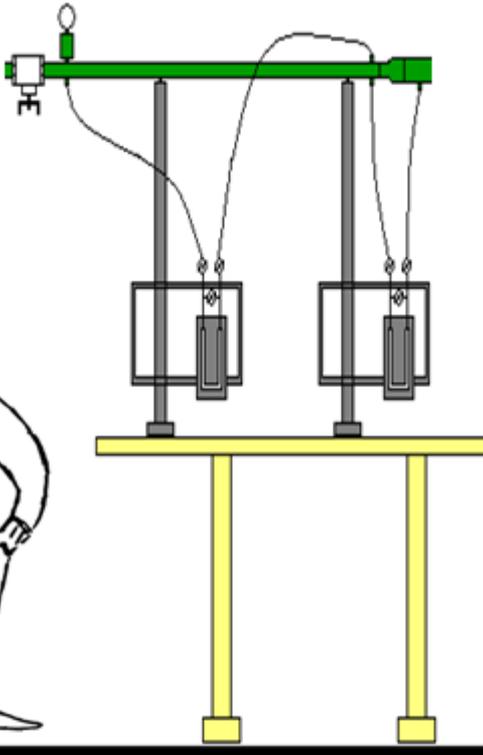


Experiência de bomba

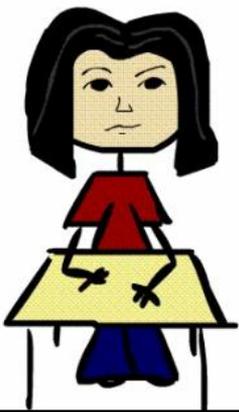
Primeiro semestre de 2012

Antes de falar da experiência quero falar um pouco das representações gráficas que vocês têm entregues e muitas vezes de forma inadequada!

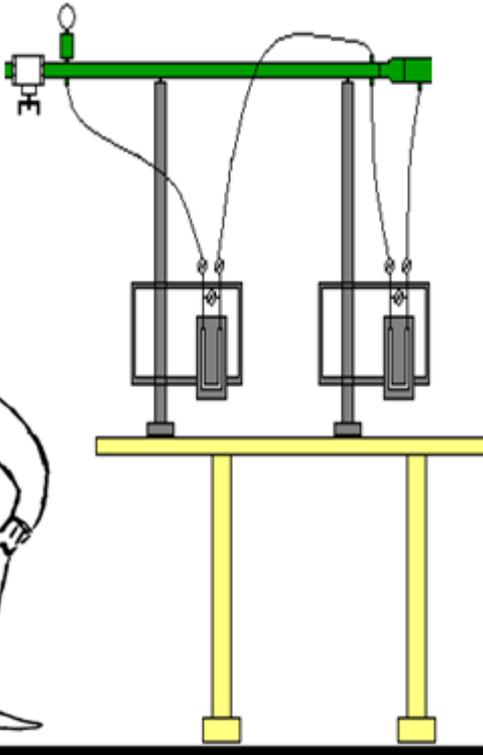


Em primeiro lugar sempre devemos conhecer o tipo de representação gráfica que buscamos!

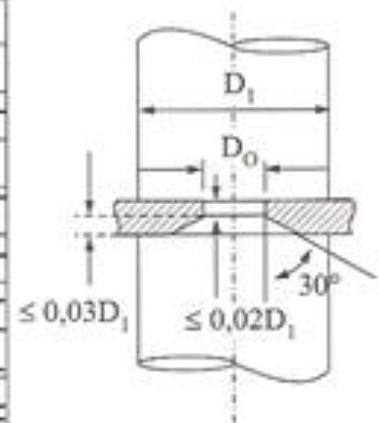
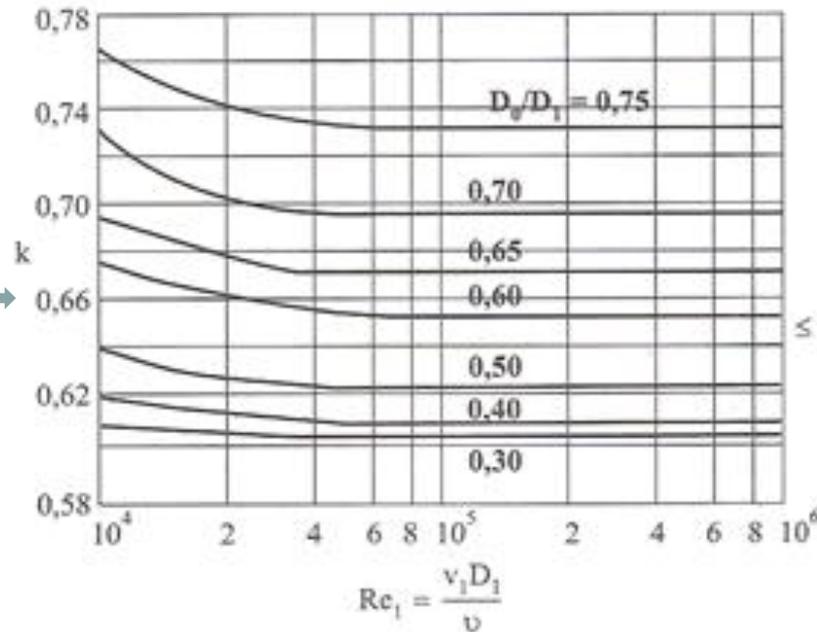
Por que?



Sabendo o tipo da curva
podemos comparar a curva
experimental com aquela que
se conhece nas bibliografias!



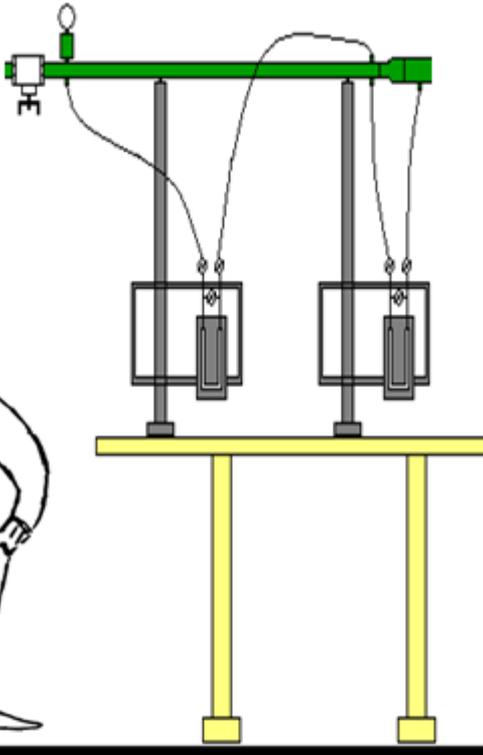
Curva característica
da placa de orifício:



Exemplo



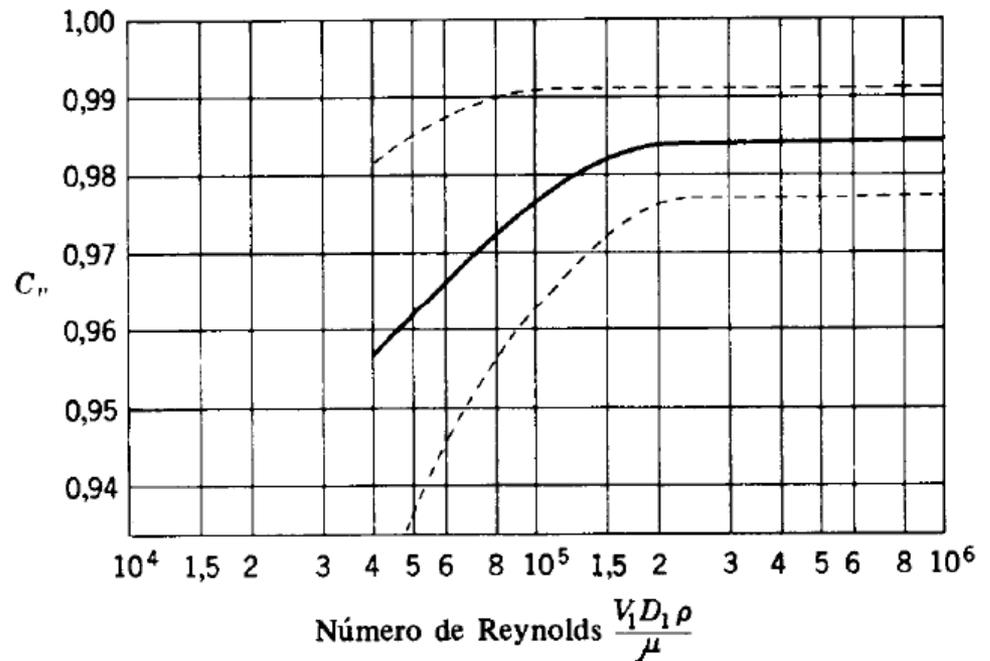
Outro exemplo:



$$C_v = C_d \text{ já que } C_c = 1$$

E o Re_1 é calculado com a vazão real, salvo informação ao contrário!

