

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PME-3453

MÁQUINAS DE FLUXO

LABORATÓRIO

PROF. SÉRGIO R. CECCATO

1º SEMESTRE DE 2023

MÁQUINAS DE FLUXO

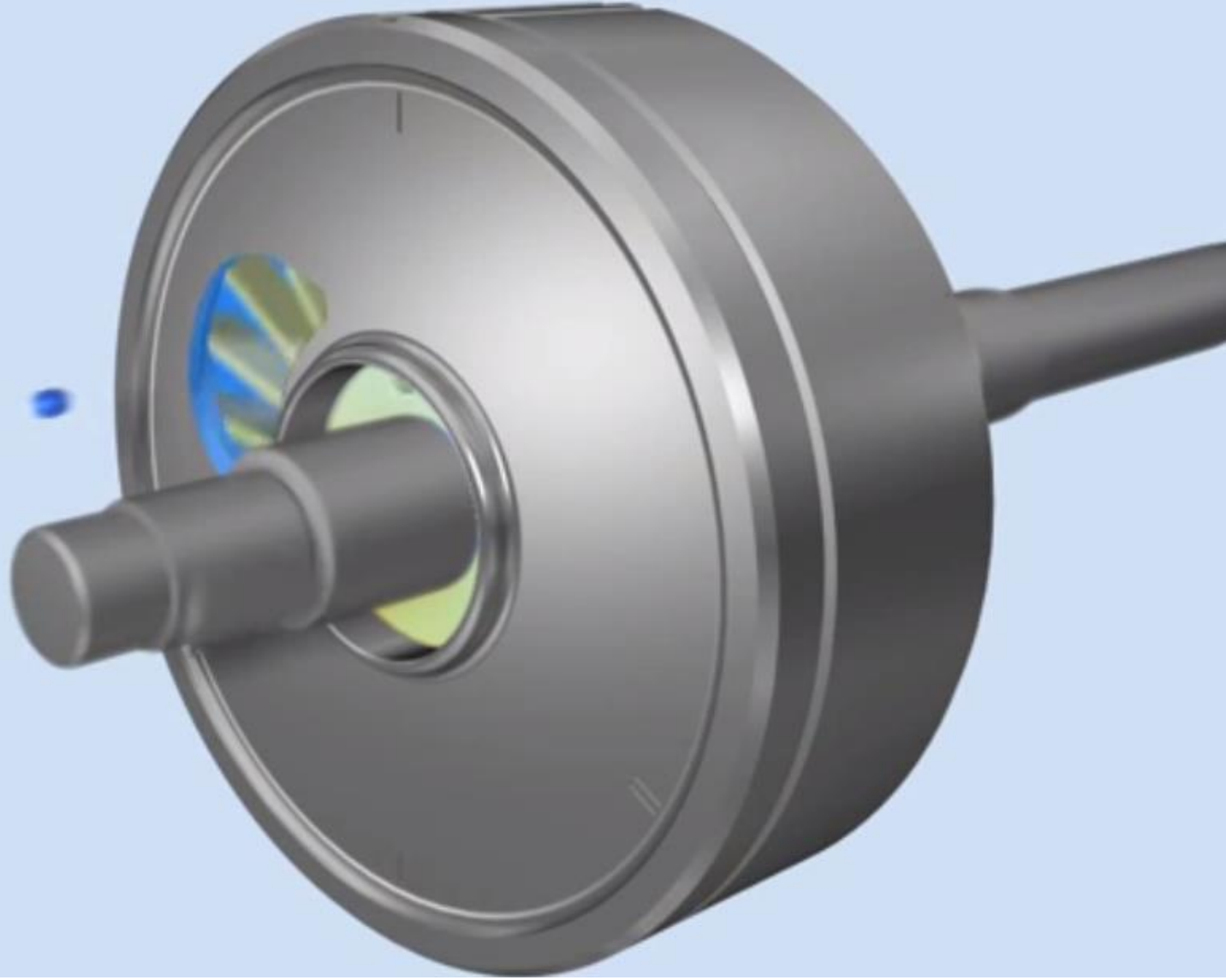
EXPERIÊNCIA Nº 3

GERADOR HIDRÁULICO

(OBTENÇÃO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UMA BOMBA AUTO-ASPIRANTE)

