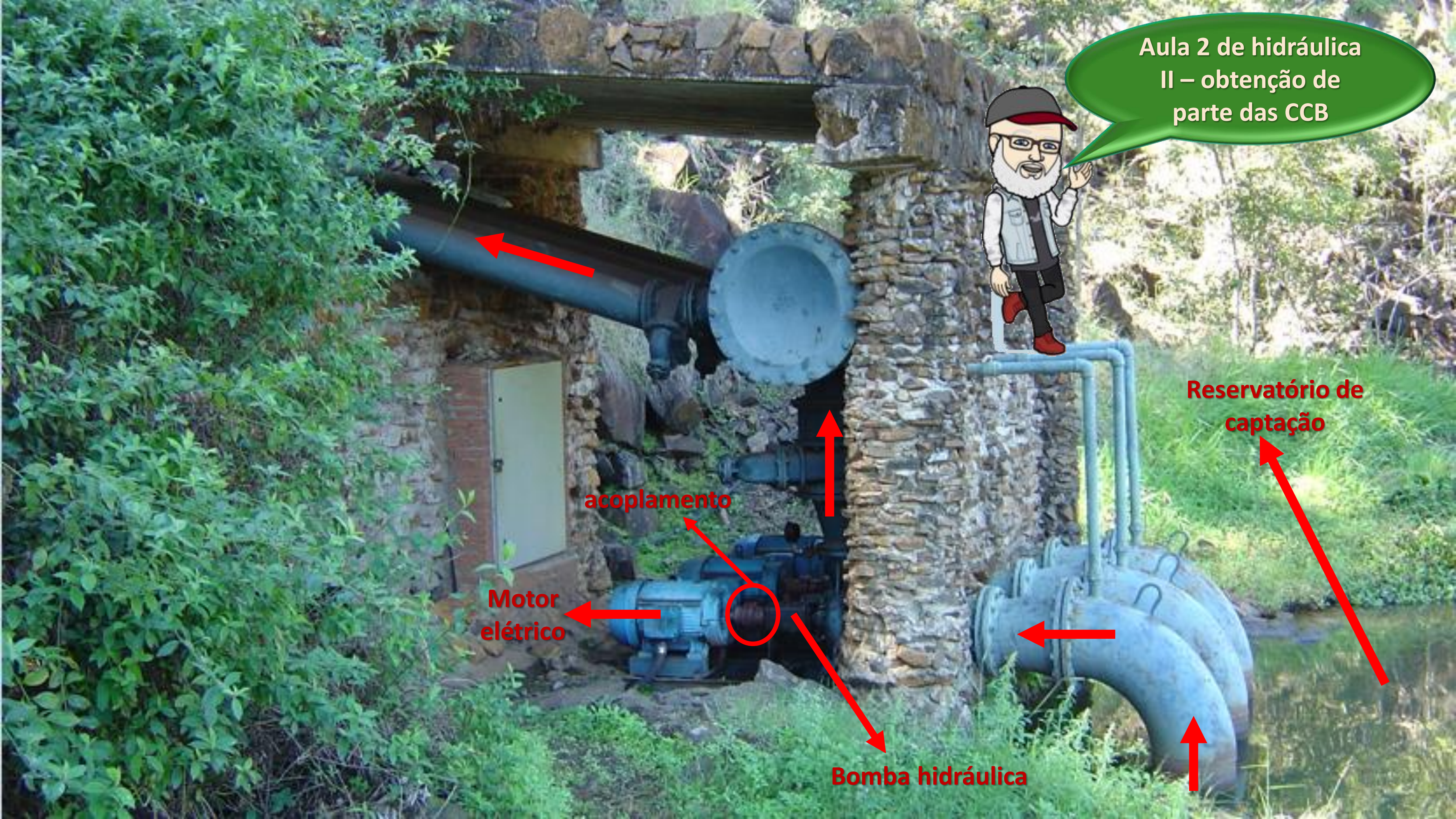
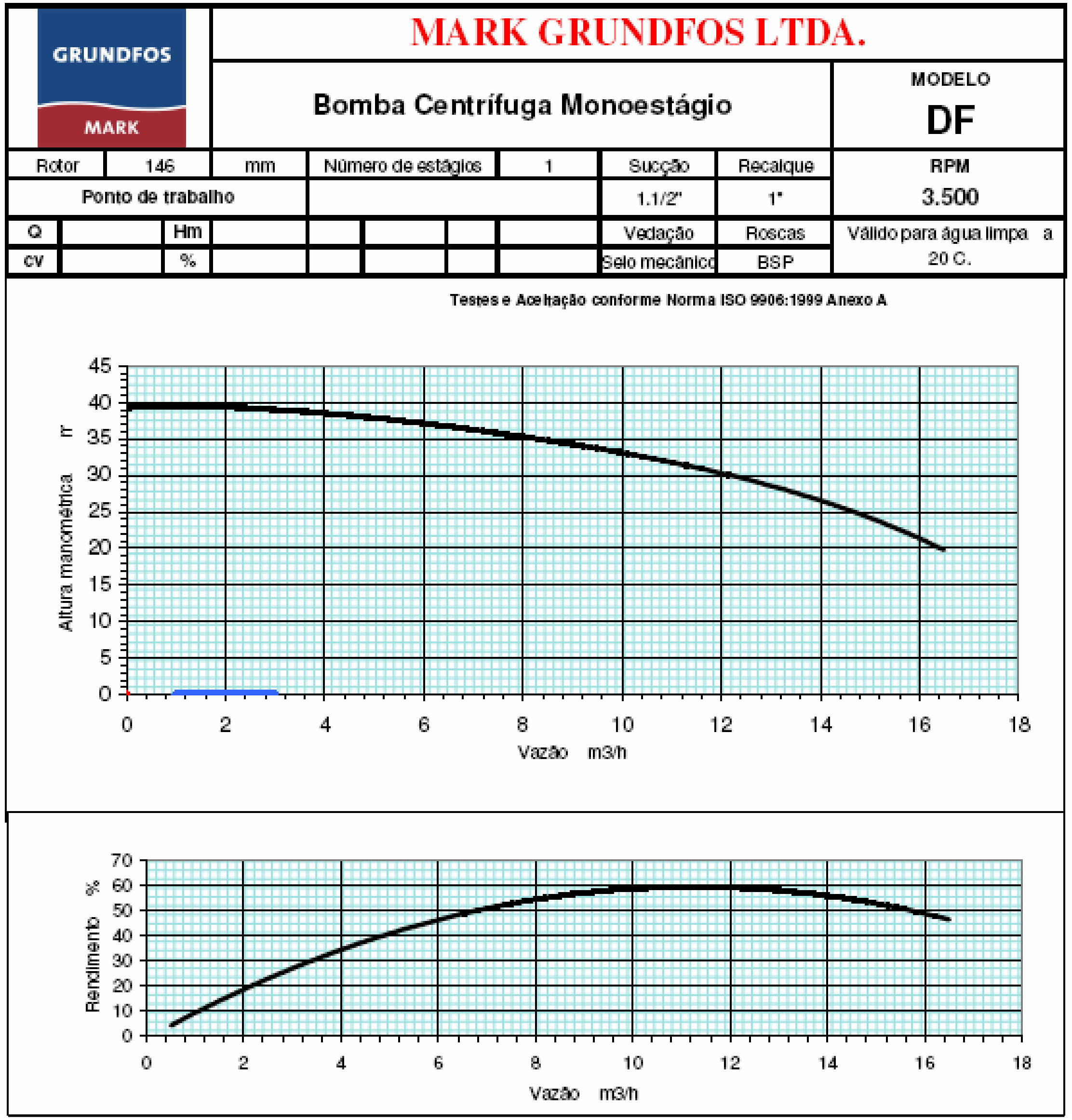