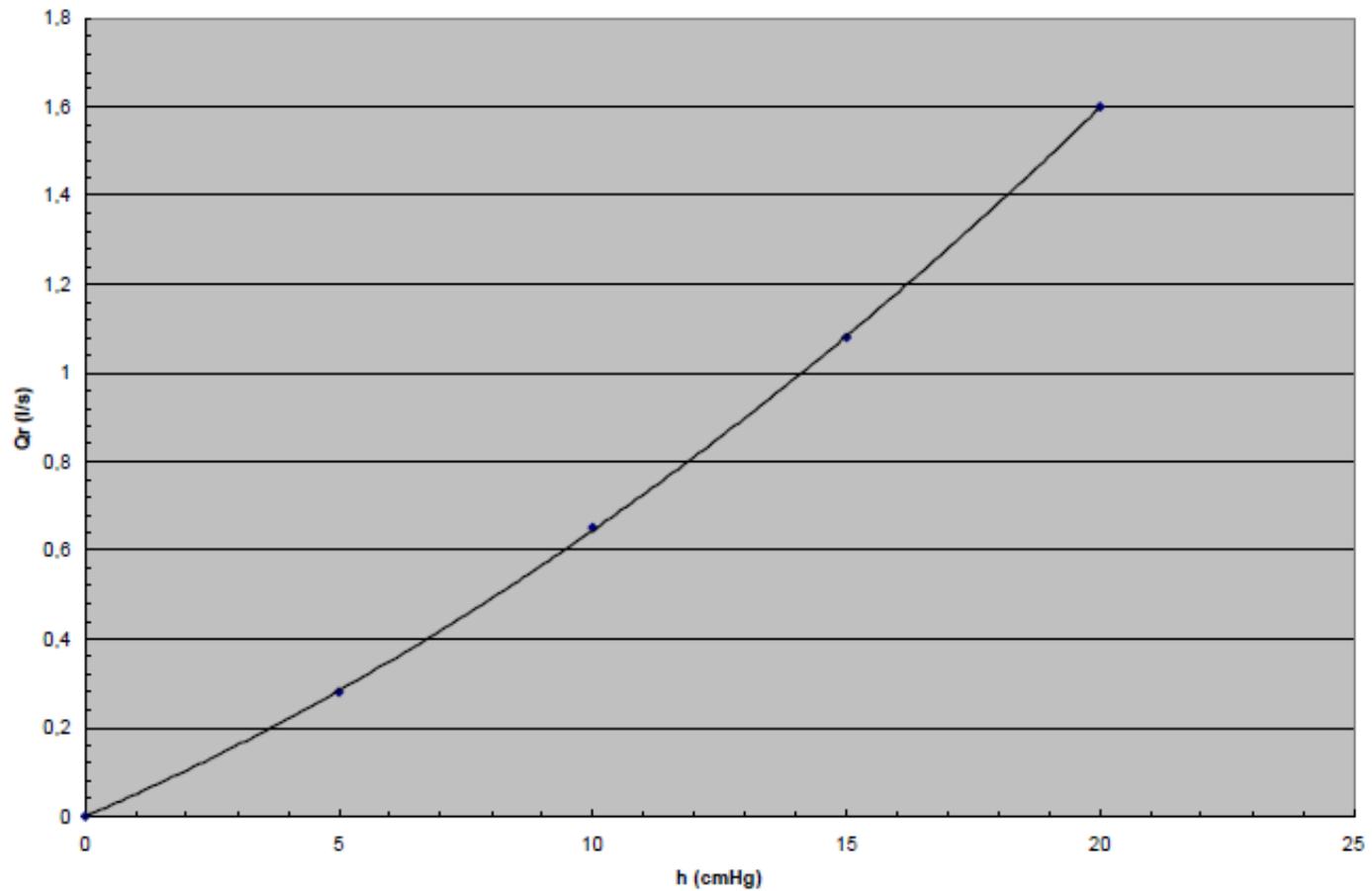
Curva característica venturi:



Outro exemplo:

Curva de calibração

$$y = 0,0015x^2 + 0,049x$$
$$R^2 = 1$$



Exemplo de tabelas de alunos:

água a 26°C
 ρ (kg/m³) ν (m²/s)
 996,8 8,73E-07

mercúrio
 ρ (kg/m³)
 13531

Tabela de dados

Ensaio	h(mm)	Δh (mm)	t(s)	A_{tanque} (m ²)
1	0	0	infinito	0,55
2	12	100	55,5	D_1 (mm)
3	24	100	38,12	40,89
4	36	100	30,66	D_o (mm)
5	48	100	25,96	29,76
6	60	100	22,85	

Fica claro que a curva anterior foi obtida através de uma planilha eletrônica e é sempre MELHOR trabalhar com ela!

Fórmulas

$$Q_{\text{real}} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}; A_o = \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

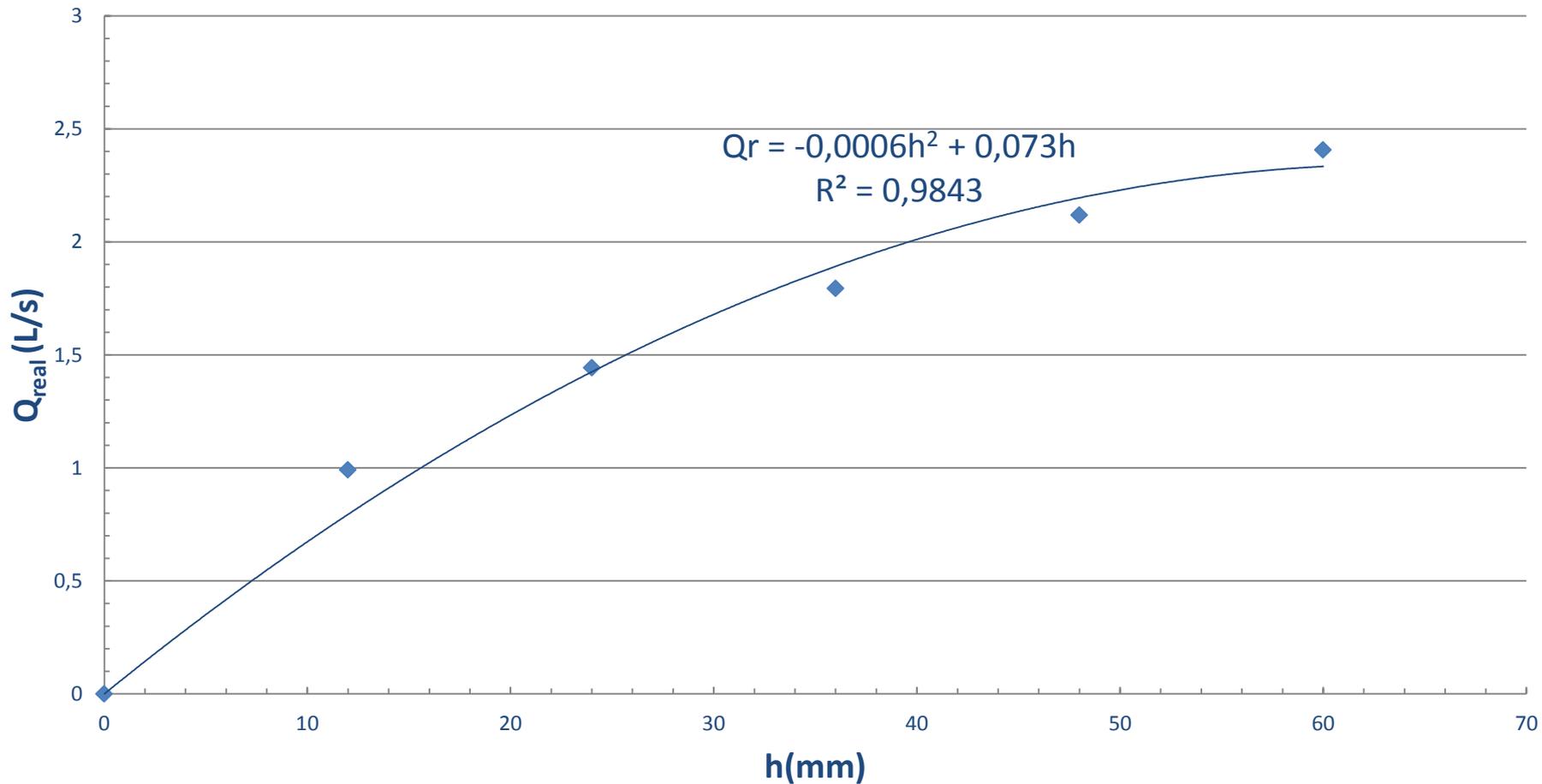
$$k = \frac{Q_{\text{real}}}{A_o \times \sqrt{2gh \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}}; Re_1 = \frac{v_1 \times D_1}{\nu} = \frac{4 \times Q_{\text{real}}}{\pi \times D_1 \times \nu}$$



