**Objetivos da** quinta aula **da unidade 5**

**Evocar os conceitos de potência e rendimento de uma máquina**

**Introduzir o conceito de potência fornecida, ou retirada, de um fluido**

**Estudar a potência e rendimento da bomba e da turbina hidráulica**

**Introduzir a equação da energia para um escoamento unidirecional, incompressível e em regime permanente para uma instalação com diversas entradas e saídas**

**Resolver exercício**

**Propor os exercícios 5.14.32 à 5.14.36**

## 5.11 Noção de Potência e Rendimento Utilizados em Instalações Hidráulicas

### 5.11.1 Potência do Fluido (N)

Para definirmos a potência do fluido (N), evocamos o conceito de ***carga manométrica de uma máquina hidráulica*** ($H_M$).

Com $H_M$ representa a energia fornecida (ou retirada) por unidade de peso do fluido (G), podemos concluir que a ***energia total do fluido*** ($E_f$), que foi fornecida, ou retirada, pode ser calculada pela equação 5.37.

$$E_f = G \cdot H_M = \gamma \cdot V \cdot H_M \qquad \text{equação 5.37}$$

Ao considerarmos a energia total do fluido ($E_f$) por unidade de tempo, estaremos definindo a potência do fluido (N).

$$\frac{E_f}{t} = \frac{\gamma \cdot V \cdot H_M}{t}$$

$$N = \gamma \cdot Q \cdot H_M \text{ [1]} \qquad \text{equação 5.38}$$

[1] A equação dimensional da potência é : $[\,N\,] = F \cdot L \cdot T^{-1}$

A partir da equação dimensional da potência do fluido, podemos definir as principais unidades de potência, tais como:

$$S.\,I \rightarrow [\,N\,] = \frac{N\,.\,m}{s} = \frac{J}{s} = \text{ w (watts)}$$

$$MK * S \rightarrow [\,N\,] = \frac{kgf\,.\,m}{s} = \frac{kgm}{s}$$

***Notas:*** $1^a \rightarrow \dfrac{1kgm}{s} = 9{,}81w$

$2^a \rightarrow 1\ C\,.\,V = 75\ \dfrac{kgm}{s}$

$3^a \rightarrow 1\ C\,.\,V \approx 736\ w$

$4^a \rightarrow 1\ C\,.V \simeq 0{,}9868\ HP$

## 5.11.2 Potência da Bomba ($N_B$)

Para a compreensão deste tópico, consideramos o funcionamento convencional de uma ***bomba***, como o representado pela figura 5.33; onde:

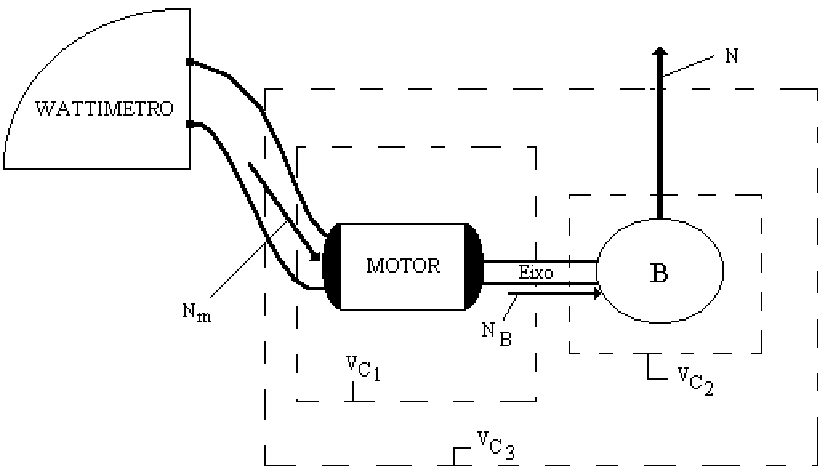



Figura 5.33

$N_m$ $\rightarrow$ é a potência nominal do motor elétrico ou a potência consumida da rede elétrica

$N_B$ $\rightarrow$ é a potência útil do motor elétrico ou potência nominal da bomba

N $\rightarrow$ potência útil da bomba ou potência do fluido ou potência trocada entre bomba e fluido

$V_{Ci}$ $\rightarrow$ Volume de Controle (i).