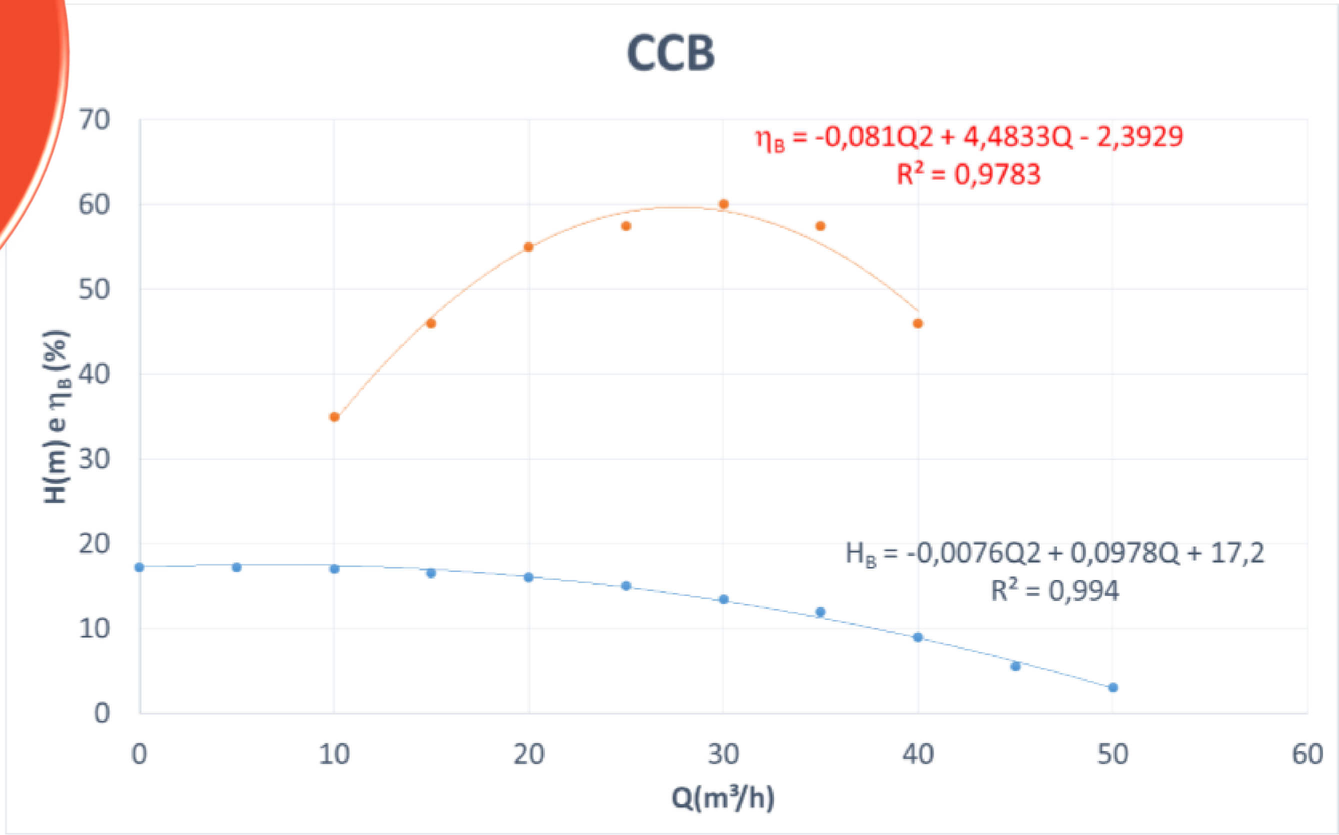