Tabela de resultados

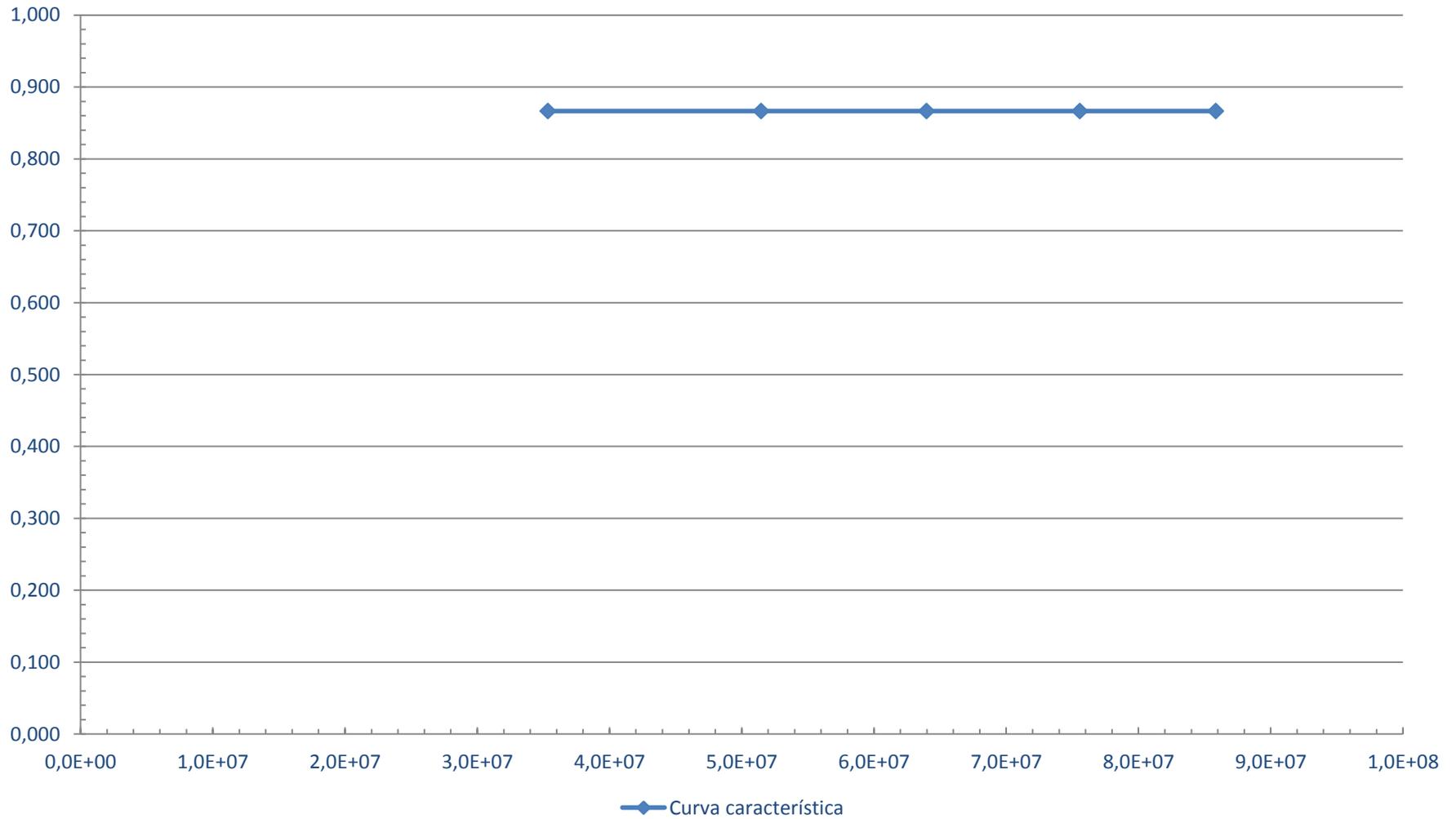
Ensaio	h(mm)	Q _{real} (m ³ /s)	Q _{real} (L/s)	K		
1	0	0	0		K _{médio}	Re ₁
2	12	0,000991	0,991	0,828	0,866	3,5E+07
3	24	0,00144	1,4	0,853	0,866	5,1E+07
4	36	0,00179	1,8	0,866	0,866	6,4E+07
5	48	0,00212	2,1	0,886	0,866	7,6E+07
6	60	0,00241	2,4	0,900	0,866	8,6E+07
Ao (m ²)		g(m/s ²)				
0,000696		9,8				

Curva de calibração

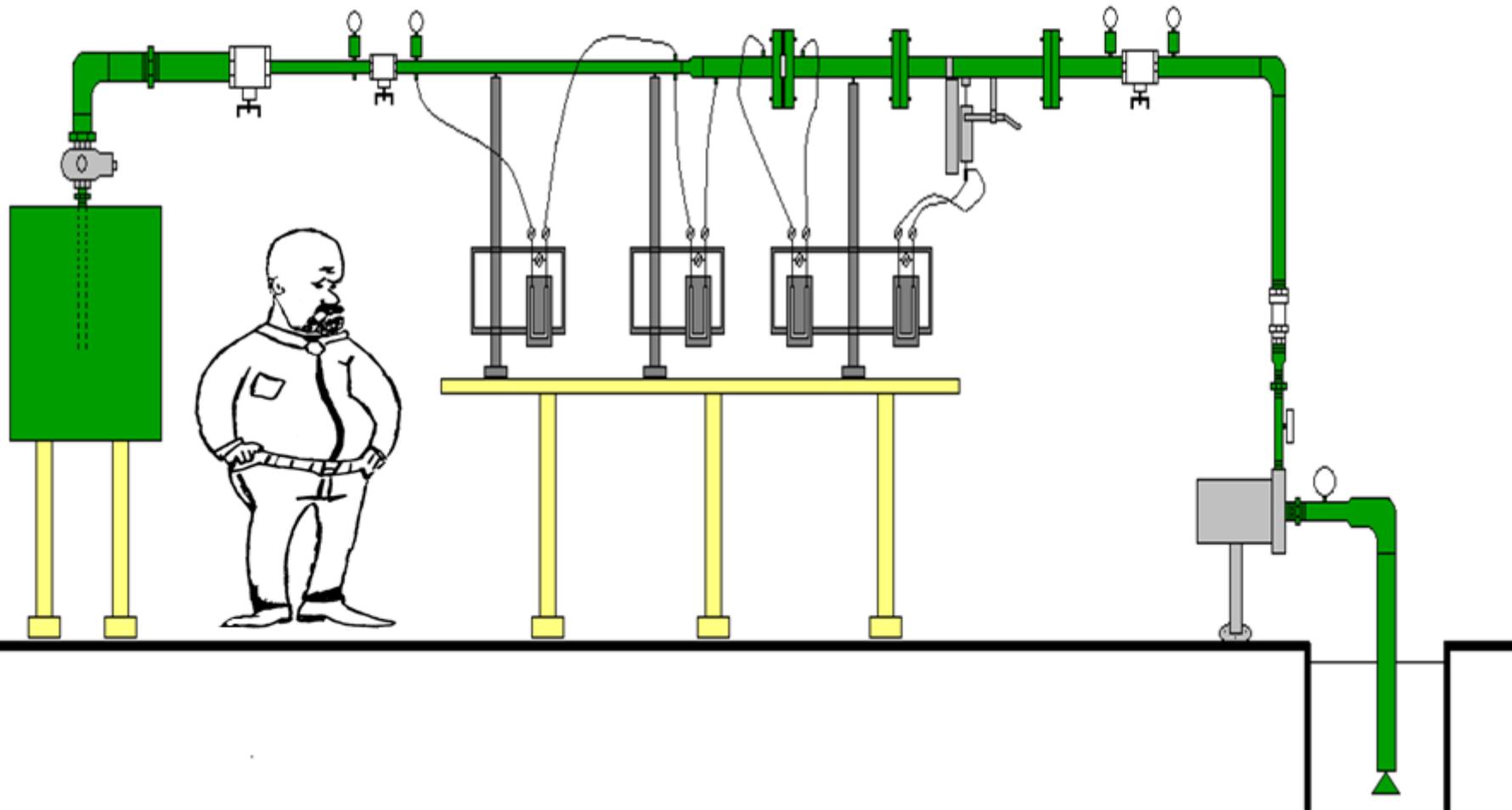


◆ Q_{real} (L/s) — Polinômio (Q_{real} (L/s))