Evocando o conceito de rendimento de uma máquina ( $\eta$ ), temos:

$$\eta = \frac{\text{Potencia Util}}{\text{Potencia Posta em Jogo}}$$

Através do conceito de rendimento e observando o volume de controle i ($V_{Ci}$), podemos concluir:

$$\eta_i = \frac{\text{Potencia Que Sai do } V_{Ci}}{\text{Potencia Que Entra no } V_{Ci}}$$

Considerando o volume de controle 2, ou seja só a ***bomba***, podemos definir o rendimento da bomba ($\eta_B$) pela equação 5.39 .

$$\eta_B = \frac{N}{N_B} \qquad \text{equação 5.39}$$

Portanto:

$$N_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{\eta_B} \qquad \text{equação 5.40}$$

***Notas***: 1ª ) - Rendimento do motor elétrico $\rightarrow \eta_m = \frac{N_B}{N_m}$

2ª ) - Rendimento global do conjunto moto-bomba $\rightarrow \eta_g$

$$\eta_g = \frac{N}{N_m} = \eta_m \cdot \eta_B$$

## 5.11.3 Potência da Turbina ($N_T$)

Consideramos o funcionamento convencional da ***turbina*** representado pela figura 5.34, onde:

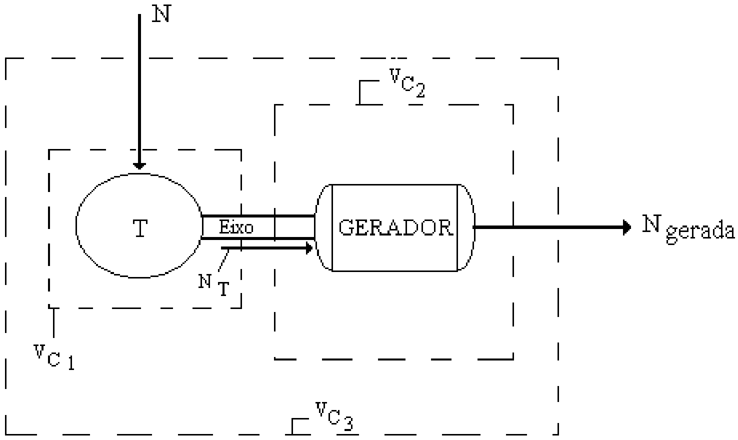



Figura 5.34

N $\rightarrow$ é a potência do fluido ou potência posta em jogo para a turbina

$N_T$ $\rightarrow$ potência útil da turbina ou potência no eixo da turbina ou potência da turbina

Considerando o volume de controle 1, ou seja só a turbina, podemos:

$$\eta_T = \frac{N_T}{N} \qquad \text{equação 5.41}$$

Portanto:

$$N_T = \gamma \cdot Q \cdot H_T \cdot \eta_T \qquad \text{equação 5.42}$$

***Notas***: 1ª ) - Rendimento do gerador ($\eta_{gerador}$)

$$\eta_{gerador} = \frac{N_{gerada}}{N_T}$$

2ª ) - Rendimento global ($\eta_g$) $\rightarrow$ $\eta_g = \dfrac{N_{gerada}}{N} = \eta_{gerador} \cdot \eta_T$

## 5.12 Equação da Energia para o Escoamento Unidirecional, Incompressível e em Regime Permanente em Instalações com Diversas Entradas e Saídas

A equação estabelecida no tópico 5.10.2

$$H_i + H_M = H_f + H_{p_{i-f}} \qquad \text{equação 5.36}$$

só é válida pra instalação com uma entrada e uma saída o que equivale a dizer que só é válida para uma única vazão.