Aula 2 de hidráulica II – obtenção de parte das CCB
Reservatório de captação
acoplamento
Motor elétrico
Bomba hidráulica

Vamos traçar as curvas $H_B = f(Q)$ e $\eta_B = f(Q)$ para a rotação de 3500 rpm através dos dados obtidos experimentalmente.

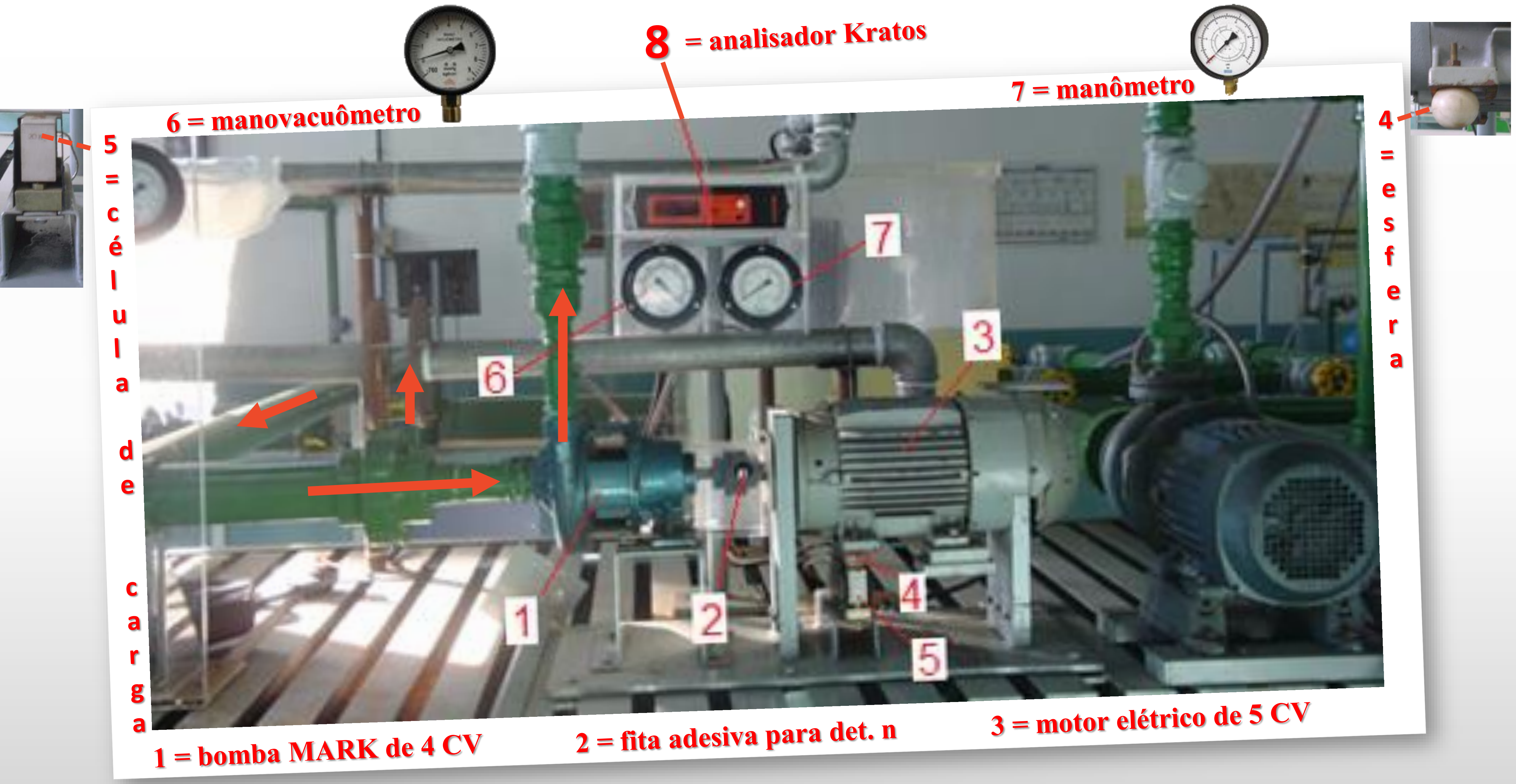
EXEMPLO



Exemplo de curvas, com as equações das linhas de tendências, a serem obtidas pelo relatório, no caso através do Excel




A imaginação e a criatividade são fundamentais tanto para ampliação da inteligência, como para o sucesso na profissão contemporânea e futura!

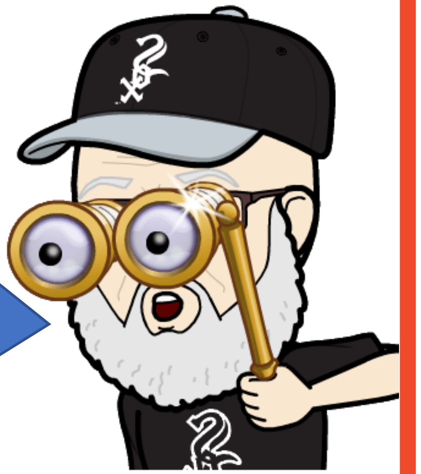