Curva característica

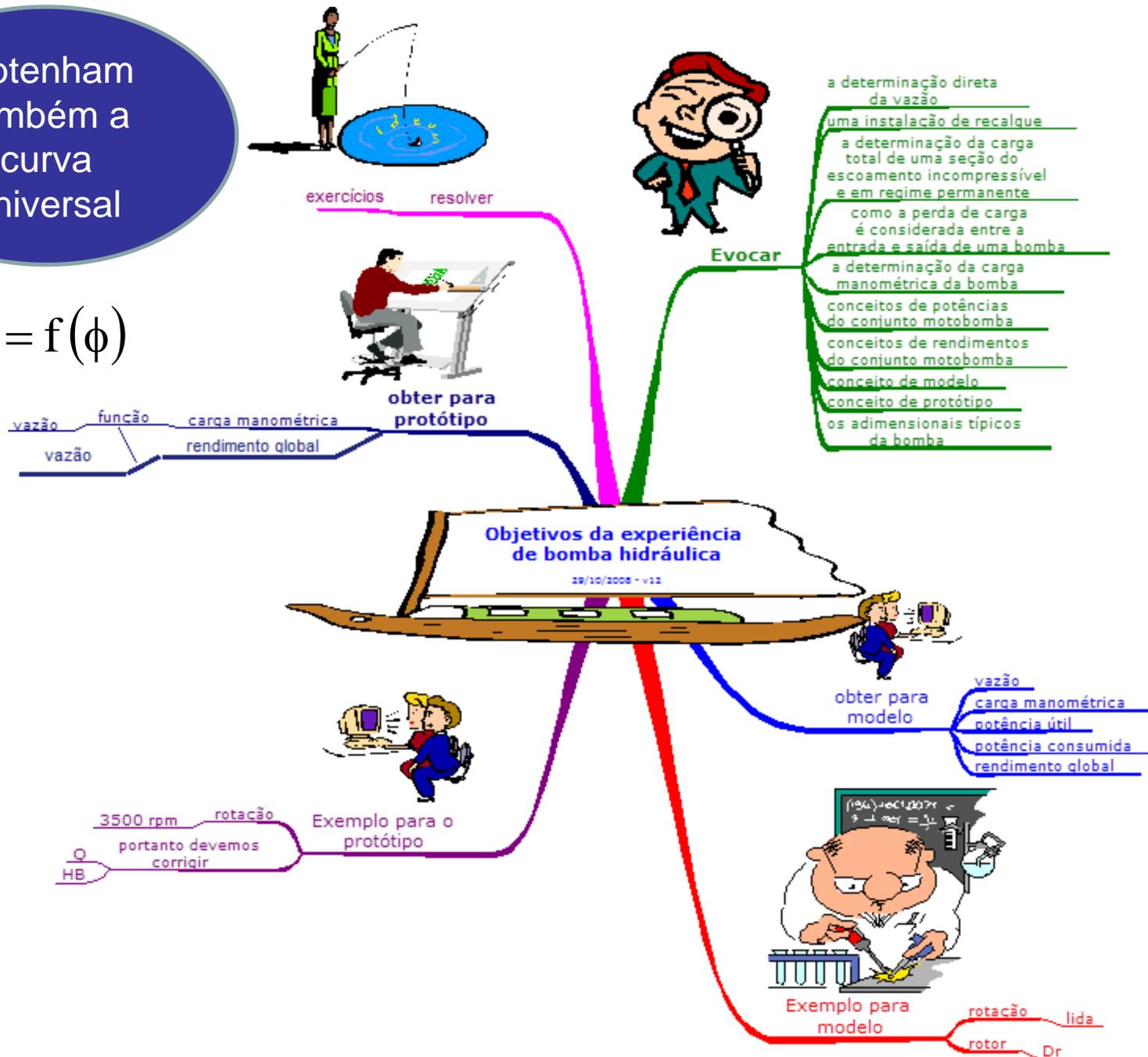


Vamos iniciar a nossa experiência de hoje, que é a experiência de bomba aplicada a uma bomba centrífuga que foi instalada em uma instalação de recalque, que é uma instalação particular de bombeamento, que no nosso caso é representada por uma bancada do laboratório.



Obtenham também a curva universal

$$\psi = f(\phi)$$



Bancada e trecho da mesma que será utilizado na experiência





Observem as pressões de saída



Para a construção da CCB

O primeiro passo é saber
determinar a carga
manométrica (H_B)

Determinação da carga manométrica

$$H_{\text{inicial}} + H_B = H_{\text{final}} + H_{p_{i-f}}$$

$$H_{\text{entrada}} + H_B = H_{\text{saida}}$$

nãoselevaemcontaaperdaporqueela já é considerada
no rendimento da bomba

$$Z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + H_B = Z_s + \frac{p_s}{\gamma} + \frac{v_s^2}{2g}$$

PHR na entrada da bomba

Determinação da carga potencial, para isto deve-se adotar um plano horizontal de referência (PHR).

Se o mesmo for adotado no eixo da bomba, tem-se:

$$Z_e =$$
$$Z_s =$$

Leituras das pressões para a determinação da carga de pressão, para isto tem-se:

- vacuômetro (poderia ser também um manovacuômetro) na seção de entrada
- manômetro na seção de saída

Cuidado!





EXISTEM
DIFERENÇAS!



Qual a diferença?

A leitura do aparelho pode ser diferente da pressão que se deseja determinar na seção.

Para a construção da CCB
deve-se determinar a
vazão

E aí para cada posição da válvula
globo determina-se a vazão no
reservatório superior



$$Q = \frac{\text{Volume}}{t} = \frac{A_{\text{tan que}} \times \Delta h}{t}$$

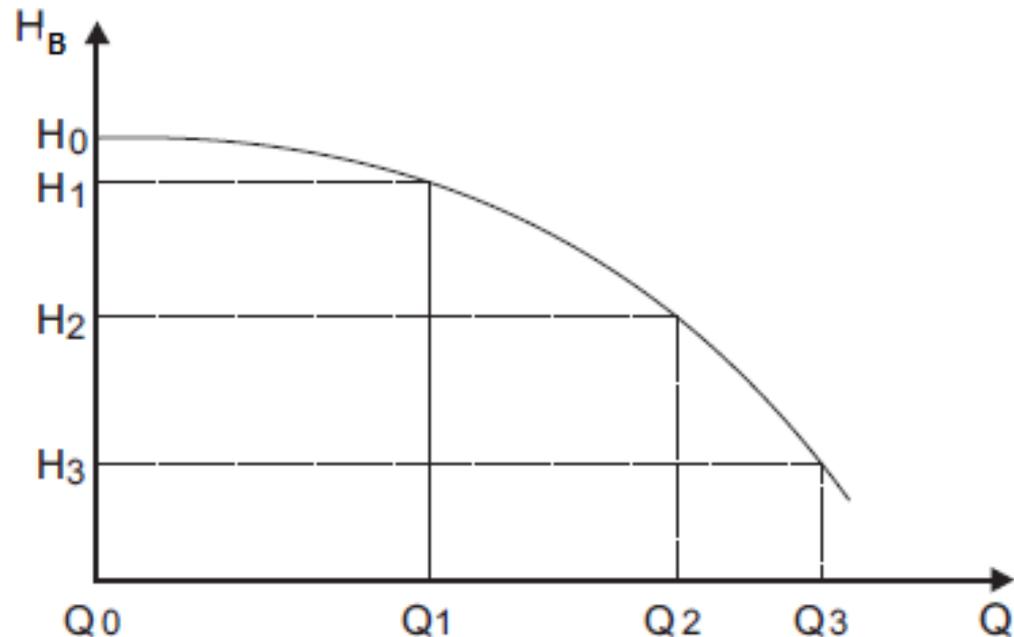
Com a vazão é possível calcular a velocidade média do escoamento, tanto na seção de entrada, como na seção de saída da bomba, já que:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