A figura 5.35, mostra uma situação onde esta condição não é respeitada, já que temos duas entradas e duas saídas.

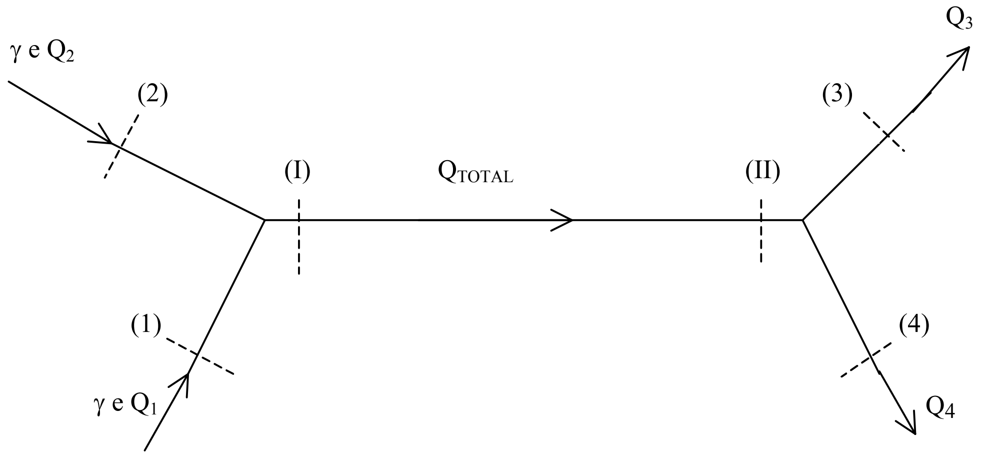



Figura 5.35

Ao observamos a figura 5.35, verificamos que a equação anterior é válida no trecho (I) e (II), nós demais não seria já que teríamos mais do que uma vazão, neste caso o balanço deve ser feito em relação as potências, ou seja:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\gamma_i \cdot Q_i \cdot H_i\right)\right]_{\text{entram}} = \left[\sum_{j=1}^{n}\left(\gamma_j \cdot Q_j \cdot H_j\right)\right]_{\text{saem}}$$

$$+ \underbrace{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\gamma_i \cdot Q_i \cdot Hp_i\right)\right] + \left[\sum_{j=1}^{n}\left(\gamma_j \cdot Q_j \cdot Hp_j\right)\right]}_{\text{Potência dissipada } (N_d) \text{ ao longo do escoamento.}} \qquad \text{equação 5.43}$$

Considerando a figura 5.35, podemos escrever que:

(1) $\rightarrow H_I = H_{II} + Hp_{I-II} \rightarrow$ uma única vazão $Q_T$.

(2) $\rightarrow \gamma \cdot Q_2 \cdot H_2 + \gamma \cdot Q_1 \cdot H_1 = \gamma \cdot Q_T \cdot H_I \cdot + \gamma \cdot Q_2 \cdot Hp_{2-I} + \gamma \cdot Q_1 \cdot Hp_{1-I}$

(3) $\rightarrow \gamma \cdot Q_T \cdot H_{II} = \gamma \cdot Q_3 H_3 + \gamma \cdot Q_4 H_4 + \gamma . Q_3 \cdot Hp_{II-3} + \gamma \cdot Q_4 \cdot Hp_{II-4}$

Devemos notar, que a situação descrita pela figura 5.35, não prevê nenhuma máquina hidráulica, se a mesma fosse colocada entre as seções (I) e (II), o equacionamento seria:

$\gamma \cdot Q_1 \cdot H_1 + \gamma \cdot Q_2 \cdot H_2 + \Sigma N = \gamma \cdot Q_3 \cdot H_3 + \gamma \cdot Q_4 \cdot H_4 + \Sigma N_d$