8 = analisador Kratos
6 = manovacuômetro
7 = manômetro
5 = célula de carga
4 = esfera
6
7
3
1
2
4
5
1 = bomba MARK de 4 CV
2 = fita adesiva para det. n
3 = motor elétrico de 5 CV

UTILIZADOS NAS SEÇÕES DE
ENTRADA E SAÍDA DA BOMBA

VISUALIZANDO OS MANÔMETROS

Ao acionar o conjunto motor bomba, olhando-o pela frente, este girará no sentido anti-horário, como a carcaça (estator) está solta, pelo princípio da ação e reação, ela tenderá a girar no sentido 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.



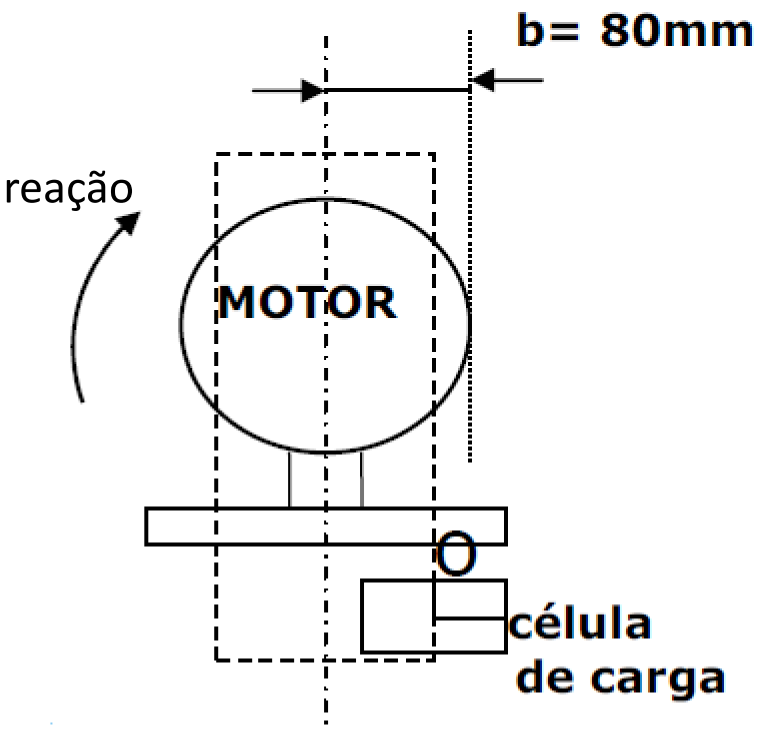
O registro da força pelo analisador da Kratos é feito em “kgf”.