Aí se tem:

$$H_B = (Z_s - Z_e) + \left(\frac{p_s - p_e}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_s^2 - v_e^2}{2g} \right)$$

Com a carga manométrica e a vazão, traça-se a CCB para o modelo, rotação 3500 rpm e diâmetro do rotor igual a mm



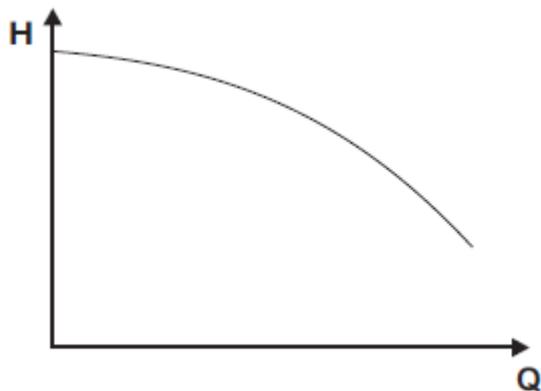
A curva anterior será obtida para a rotação de 3500 rpm e não para a rotação lida, portanto tivemos que corrigir a vazão e a carga manométrica.

$$\frac{Q_{3500}}{3500/60} = \frac{Q_{\text{experiência}}}{n_{\text{experiência}}/60} \Rightarrow \frac{Q_{3500}}{3500} = \frac{Q_{\text{experiência}}}{n_{\text{lida}}}$$

$$\frac{H_{B_{3500}}}{(3500/60)^2} = \frac{H_{B_{\text{experiência}}}}{(n_{\text{experiência}}/60)^2} \Rightarrow \frac{H_{B_{3500}}}{3500^2} = \frac{H_{B_{\text{experiência}}}}{n_{\text{lida}}^2}$$

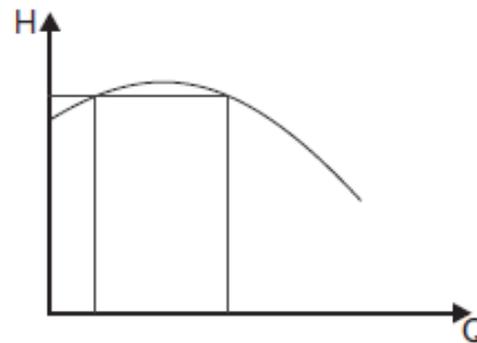
Tipos de curvas de bomba

CURVA TIPO ESTÁVEL OU TIPO RISING



Neste tipo de curva, a altura aumenta continuamente com a diminuição da vazão. A altura correspondente a vazão nula é cerca de 10 a 20% maior que a altura para o ponto de maior eficiência.

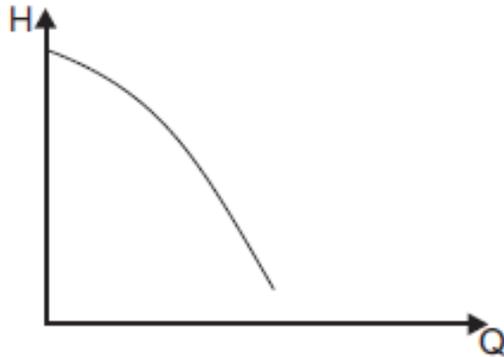
CURVA TIPO INSTÁVEL OU TIPO DROOPING



Nesta curva, a altura produzida com a vazão zero é menor do que as outras correspondentes a algumas vazões. Neste tipo de curva, verifica-se que para alturas superiores ao shut-off, dispomos de duas vazões diferentes, para uma mesma altura.

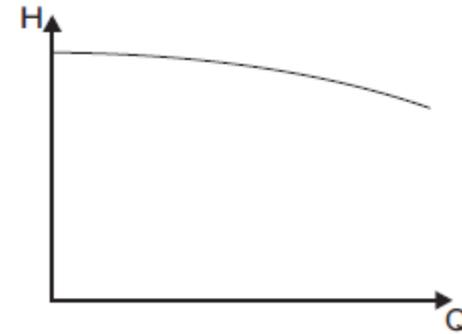
Tipos de curvas de bomba

CURVA TIPO INCLINADO ACENTUADO OU TIPO STEEP



É uma curva do tipo estável, em que existe uma grande diferença entre a altura desenvolvida na vazão zero (shut-off) e a desenvolvida na vazão de projeto, ou seja, cerca de 40 a 50%.

CURVA TIPO PLANA OU TIPO FLAT

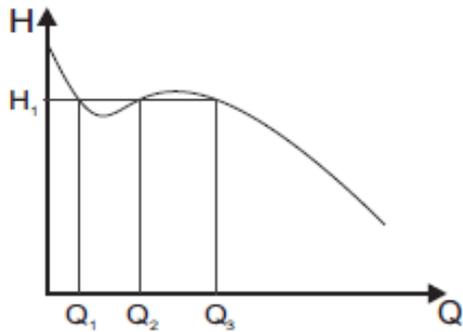


Nesta curva, a altura varia muito pouco com a vazão, desde o shut-off até o ponto de projeto.

O fabricante considera o ponto de projeto o ponto com maior rendimento

Tipos de curvas de bomba

CURVA TIPO INSTÁVEL



É a curva na qual para uma mesma altura, corresponde duas ou mais vazões num certo trecho de instabilidade. É idêntica a curva drooping.

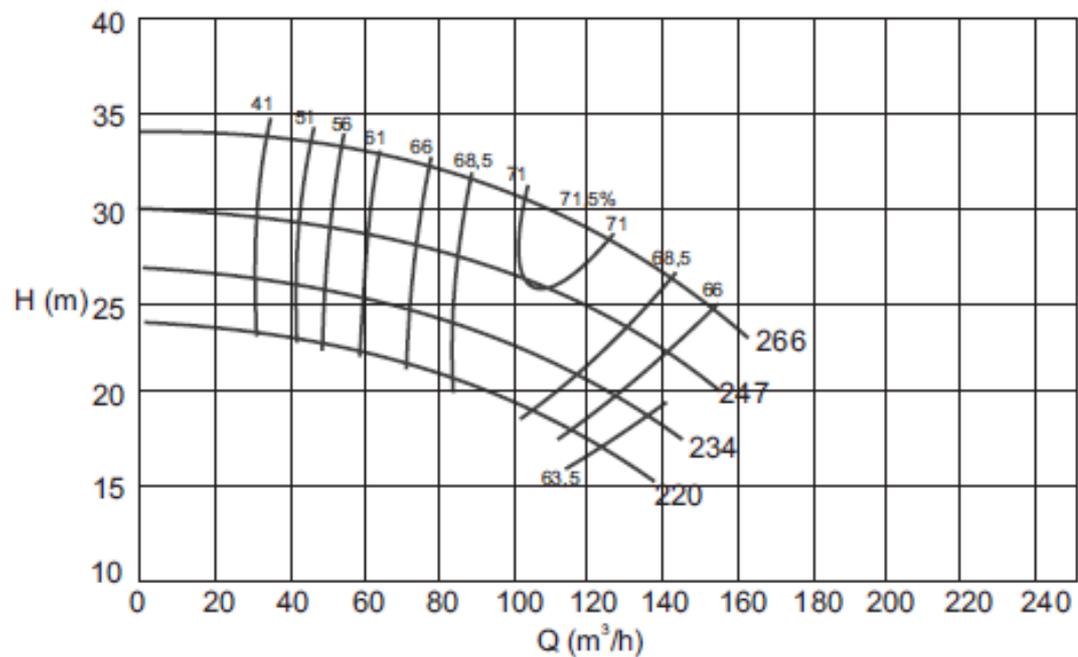
QUE TIPO
DE CURVA
TEM A
BOMBA
ENSAIADA?