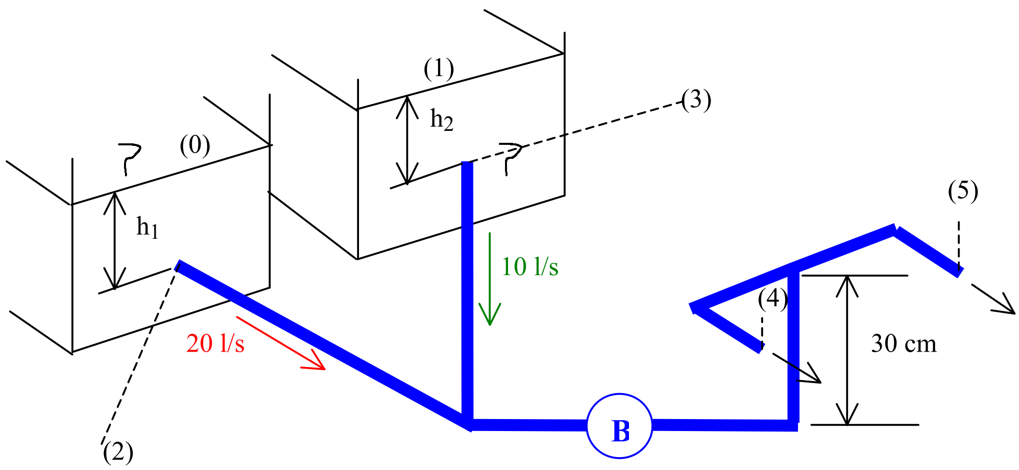
$N = \gamma \cdot Q_T \cdot H_M$ , com $N > 0$ para ***bomba*** e $N < 0$ para ***turbina***

$N_d = \gamma \cdot Q_1 \cdot Hp_{1-I} + \gamma \cdot Q_2 \cdot Hp_{2-I} + \gamma \cdot Q_3 \cdot Hp_{II-3} + \gamma . Q_4 \cdot Hp_{II-4}$

equação 5.44

Exemplo: A figura mostra uma bomba hidráulica que alimenta dois esguichos iguais, com água proveniente de dois, reservatórios de grandes dimensões mantidos às cotas $h_1$ = 2m e $h_2$ = 1m. Calcular o rendimento e a altura manométrica da bomba, sabendo-se que a potência dissipada na tubulação é de 116 kgf . m/s e que na bomba são dissipadas 120 kcal em 20 minutos.

Dado: $1 \frac{kcal}{s} = 427 \cdot kgf \cdot m/s$




$$A_4 = A_5 = 15cm^2 \rightarrow \gamma = 1000 \frac{Kgf}{m^3}$$

**Equação Genérica**

$$\Sigma ( \gamma . Q . H )_e + N = \Sigma ( \gamma . Q . H )_s + N_d$$

$$\gamma . Q_0 . H_0 + \gamma . Q_1 . H_1 + N = \gamma . Q_4 . H_4 + \gamma . Q_5 . H_5 + N_d$$

Pela condição de regime permanente, podemos afirmar que tanto o nível (0), como o nível (1), permanecem constantes, o que equivale a dizer:

$$Q_0 = 20 \text{ l/s} \qquad \text{e} \qquad Q_1 = 10 \text{ l/s}$$

A partir deste ponto, analisemos as unidades usadas:

$$\gamma . Q . H \rightarrow \frac{F}{L^3} . \frac{L^3}{T} . L \rightarrow \frac{F . L}{T}$$

Para o exercício, temos: $\frac{\text{kgf} . \text{m}}{\text{s}}$

Adotando-se o PHR no plano que contém o eixo da tubulação,temos:

$$H_0 = Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g}; \quad \text{onde}: \ Z_0 = h_1 = 2 \text{ m}$$

$p_0 = p_{atm} = 0 \rightarrow$ esc. efetiva

$V_0 = 0 \rightarrow$ regime permanente

$H_0 = 2\text{m}$

$$H_1 = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}; \quad \text{onde}: \ Z_1 = h_2 = 1 \text{ m}$$