PRF. SÉRGIO ROBERTO CECCATO

2022



SIHI prime High head, low flow side channel pumps.webm

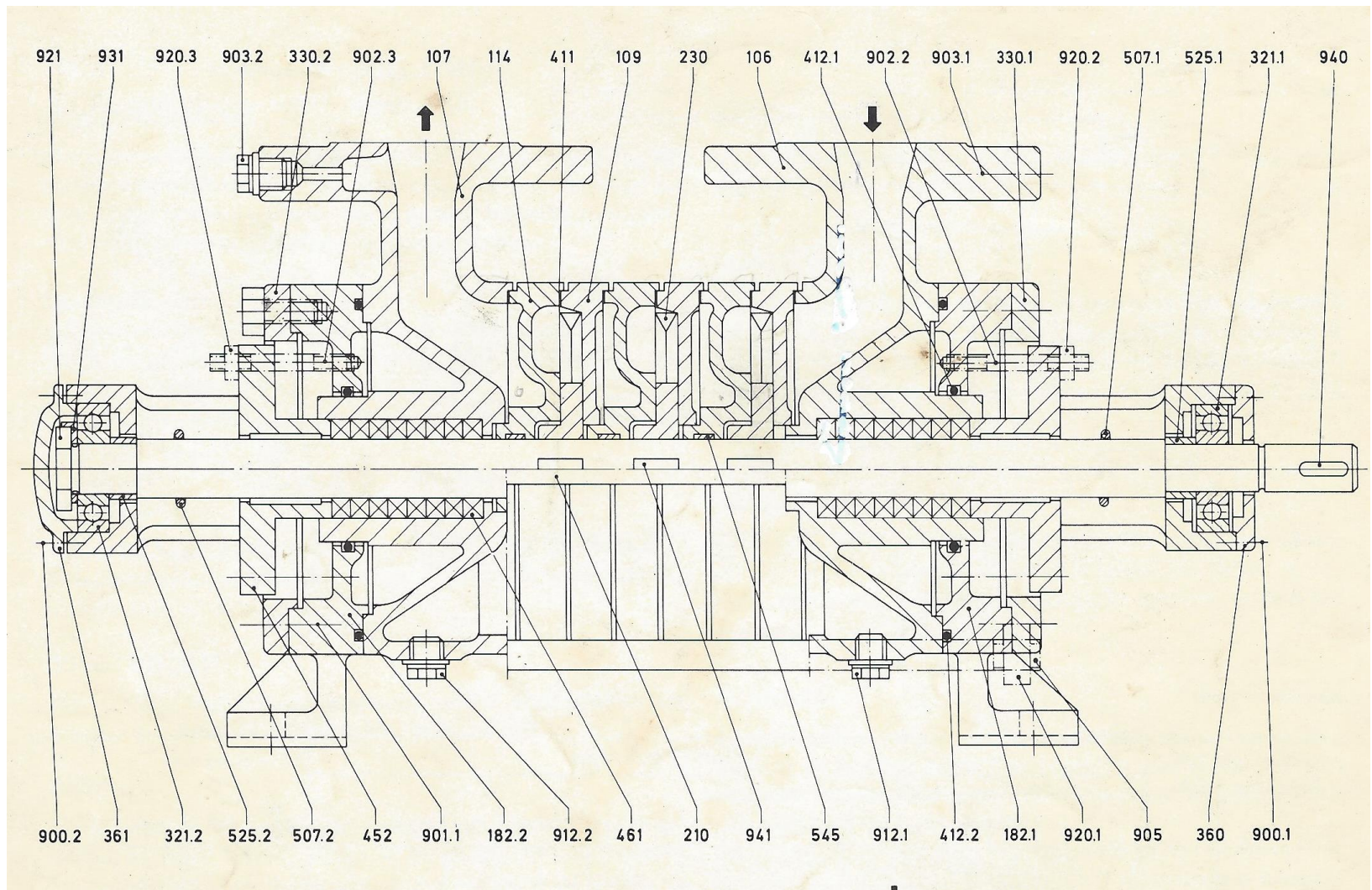
SIHI prime High head, low flow side channel pumps

