

Quinta aula de laboratório de ME5330 - Experiência do freio dinamométrico

Primeiro semestre de 2012

Experiência do freio dinamométrico

objetivos

conhecer um freio dinamométrico

obter as curvas

$$HB = f(Q)$$

$$NB = f(Q)$$

$$\text{rendimento da bomba} = f(Q)$$

comparar as curvas obtidas experimentalmente com as curvas fornecidas pelo fabricante

aprender

a calcular em uma dada rotação

vazão

carga manométrica

potência da bomba

rendimento da bomba

corrigir os cálculos acima para uma rotação n

Bancada



1 = bomba MARK de 4 CV

2 = fita adesiva para det. n

3 = motor elétrico de 5 CV

4 = esfera

5 = célula de carga

6 = manovacuômetro

7 = manômetro

8 = analisador Kratos

9 = válv. globo para controlar
a vazão (Q)

10 = tubulação de sucção

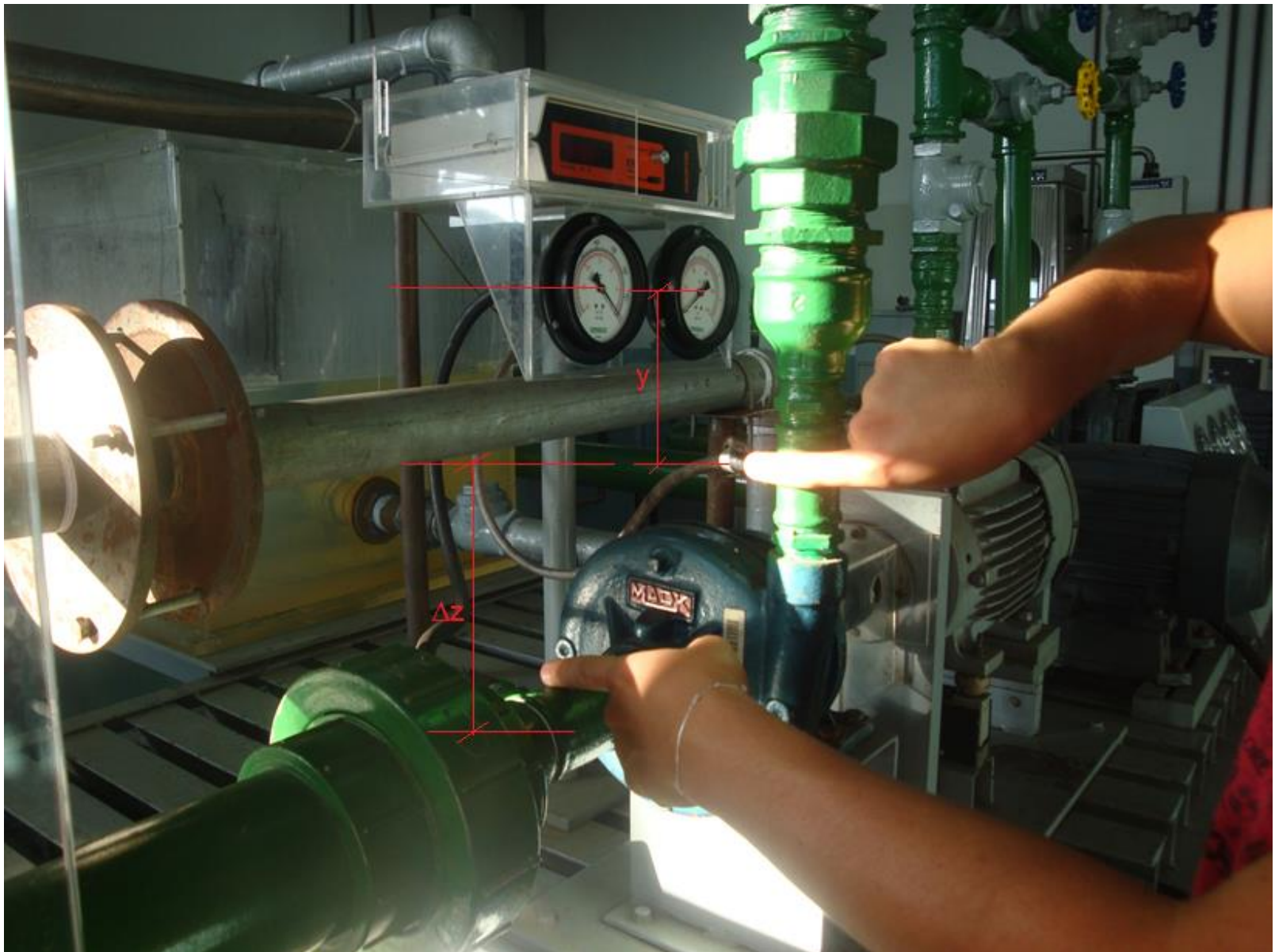
11 = tubulação de recalque

12 = tubulação de recalque

13 = tanque de distribuição