$p_1 = p_{atm} = 0 \rightarrow$ esc. efetiva

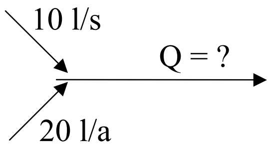
$V_1 = 0 \rightarrow$ regime permanente

$$H_1 = 1\text{m} \rightarrow H_4 = Z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g}; \quad \text{onde}: \ Z_4 = 0{,}3 \text{ m}$$

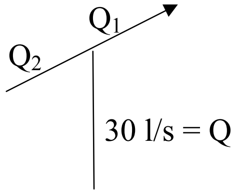
$p_4 = p_{atm} = 0 \rightarrow$ esc. efetiva

$V_4 = \frac{Q}{A_4} \rightarrow \quad Q = ?$

Para que possamos determinar as vazões, devemos pensar na ***equação da continuidade***, onde para escoamentos incompressíveis, temos: $\sum_e Q = \sum_s Q$, portanto:




Q = 30 l /s (vazão que passa pela bomba)




$30 = Q_1 + Q_2$

Como os esguichos são iguais, temos que

$Q_1 = Q_2 = Q'$

$\therefore Q' = 15 l/s$ (que sái em (4) e (5)

$$\therefore \quad V_4 = V_5 = \frac{15 \,.\, 10^{-3}}{15 \,.\, 10^{-4}} \quad \rightarrow \quad V_4 = V_5 = 10 m/s$$

$$H_4 = 0{,}3 + 0 + \frac{(10)^2}{20} \quad \therefore \quad H_4 = 5{,}3 \text{ m}$$

Pela condição dos esguichos serem iguais e pela figura, podemos concluir que :

$$H_4 = H_5 = 5{,}3 \text{ m}$$

$$10^3 \,.\, 20 \,.\, 10^{-3} \,.\, 2 + 10^3 \,.\, 10 \,.\, 10^{-3} \,.\, 1 + N = 2 \,.\, 10^3 \,.\, 15 \,.\, 10^{-3} \,.\, 5{,}3 + N_d$$

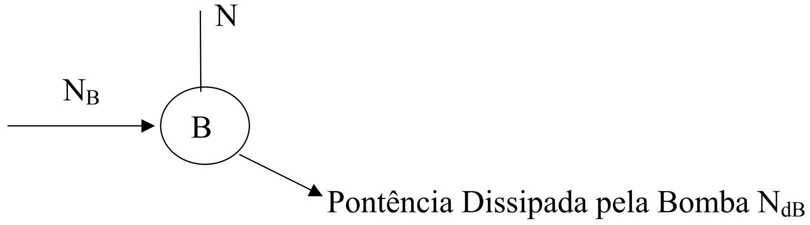
$$40 + 10 + N = 159 + N_d$$

$$N = 109 + N_d$$

$$N = 109 + 116 \Rightarrow N = 225 \text{ kgf . m/s}$$

Potência útil da Bomba, pois N > 0

$$225 = 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot H_B \rightarrow \boxed{H_B = 7{,}5 \text{ m}}$$




$$N_B = N + N_{dB}$$

$$N_{dB} = \frac{120}{20 \cdot 60} \quad \therefore \quad N_{dB} = 0{,}1 \ \frac{\text{kcal}}{\text{s}}$$

$$\left.\begin{array}{l} 1 \longleftrightarrow 427 \\ 0{,}1 \longleftrightarrow x \end{array}\right\} \longrightarrow N_{dB} = 42{,}7 \ \text{kgf} \cdot \text{m/s}$$

$$\therefore \quad N_B = 225 + 42{,}7 \longrightarrow N_B = 267{,}7 \text{ kgf / m/s}$$

$$\eta_B = \frac{N}{N_B} = \frac{225}{267{,}7} \quad \therefore \quad \eta_B \approx 84\ \%$$

Este trabalho é motivado pelo Marcus Vinicius – meu neto