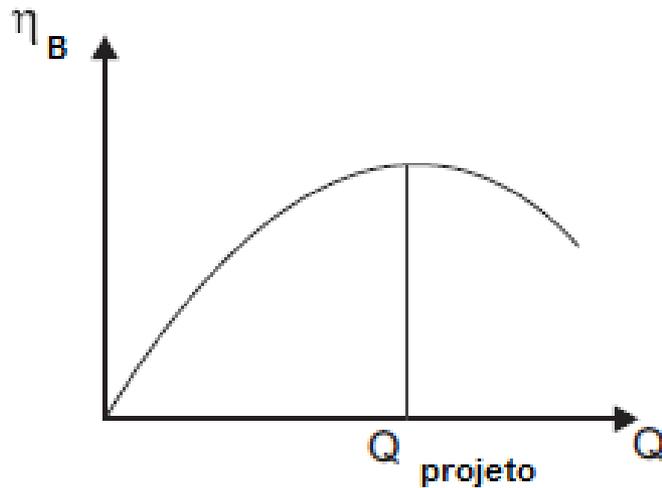
A seguir é mostrada uma família de CCB de uma determinada bomba, curvas fornecidas pelos fabricantes de bomba em função do diâmetro do rotor e para uma única rotação.

EXEMPLO DE UMA BOMBA FABRICADA PELA KSB

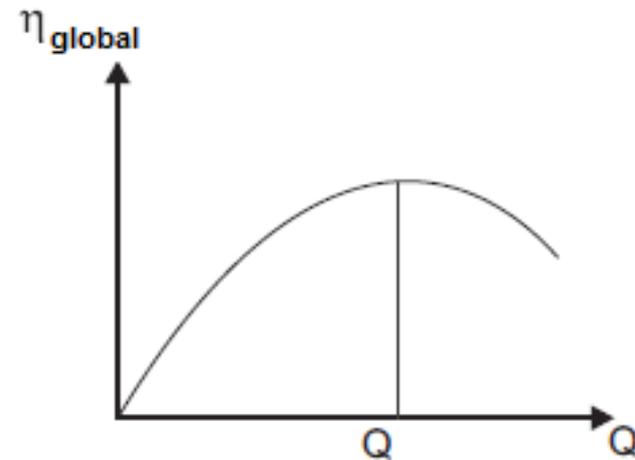
KSB Meganorm 80 - 250 -IV pólos (1750 rpm)



Curvas de rendimentos

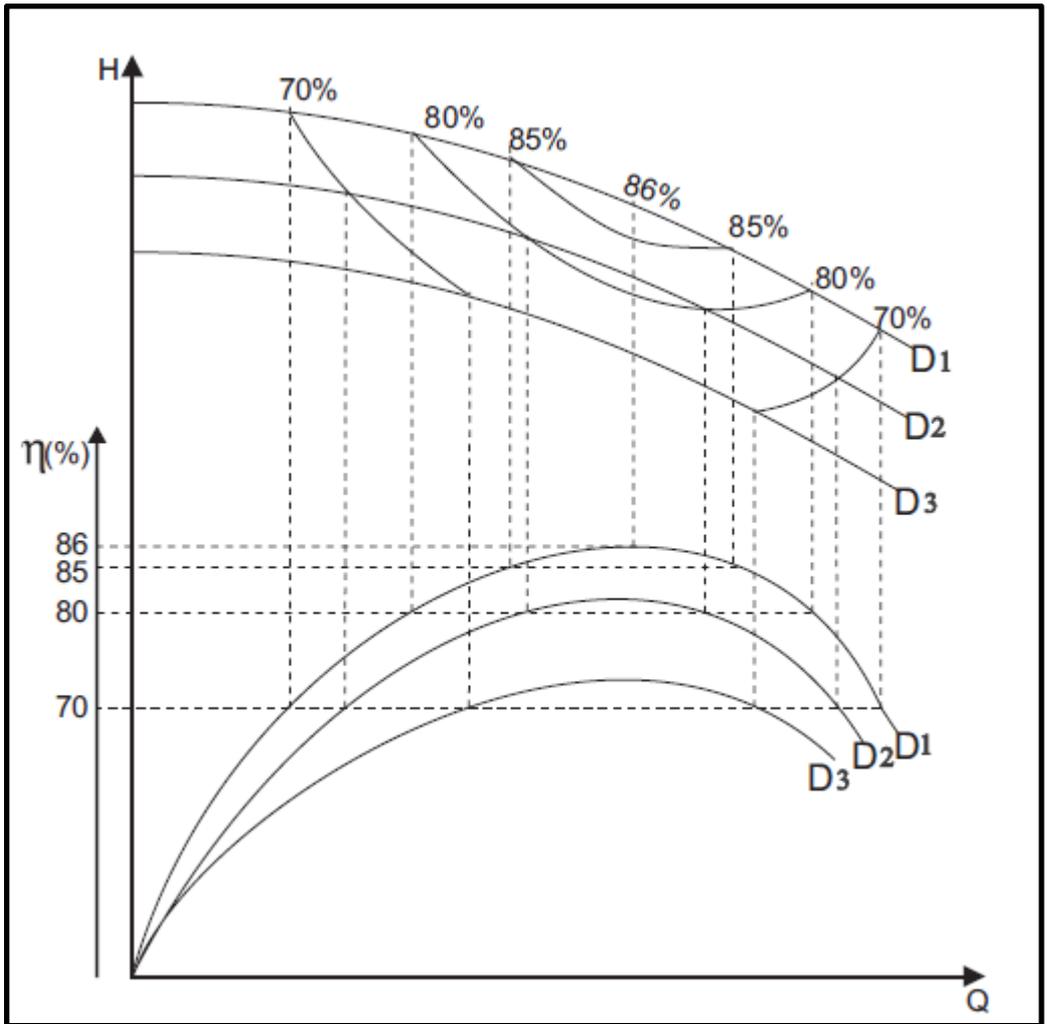


ESSA NÃO CONSEGUIMOS
OBTER NO LABORATÓRIO
SALA IS01



ESSA NÓS CONSEGUIMOS
OBTER

OBSERVEM COMO SÃO
GERALMENTE
REPRESENTADOS OS
RENDIMENTOS PELOS
FABRICANTES (CURVAS
DE ISORENDIMENTOS)



Como obter o rendimento global?