14 = piezômetro p/ det. da Q

Trecho da bancada mostrando seção de entrada e saída da bomba

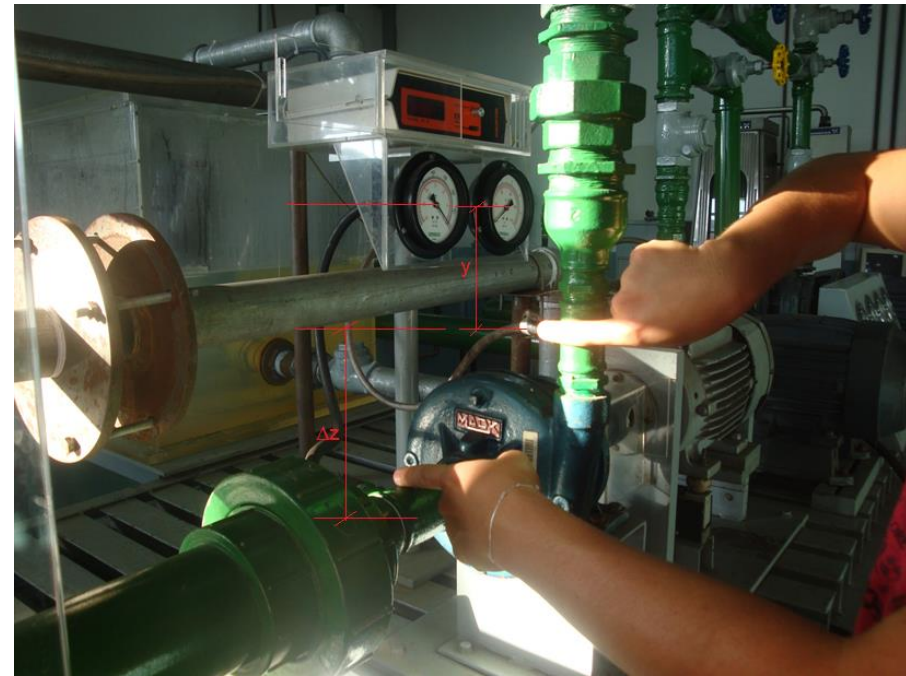


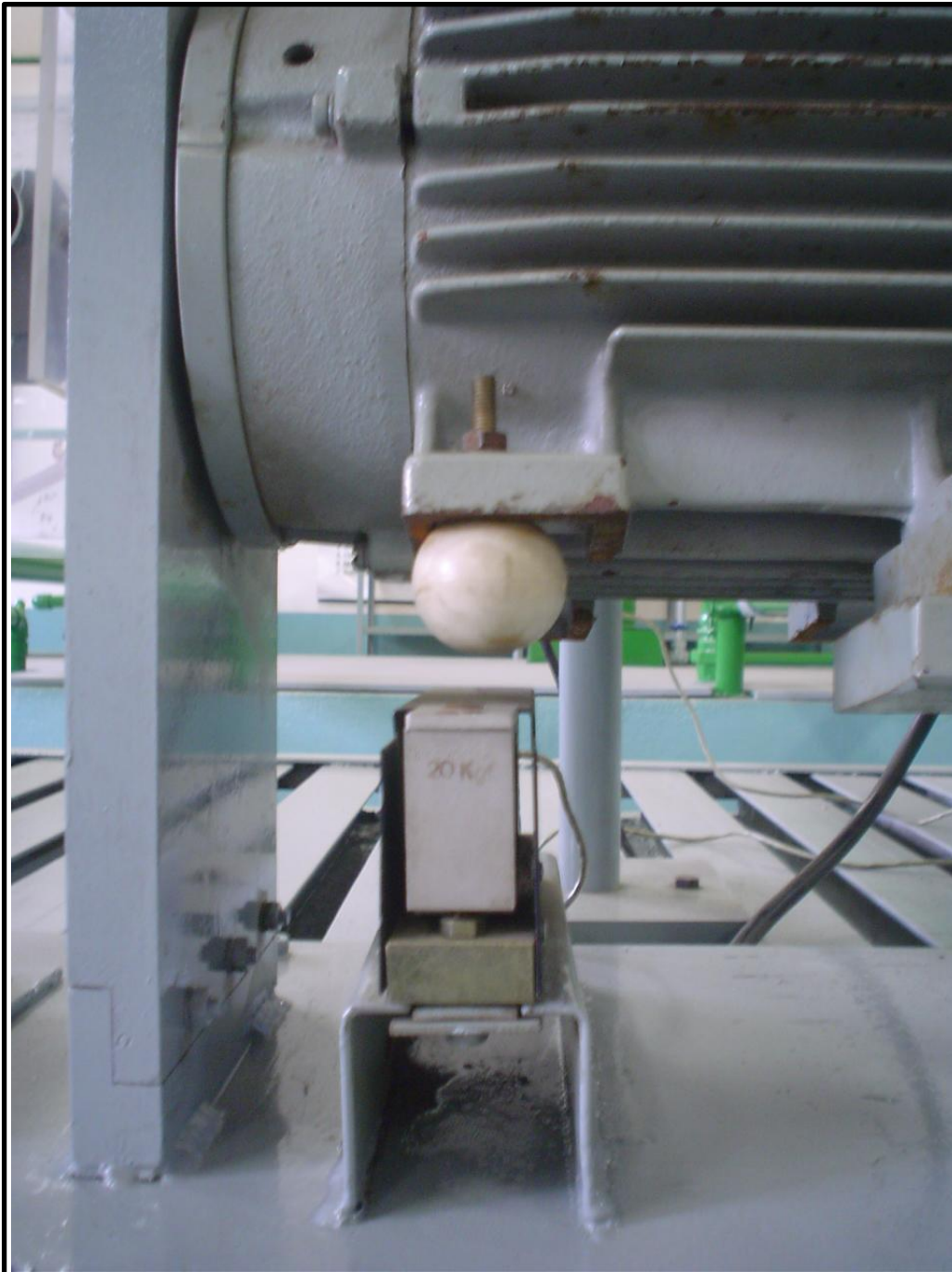
Determinação da diferença de cargas de pressão entre as seções de entrada e de saída da bomba

$$p_e = p_{me} + \gamma \times (y + \Delta z)$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times y \therefore p_s - p_e = p_{ms} - p_{me} - \gamma \times \Delta z$$