Relembrando:

potência igual a momento vezes velocidade angular

$$\therefore N_B = M \times \omega$$

Vista frontal do conjunto motor bomba



momento igual a força vezes braço

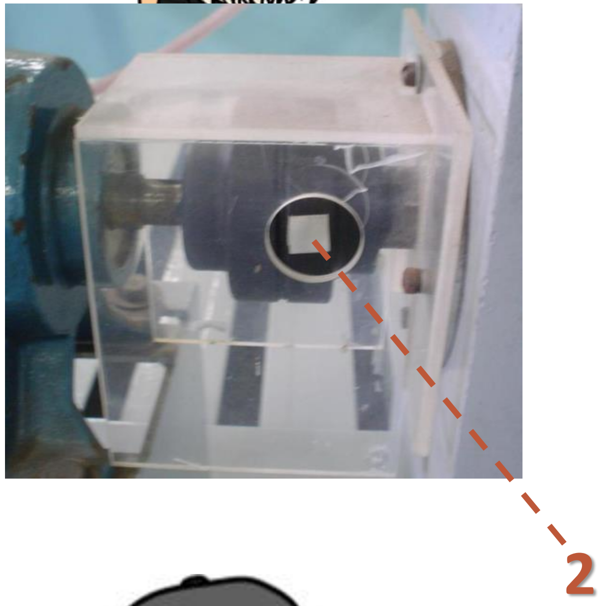
$$M = F \times \text{braço}$$

velocidade angular igual a 2π vezes a rotação

$$\omega = 2\pi \times n \rightarrow [n] = \text{rps}$$

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

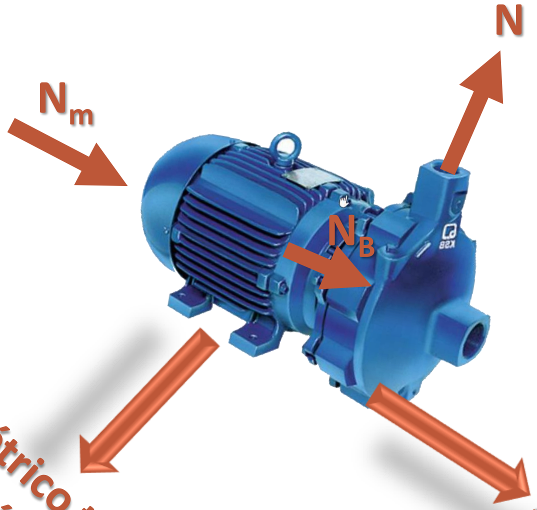
A rotação é obtida através de um tacômetro a laser, o qual é apontado para o adesivo branco = 2



E como achamos a rotação?

Ok, mas como achamos o rendimento da bomba?

$$\text{rendimento } (\eta) = \frac{\text{potência útil (que saí)}}{\text{potência posta em jogo (que entra)}}$$

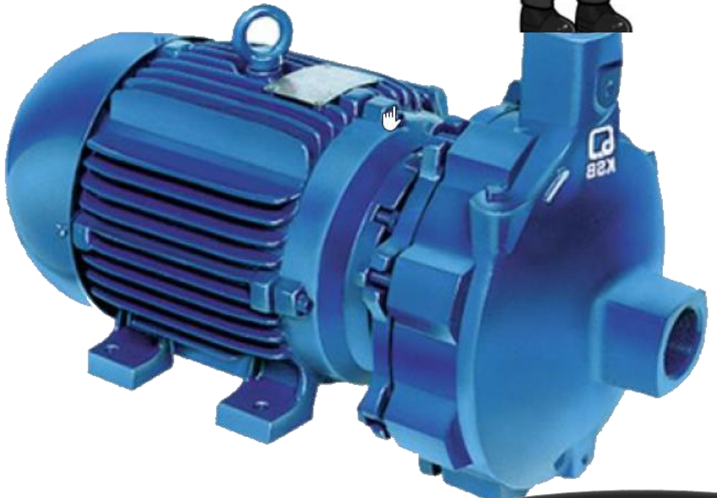


Lembrando que:

$$\text{onde} \rightarrow N = \gamma \times Q \times H_B$$

$$\therefore \eta_B = \frac{N}{N_B} = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{N_B}$$

Agora, preciso achar a vazão e a carga manométrica!



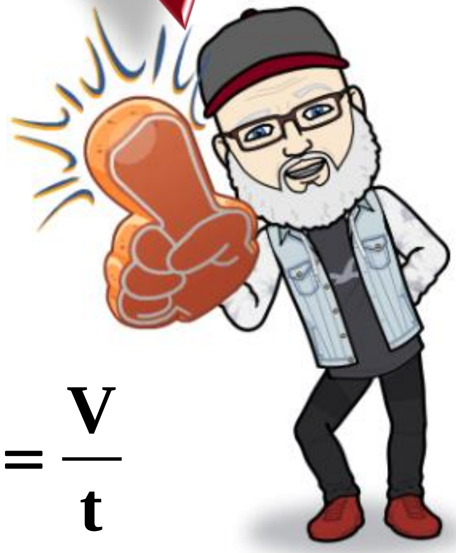
$$Q = \frac{A_{tanque} \times \Delta h}{t}$$

A vazão, determinamos de forma direta!