Primeiro lendo a potência consumida pelo conjunto motor-bomba

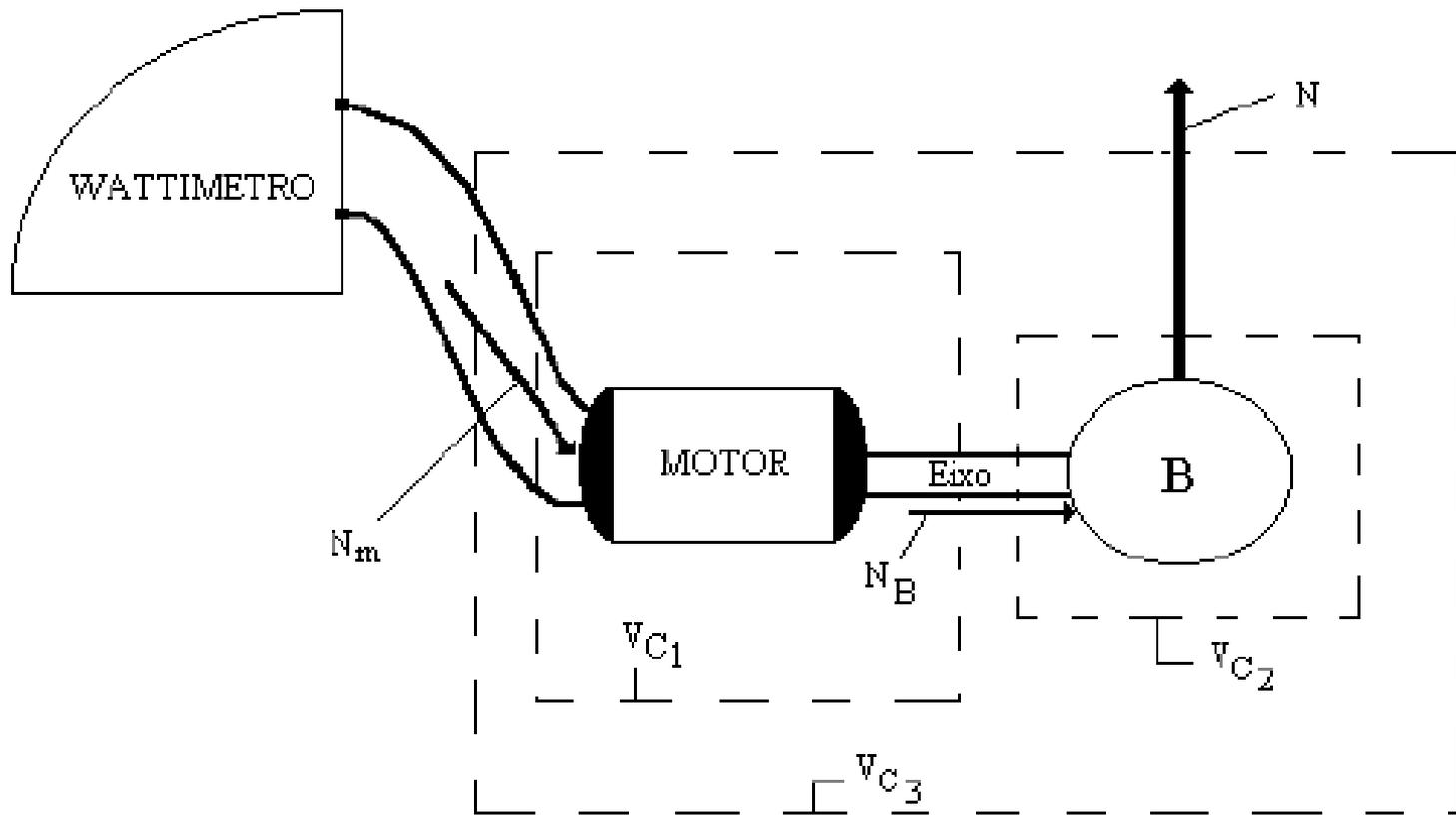


8



2 6 2004

Depois evocando o conceito
de potência e rendimento
para uma bomba hidráulica



Conceito de rendimento:

$$\eta_{VC} = \frac{\text{potência que saí}}{\text{potência que entra}}$$

$$\eta_{\text{motor}} = \frac{N_B}{N_m}$$

$$\eta_{\text{bomba}} = \eta_B = \frac{N}{N_B}$$

$$\eta_{\text{global}} = \frac{N}{N_m}$$

Portanto, deve-se saber determinar a potência útil da bomba, ou potência fornecida pela bomba ao fluido, ou simplesmente potência do fluido

Determinação de N

$$H_B = \frac{\text{energia fornecida pela bomba ao fluido}}{\text{peso do fluido}} = \frac{E}{G}$$

$$\therefore E = G \times H_B = \gamma \times V \times H_B$$

$$\frac{E}{t} = N = \frac{\gamma \times V \times H_B}{t} = \gamma \times Q \times H_B$$

$$\text{Se } [\gamma] = \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \rightarrow [Q] = \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow [H_B] = \text{m} \therefore [N] = \frac{\text{kgf} \times \text{m}}{\text{s}}$$

$$1\text{CV} = 75 \frac{\text{kgf} \times \text{m}}{\text{s}} = 75 \times 9,8 \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{s}} (\text{ou } w) = \frac{75 \times 9,8}{1000} \text{kw}$$

Agora vamos ver como se determina a curva universal

$$\psi = f(\phi)$$



Para isto deve-se evocar
alguns dos adimensionais
típicos da bomba
hidráulica:

coeficiente manométrico – ψ

coeficiente de vazão – ϕ

Onde para o modelo se tem:

$$\psi_m = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2} = \frac{9,8 \times H_B}{\left(\frac{n_{\text{modelo}}}{60}\right)^2 \times (D_{r_{\text{modelo}}})^2}$$

$$\phi_m = \frac{Q}{n \times D_r^3} = \frac{Q}{\left(\frac{n_{\text{modelo}}}{60}\right) \times (D_{r_{\text{modelo}}})^3}$$

Tabela de dados:

N_m (kw)	n (rpm)	p_{me} (mmHg ou bar)	p_{ms} (kPa)	Δh (mm)	t (s)

$A_{\text{tan que}} = \dots\dots$

$t_{\text{ambiente}} = \dots\dots$

$h_{\text{entrada}} = \dots\dots \rightarrow D_{\text{int}_{\text{entrada}}} = \dots\dots$

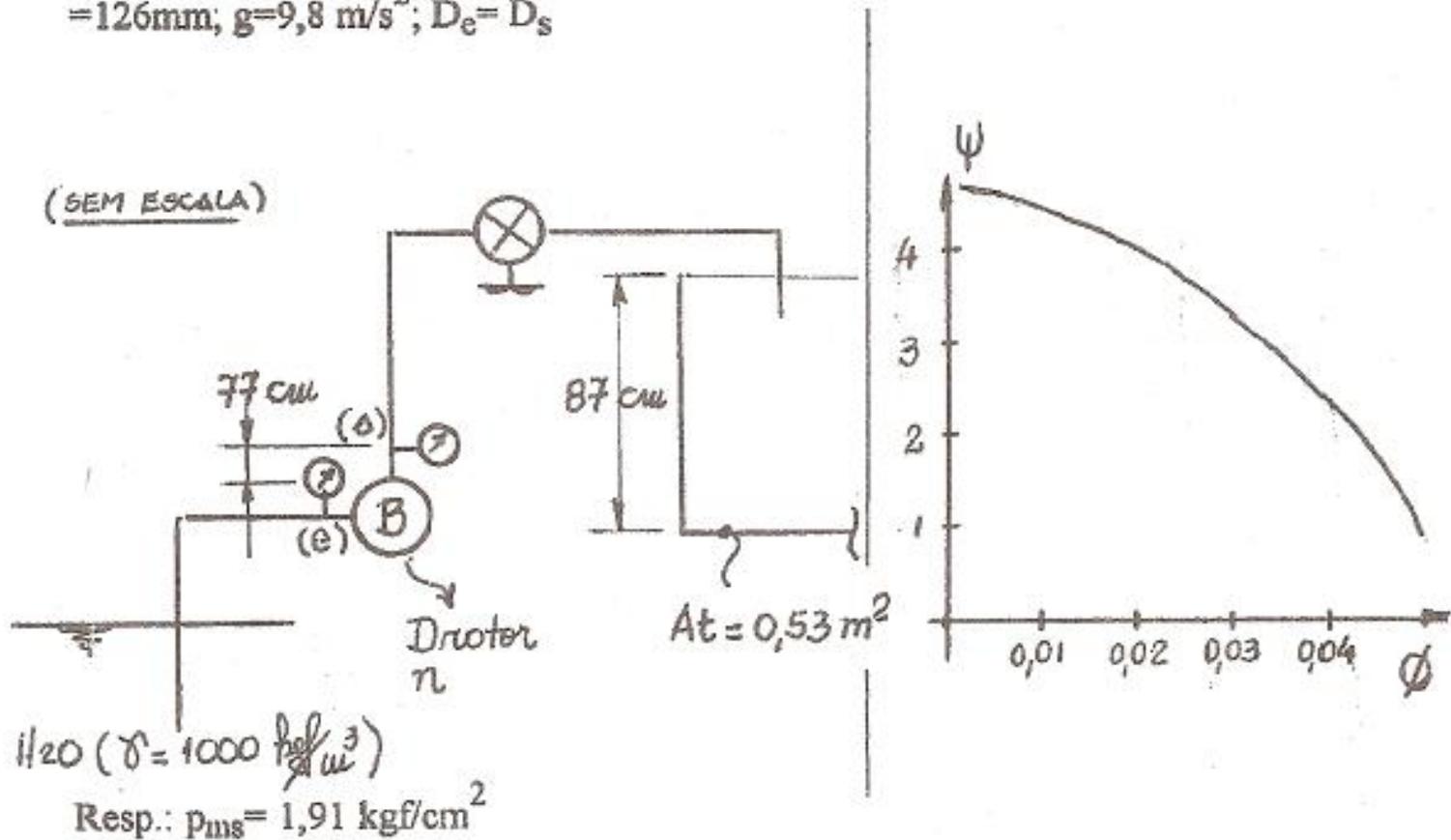
$h_{\text{saída}} = \dots\dots \rightarrow D_{\text{int}_{\text{saída}}} = \dots\dots$