$$\frac{p_s - p_e}{\gamma} = \frac{p_{ms} - p_{me}}{\gamma} - \Delta z$$



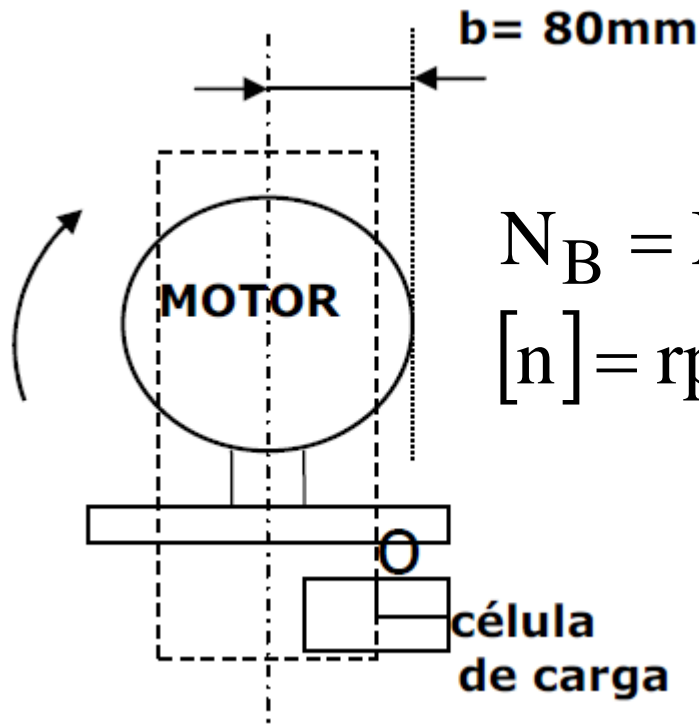


Ao acionar o conjunto motor bomba, olhando-o por trás, este girará no sentido horário, como a carcaça (estator) está solta, pelo princípio da ação e reação, ela tenderá a girar no sentido anti-horário e uma esfera presa em uma das “patas” do motor, pressionará uma célula de carga que irá registrar a força aplicada, já que a célula de carga está ligada a um analisador, no caso da Kratos.

A foto a seguir mostra o registro de uma força pelo analisador da Kratos, registro feito em “kgf”.



Através da força aplicada e registrada, além do torque, podemos calcular a potência da bomba, já que:



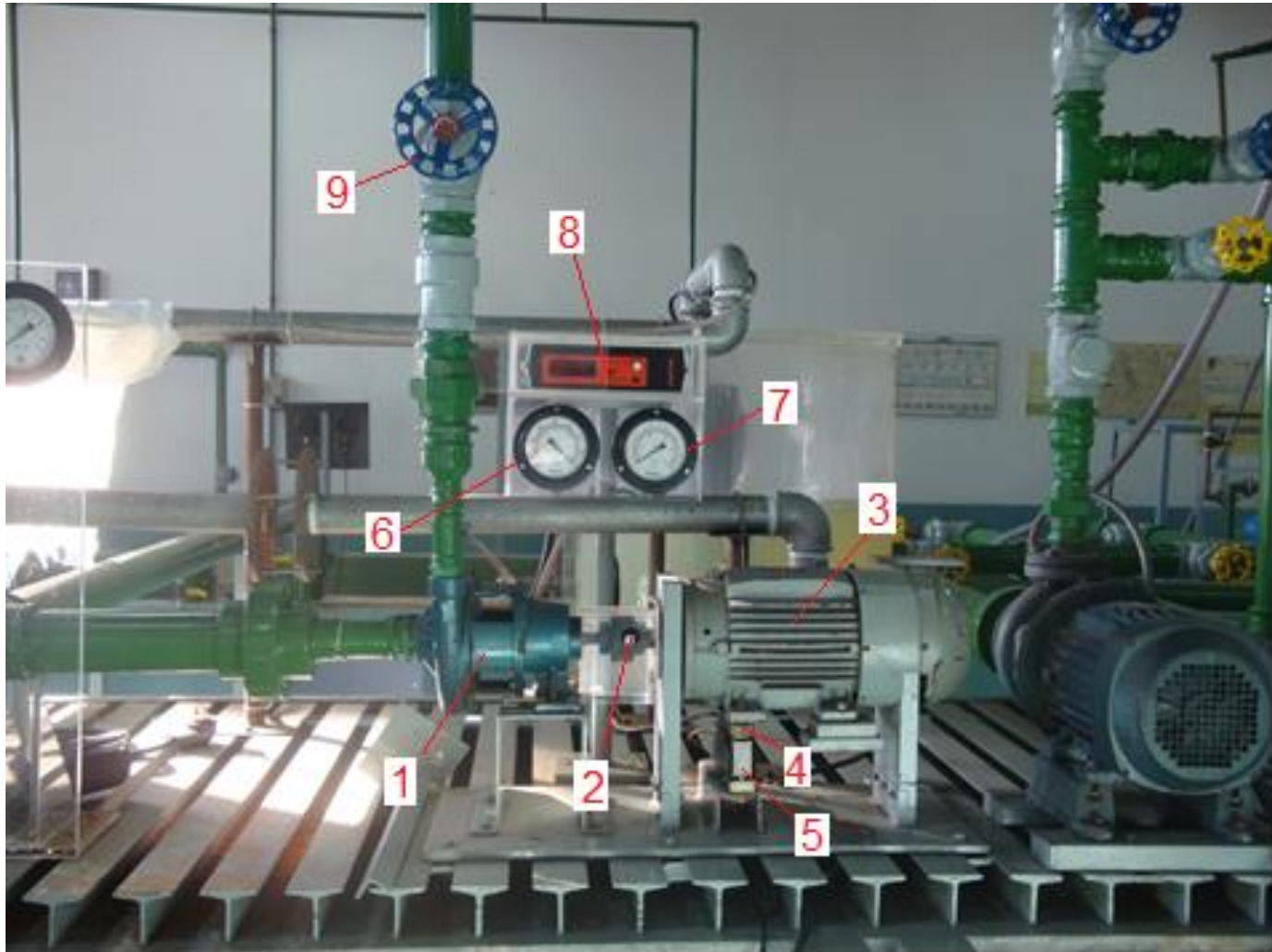
$$N_B = \text{Momento} \times \omega = F \times \text{braço} \times 2\pi \times n$$