BOMBA CENTRÍFUGA AUTO-ESCORVANTE



KSB - AHR

BOMBA CENTRÍFUGA AUTO-ESCORVANTE



KSB - AHR

CAMPO DE APLICAÇÃO

1750 rpm

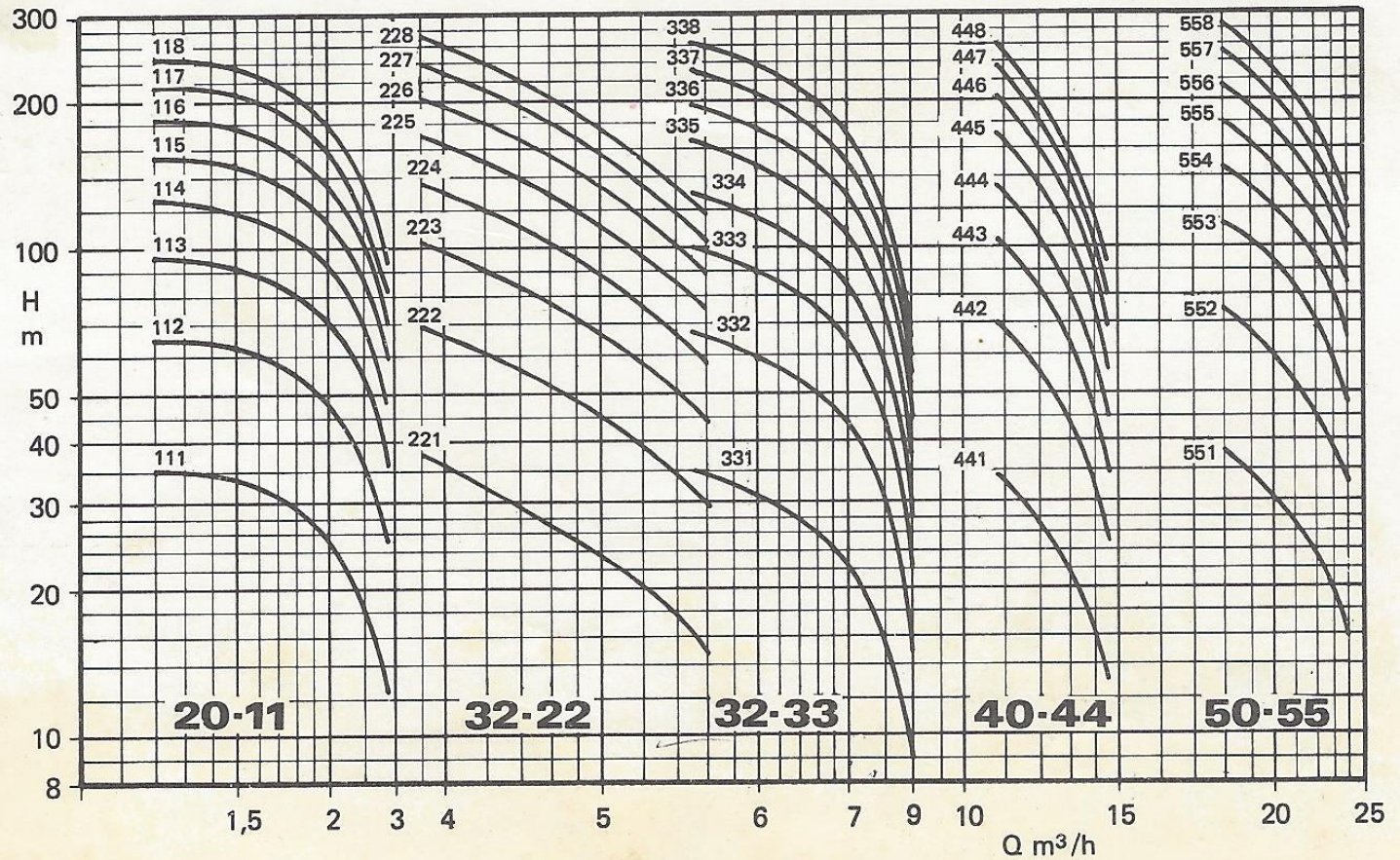
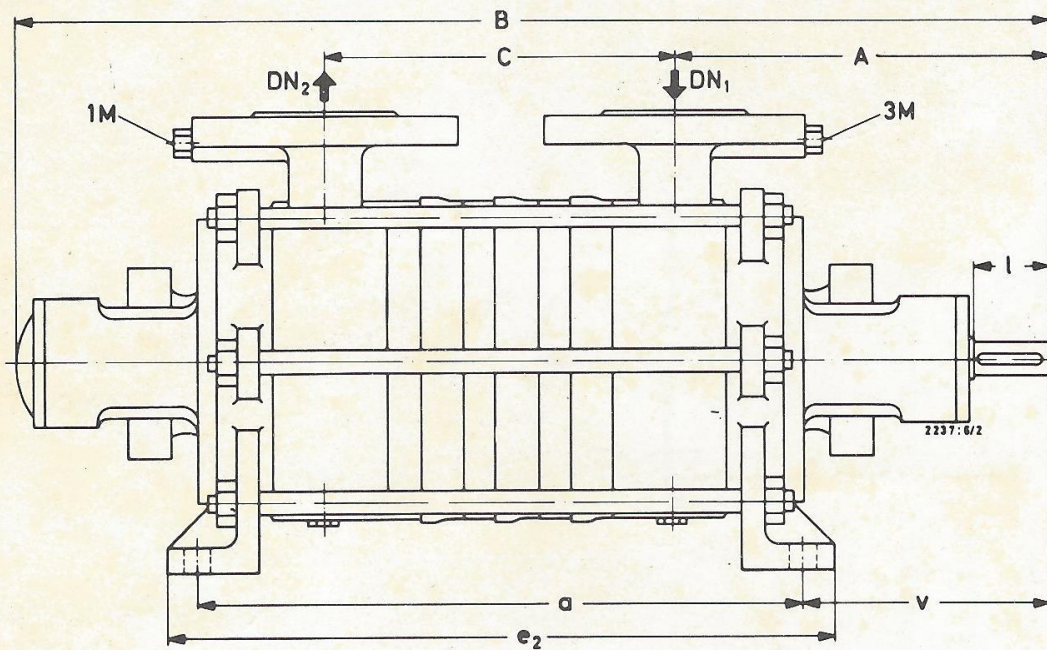
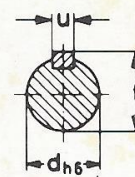