Tanque de seção transversal com área (A) igual a 0,681 m²

Piezômetro (medidor de nível), onde registramos um Δh em um tempo t

Gostaria de ver este tanque na bancada, é possível?



$$Q = \frac{V}{t}$$

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

11 e 12 = tubulação de recalque

10 = tubulação de sucção

13 = tanque de distribuição

14 = piezômetro p/ det. da Q

Agora é a vez da carga manométrica!

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{\alpha_x \times v_x^2}{2g}$$

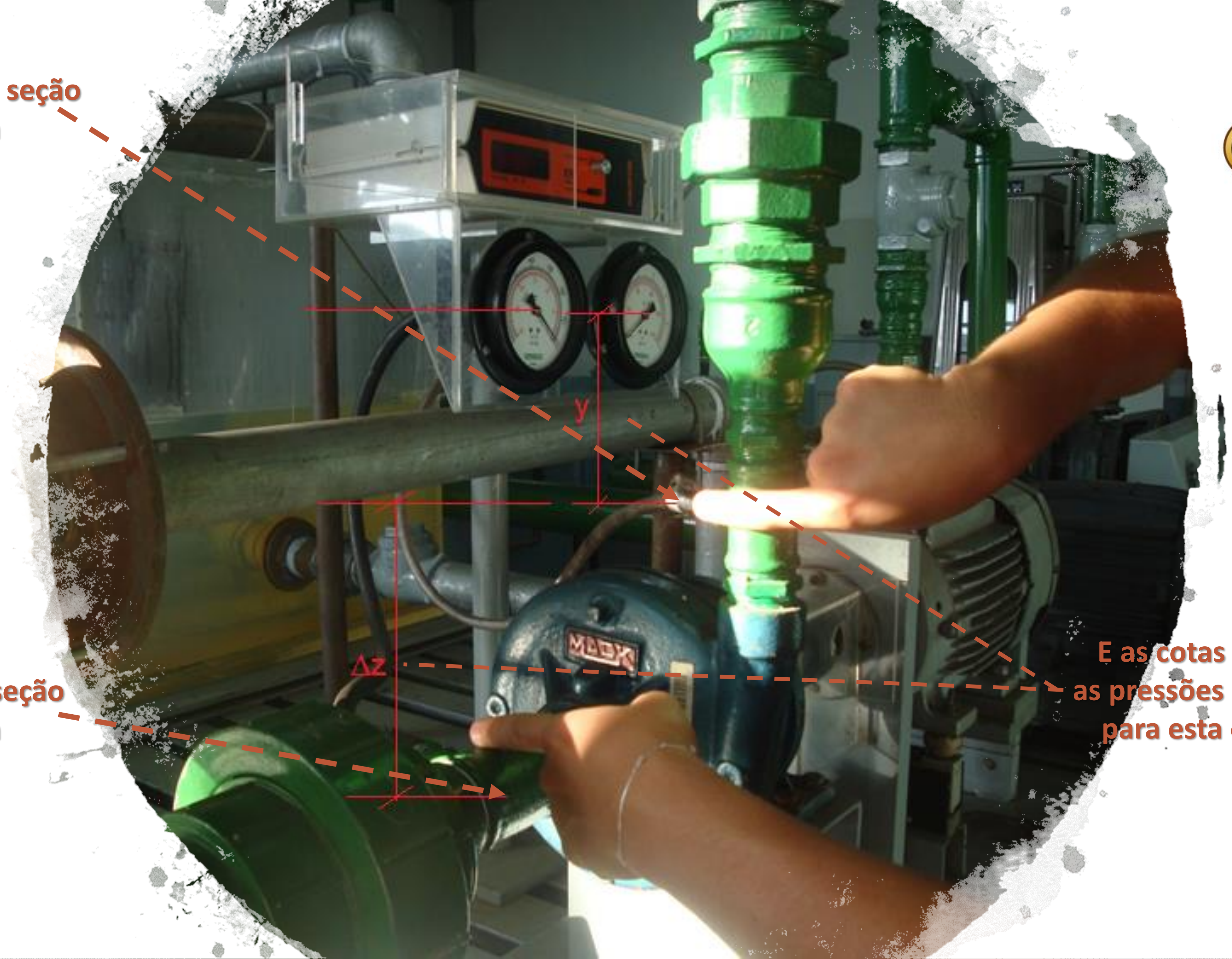
É só aplicar a equação da energia entre as seções de entrada e saída da bomba com o PHR no eixo da bomba!