$[n] = \text{rps}$

Vista frontal do conjunto motor
bomba

COMO ACHAR A
ROTAÇÃO?

A rotação é obtida através de um tacômetro a laser, o qual é apontado para o adesivo branco = 2



Cuidado para não danificar o sistema

Se acionarmos o motor sem a esfera estar apoiada na célula de carga, a mesma poderá ser danificada, por esse motivo, o acionamento do motor só deve ser feito após a esfera estar apoiada na célula de carga.



Não acionar o motor nessa situação



Acionar o motor só nessa situação

Desenvolvimento da experiência



Com a válvula controladora de vazão totalmente fechada se obtém as coordenadas do ponto de shut-off, para tal, deve-se anotar as pressões manométricas respectivamente na entrada e saída da bomba e a rotação do conjunto motor bomba. Observe que:

$$p_e = p_{me} + \gamma \times (y + \Delta z)$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times y \therefore p_s - p_e = p_{ms} - p_{me} - \gamma \times \Delta z$$

$$\frac{p_s - p_e}{\gamma} = \frac{p_{ms} - p_{me}}{\gamma} - \Delta z$$

Aplica-se a equação da energia entre as seções de entrada e saída da bomba



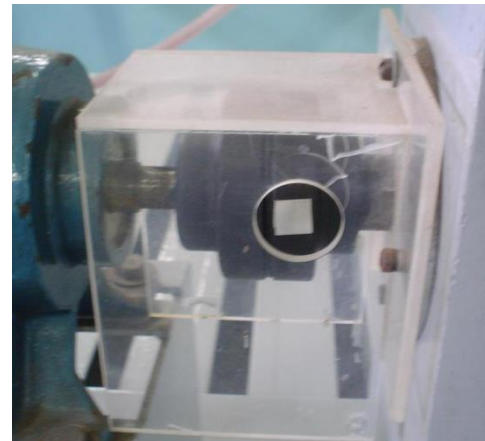
$$H_e + H_B = H_s$$

$$H_B = (z_s - z_e) + \frac{(p_s - p_e)}{\gamma} + \frac{(\alpha_s v_s^2 - \alpha_e v_e^2)}{2g}$$

$$Q = 0 \rightarrow \text{shut-off} \rightarrow v_s = v_e = 0$$

$$\therefore H_B = \Delta z + \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} - \Delta z = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma}$$

Não esquecer de registrar a rotação.