$g = \dots\dots$

Exercícios

1

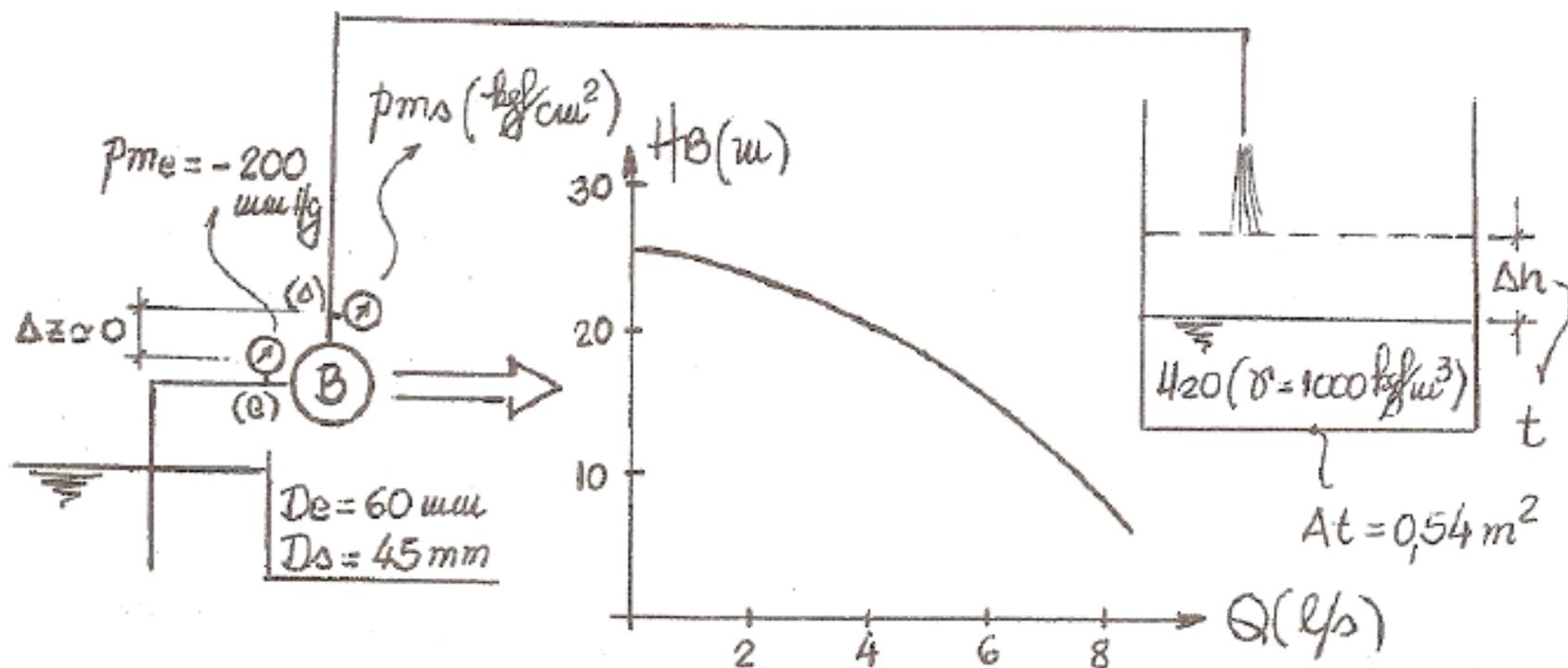
Conhecendo-se a curva universal da bomba da instalação da figura, e sabendo-se que o tanque enche em 200 s a partir de vazio, determinar a leitura do manômetro de saída da bomba. Dados: $p_{me} = -1,5 \text{ mca}$; $n = 3450 \text{ rpm}$; $D_r = 126 \text{ mm}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $D_e = D_s$



2

Sabendo-se que o tempo cronometrado para um $\Delta h = 15\text{cm}$ no tanque é 20s, determinar a leitura do manômetro de saída da bomba.

Resp.: $p_{ms} = 1,71 \text{ kgf/cm}^2$

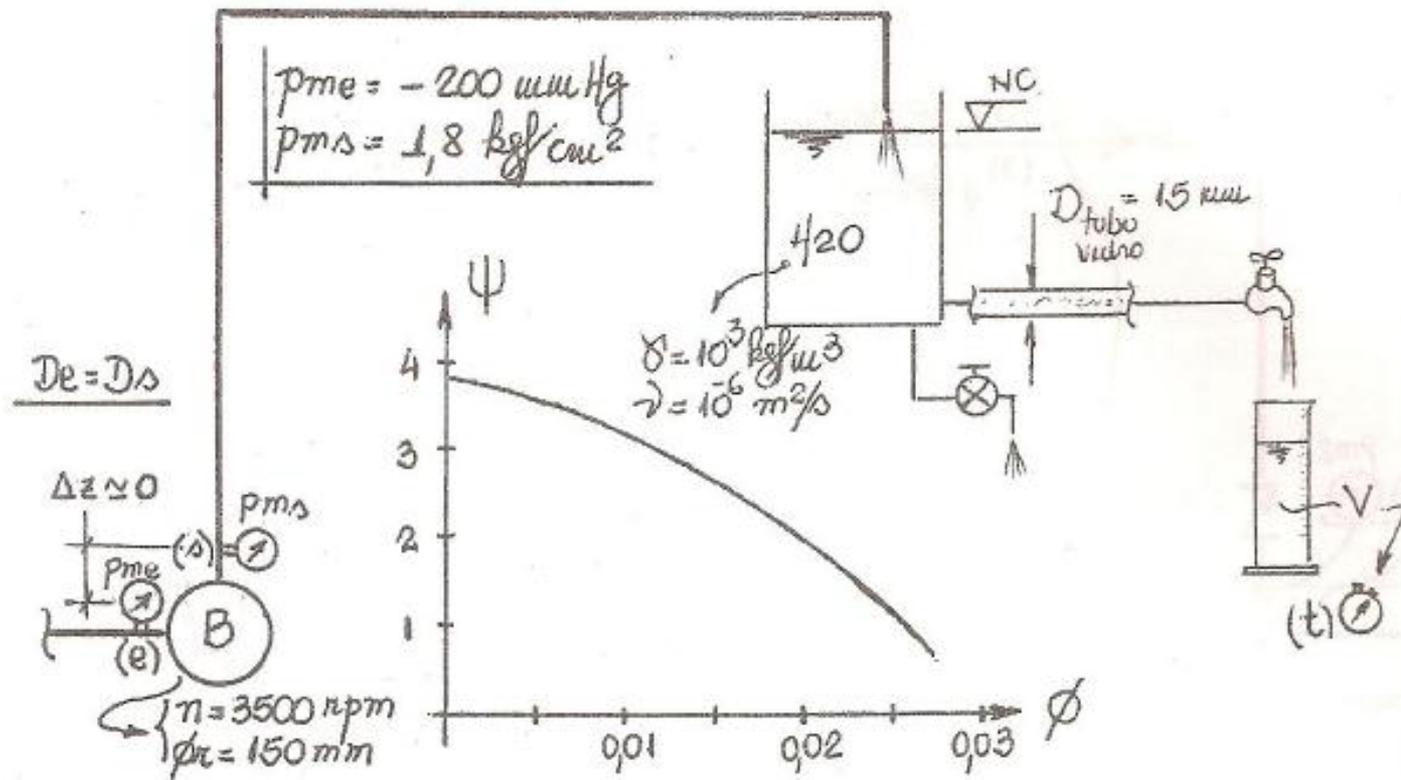


3

Um grupo realiza a Experiência de Reynolds no laboratório. A bomba, de curva universal conhecida, alimenta o tanque da figura, que permanece a nível constante. Sabendo-se que no ensaio o tipo de escoamento no tubo de vidro está passando para turbulento, determinar:

- a vazão fornecida pela bomba;
- o volume coletado no tubo graduado em 35s.

Resp.: a) 2,9L/s; b) 0,98L



4

É dada a curva universal, válida para todas as bombas semelhantes à bomba da instalação da figura. Qual a leitura do manômetro (2) em kPa, quando um desnível de 15cm, no tanque de área da seção transversal de 2m^2 , é preenchido em 20s? Dados: diâmetro do rotor da bomba $D_R = 230\text{mm}$; rotação do rotor da bomba $n = 3600\text{rpm}$; $\gamma = 10000\text{N/m}^3$; $g = 10\text{m/s}^2$.

Se o registro for completamente fechado, qual a diferença de pressão entre a entrada e a saída da bomba?

Adimensionais de uma bomba: $\phi = \frac{Q}{nD_R^3}$; $\Psi = \frac{gH_B}{n^2D_R^2}$