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

$$H_e + H_B = H_s \rightarrow H_B = H_s - H_e$$

$$H_B = (\underbrace{z_s}_{\Delta z} - \underbrace{\cancel{z_e}}_{0}) + \frac{(p_s - p_e)}{\gamma} + \frac{(\alpha_s v_s^2 - \alpha_e v_e^2)}{2g}$$

Visualizando a seção
de saída



Visualizando a seção
de entrada

E as cotas para corrigir
as pressões manométricas
para esta experiência.

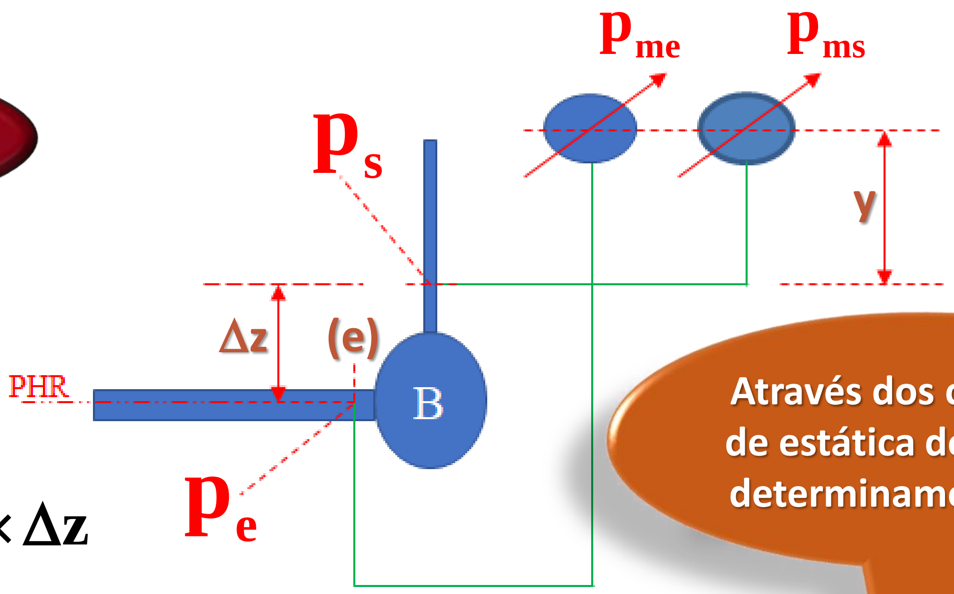
Esquematicamente, temos:

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

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times y$$

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

$$p_s - p_e = p_{ms} - p_{me} - \gamma \times \Delta z \rightarrow (I)$$



Através dos conceitos de estática dos fluidos determinamos ps - pe

Considerando a equação I na equação da energia, resulta:

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

Agora é calcular as velocidades nas seções de entrada e saída

$$H_B = \Delta z + \frac{(p_s - p_e)}{\gamma} + \frac{(v_s^2 - v_e^2)}{2g} \rightarrow H_B = \cancel{\Delta z} + \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} - \cancel{\Delta z} + \frac{(v_s^2 - v_e^2)}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

As tubulações são de aço 40

D_{int} = 40,8 mm

D_{Ne} = 1,5”

A = 13,1 cm²

D_{int} = 26,6 mm

D_{Ns} = 1”

A = 5,57 cm²

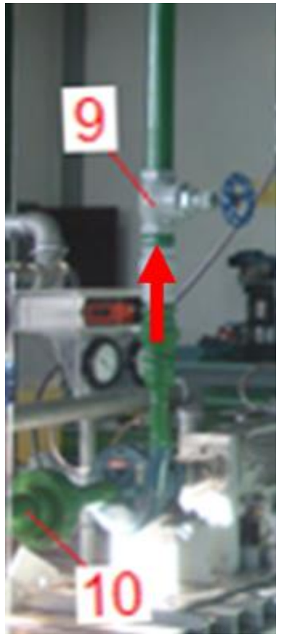
Norma ANSI B3610

Vamos partir para a coleta de dados, mas antes uma recomendação para não danificar os componentes da bancada: se acionarmos o motor sem a esfera estar apoiada na célula de carga (analisador indicando zero), 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

Procedimento para coleta de dados:



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:

$$H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \cancelto{0}{\frac{(v_s^2 - v_e^2)}{2g}}$$

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}, F e n.