Após as leituras de p_{ms} ,
 p_{me} e da n para $Q=0$,
 deve-se abrir totalmente
 a válvula controladora da
 vazão (último ensaio) e
 para essa situação
 efetuar a leitura do Δh
 (mm), t (s), p_{me} , p_{ms} e n .



$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$$

$$A_{\text{tanque}} = 0,681 \text{ m}^2$$

$$H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \frac{(\alpha_s v_s^2 - \alpha_e v_e^2)}{2g}$$

A seção de entrada e a de
 saída, pertencem a tubos de
 aço 40 com diâmetros
 nominais de 1,5" e 1"
 respectivamente, portanto:

$$(e) \rightarrow D_{\text{int}} = 40,8\text{mm} \Rightarrow A = 13,1\text{cm}^2$$

$$(s) \rightarrow D_{\text{int}} = 26,6\text{mm} \Rightarrow A = 5,57\text{cm}^2$$

Portanto:

$$\alpha_s = \alpha_e = 1,0$$

$$H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \frac{(v_s^2 - v_e^2)}{2g}$$

$$v_s = \frac{Q}{A_s} \rightarrow v_e = \frac{Q}{A_e}$$

Determina-se a potência e o rendimento da bomba para uma rotação n , que é lida no tacômetro a laser:

$$N_B = \text{Momento} \times \omega = F \times \text{braço} \times 2\pi \times n$$

$$[n] = \text{rps}$$

$$\text{braço} = 0,08\text{m}$$

$$\eta_B = \frac{N}{N_B} = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{F \times \text{braço} \times 2\pi \times n}$$

Fechando-se planejadamente a válvula controladora de vazão obtemos as demais leituras que originarão a tabela de dados:

Ensaio	Δh (mm)	t(s)	p_{me} (mmHg)	p_{ms} (kPa)	F (kgf)	n (rpm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Tabela de dados

Não se pode esquecer de corrigir a vazão (Q), a carga manométrica (H_B), a potência da bomba (N_B) e o rendimento da bomba (η_B) para uma rotação estabelecida e como se deseja comparar as curvas obtidas experimentalmente com as fornecidas pelo fabricante, essa rotação é igual a 3500 rpm.

Adimensionais

$$\phi = \frac{Q}{n \times D_r^3} \rightarrow \text{coeficiente de vazão}$$

$$\psi = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2} \rightarrow \text{coeficiente manométrico}$$

$$X = \frac{N_B}{\rho \times n^3 \times D_r^5} \rightarrow \text{coeficiente de potência}$$

Correções

$$Q_{3500} = \left(\frac{3500}{n_{\text{lida}}} \right) \times Q_{\text{experimental}}$$

$$H_{B_{3500}} = \left(\frac{3500}{n_{\text{lida}}} \right)^2 \times H_{B_{\text{experimental}}}$$

$$N_{B_{3500}} = \left(\frac{3500}{n_{\text{lida}}} \right)^3 \times N_{B_{\text{experimental}}}$$

$$\eta_{B_{3500}} = \eta_{B_{\text{experimental}}}$$

Considerando que a variação da rotação irá alterar o rendimento, temos:

$$\eta_{B3500} = 1 - (1 - \eta_{B_{\text{experimental}}}) \left(\frac{n_{\text{lido}}}{3500} \right)^{0,1}$$

Deseja-se comparar as curvas da potência e do rendimento obtidas para 3500 rpm, considerando as condições especificadas nos slides 17 e 18, onde deve-se tomar um posicionamento e se efetuar ou não a correção

Deseja-se também, após a obtenção das curvas: $H_B = f(Q)$, $\eta_B = f(Q)$ e $N_B = f(Q)$ para a rotação de 3500 rpm, efetuar a sua comparação com as curvas dadas pelo fabricante (slide 21), para tal, deve-se construir a tabela de resultados adequados para a construção das referidas curvas e as comparações solicitadas.

Dado:

