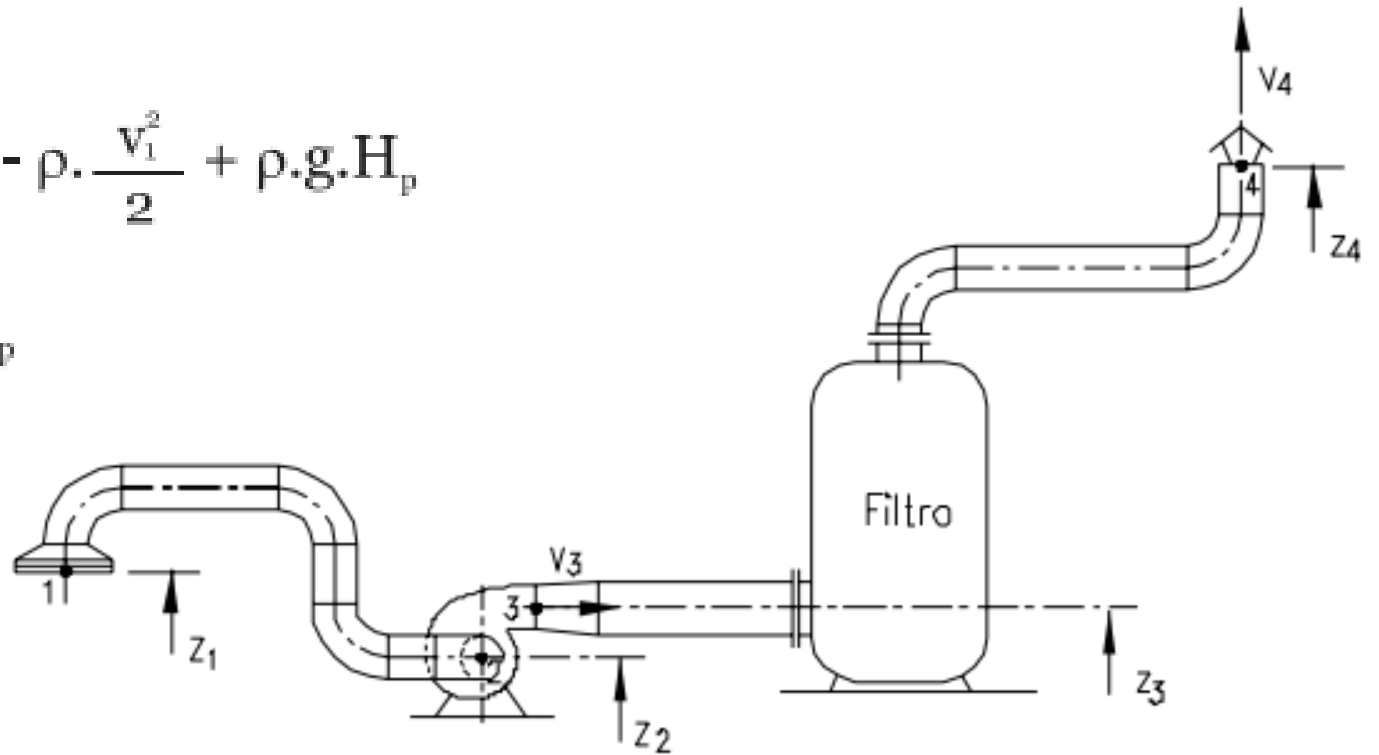


Figura 7.9 – Exemplo de uma instalação de ventilação

Características das máquinas de fluxo

Instalações de ventilação

$$\Delta p_t = \rho \cdot \frac{v_4^2}{2} - \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot H_p$$

Δp_t [N/m²] – diferença de pressão total que a instalação requer ou do ventilador;

$\rho \cdot \frac{v_4^2}{2}$ [N/m²] – parcela de pressão devido a velocidade na posição 4;

$\rho \cdot \frac{v_1^2}{2}$ [N/m²] – parcela de pressão devido a velocidade na posição 1;

ρ [kg/m³] – massa específica do ar;

v_4 [m/s] – velocidade do fluido na posição 4;

v_1 [m/s] – velocidade do fluido na posição 1;

$\rho \cdot g \cdot H_p$ [N/m²] – parcela de pressão devido à perda de carga na linha de sucção e recalque;

g [m/s²] – aceleração da gravidade;

H_p [m] – perdas de carga na linha de sucção e recalque, que é uma função da vazão ao quadrado (Q^2).

Características das máquinas de fluxo

Instalações de ventilação

► Equação do ventilador

$$\Delta p_t = p_3 - p_2 + \rho \cdot \frac{v_3^2}{2} - \rho \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

Δp_t [N/m²] – diferença de pressão total do ventilador;

p_3 [N/m²] – pressão na saída do ventilador (medida em manômetro ou transdutor de pressão);

p_2 [N/m²] – pressão na entrada do ventilador (medida em manovacúmetro ou transdutor de pressão);

$\rho \cdot \frac{v_3^2}{2}$ [N/m²] – parcela de pressão devido a velocidade na posição 3;

$\rho \cdot \frac{v_2^2}{2}$ [N/m²] – parcela de pressão devido a velocidade na posição 2;

ρ [kg/m³] – massa específica do ar;

v_3 [m/s] – velocidade do fluido na posição 3 (saída do ventilador);

v_2 [m/s] – velocidade do fluido na posição 2 (entrada do ventilador);

Características das máquinas de fluxo

- ▶ **Rotação Específica** - define a geometria ou o tipo de rotor
- ▶ Dada em função dos principais parâmetros da máquina
 - ▶ Q - vazão
 - ▶ n - rotação
 - ▶ H ou $\Delta p/\rho$ - altura total de elevação ou diferença de pressão total

$$nq_A = \frac{10^3 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{(H \cdot g)^{3/4}} \Rightarrow \text{Bomba} \quad nq_A = \frac{10^3 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)} \Rightarrow \text{Ventilador} \quad (7.11)$$

Características das máquinas de fluxo

Rotação Específica

$$nq_A = \frac{10^3 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{(H \cdot g)^{3/4}} \Rightarrow \text{Bomba} \quad nq_A = \frac{10^3 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)} \Rightarrow \text{Ventilador} \quad (7.11)$$

nq_A [1] – rotação específica;

n [rps] – rotação;

Q [m³/s] – vazão;

H [m] – altura total de elevação da bomba;

Δp_t [N/m²] – diferença de pressão total do ventilador;

g [m/s²] – aceleração da gravidade;

ρ [kg/m³] – massa específica.

Exercícios

5. Considere a figura ao lado. Determine a menor potência, em CV, do motor comercial que deve ser especificado para esse caso.

Dados:

- rendimento do grupo motor-bomba é 0,8
- A vazão a ser recalçada é de 0,5 l/s
- A perda de carga total para a sucção é 0,85 m
- A perda de carga total do recalque é 2,30 m
- Massa específica 1000 g/m³

6. Assumindo uma instalação em que com o reservatório cheio a altura do nível a bomba é de 38 metros, e o nível do reservatório de sucção 3,3 metros. Calcule o H da bomba assumindo perdas de 10% do H da bomba, um rendimento da bomba de 95% e do motor elétrico de 95%. Determine a potência elétrica a partir da fórmula da questão anterior