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

Temperatura d'água: ....^{0}C

Tabela de dados

Cálculos para a rotação lida no ensaio e dados da bancada:

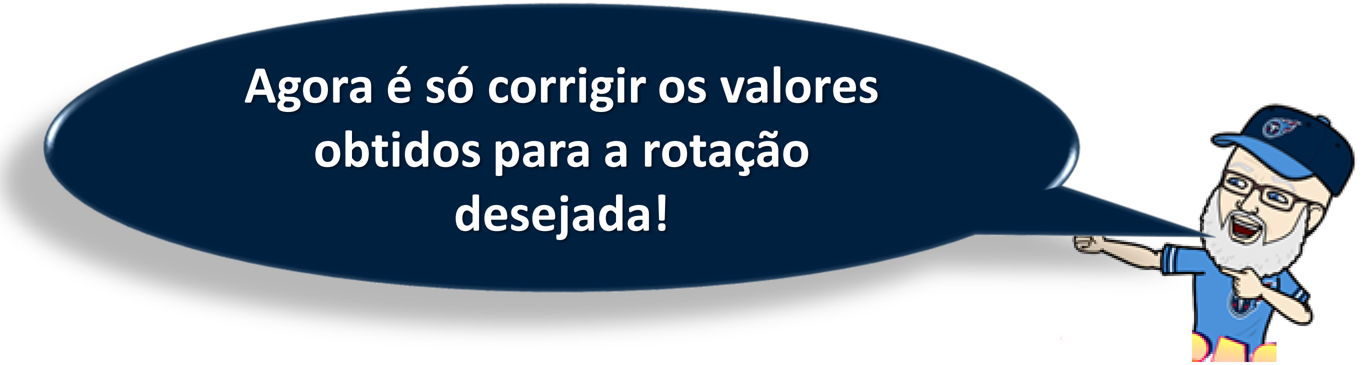
$$Q(m^3/s) = \frac{0{,}681 \times \Delta h(m)}{t(s)} \rightarrow v_e(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{13{,}1 \times 10^{-4}(m^2)} \rightarrow v_s(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{5{,}57 \times 10^{-4}(m^2)}$$

$$\rho = 1000{,}14 + 0{,}0094 \times t - 0{,}0053 \times t^2 \rightarrow [\rho] = \frac{kg}{m^3}; [t] = {}^0C \rightarrow \gamma = \rho \times g$$

$$x(mmHg) = \frac{x}{1000} \times 13600 \times 9{,}8 \frac{N}{m^2}(\text{ou Pa}) \rightarrow x(kPa) = 1000 \frac{N}{m^2}(\text{ou Pa}) \rightarrow H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \frac{(v_s^2 - v_e^2)}{2g}$$

$$N = \gamma \times Q \times H_B \rightarrow x(kgf) = 9{,}8 \times x(N) \rightarrow x(rpm) = \frac{x}{60}(rps) \rightarrow N_B = F \times \text{braço} \times 2\pi \times n$$

$$\eta_B = \frac{N}{N_B}$$



Correção dos resultados dos cálculos anteriores para a rotação igual a 3500 rpm:

$$\phi \rightarrow \textbf{coeficiente de vazão} = \frac{Q}{n \times D_r^3} \rightarrow \frac{Q_{3500}}{3500 \times \cancel{D_r^3}} = \frac{Q_{exp}}{n_{lida} \times \cancel{D_r^3}}$$

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

$$\varphi \rightarrow \textbf{coeficiente manométrico} = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2} \rightarrow \frac{H_{B\,3500}}{3500^2 \times \cancel{D_r^2}} = \frac{H_{Bexp}}{n_{lida}^2 \times \cancel{D_r^2}}$$

$$H_{B\,3500} = \left(\frac{3500}{n_{lida}}\right)^2 \times H_{Bexp}$$

Cálculos para a rotação igual a 3500 rpm (cont.):

Para o rendimento existem duas posturas:

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

Considerando que a rotação altera o rendimento, podemos recorrer a equação a seguir para calculá-lo:

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

Equação obtida no livro: Bombas e Instalações de Bombeamento - Archibald Joseph Macintyre - Livros Téc. e Cient. Editora 2008- segunda edição revisada - ISBN 978-85-216-1086-1 – página 126

Tabela de resultados

Ensaio	Q_{exp} (m^3/s)	v_e (m/s)	v_s (m/s)	H_{Bexp} (m)	N_{exp} (W)	N_{Bexp} (W)	η_{Bexp} (%)	n_{lida} (rpm)	Q_{3500} (m^3/s)	H_{B3500} (m)	η_{B3500} (%)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Tabela de dados coletados para execução do relatório

Equipe	Δh (mm)	t(s)	p_{me} (mmHg)	p_{ms} (kgf/cm²)	F (kgf)	n (rpm)
1			-80	5,1	3,64	3571
2	100	27,13	-135	4,5	7,09	3539
3	100	18,35	-205	3,8	8,42	3525
4	100	14,41	-245	3,1	9,24	3515
5	100	13,75	-295	2,4	9,69	3510
6	100	12,57	-340	1,7	10,17	3505
7	100	11,53	-350	1	11,18	3513

Temperatura d'água: 20 ^{0}C