TABELA DE MEDIDAS

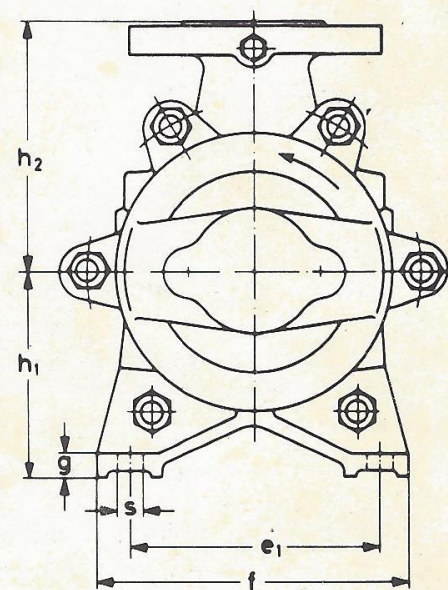


1M Ligação - Manômetro R 1/4

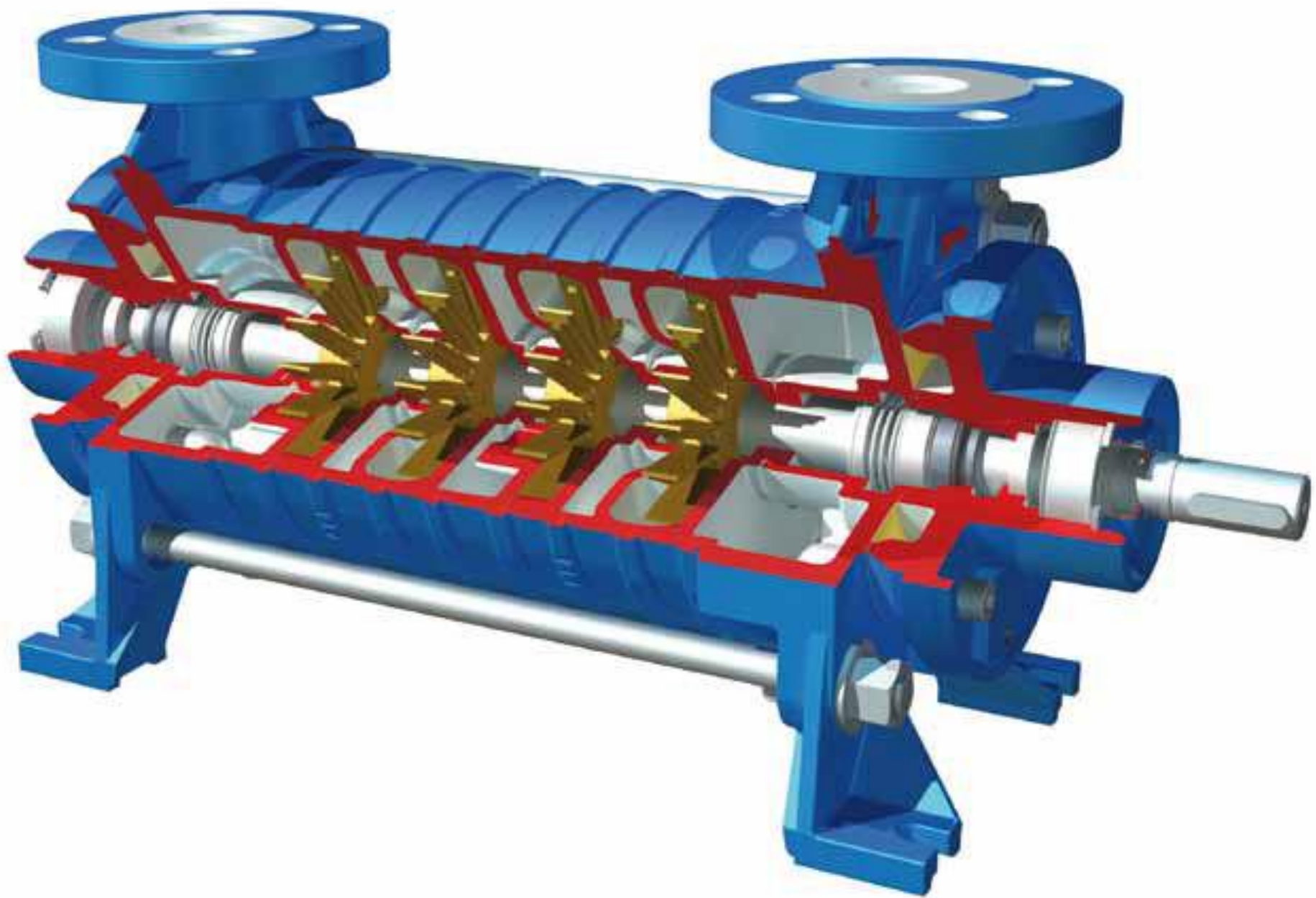
3M Ligação - Mano - vacuômetro R 1/4



Chaveta da
ponta do eixo,
segundo
DIN 6885







1. Introdução

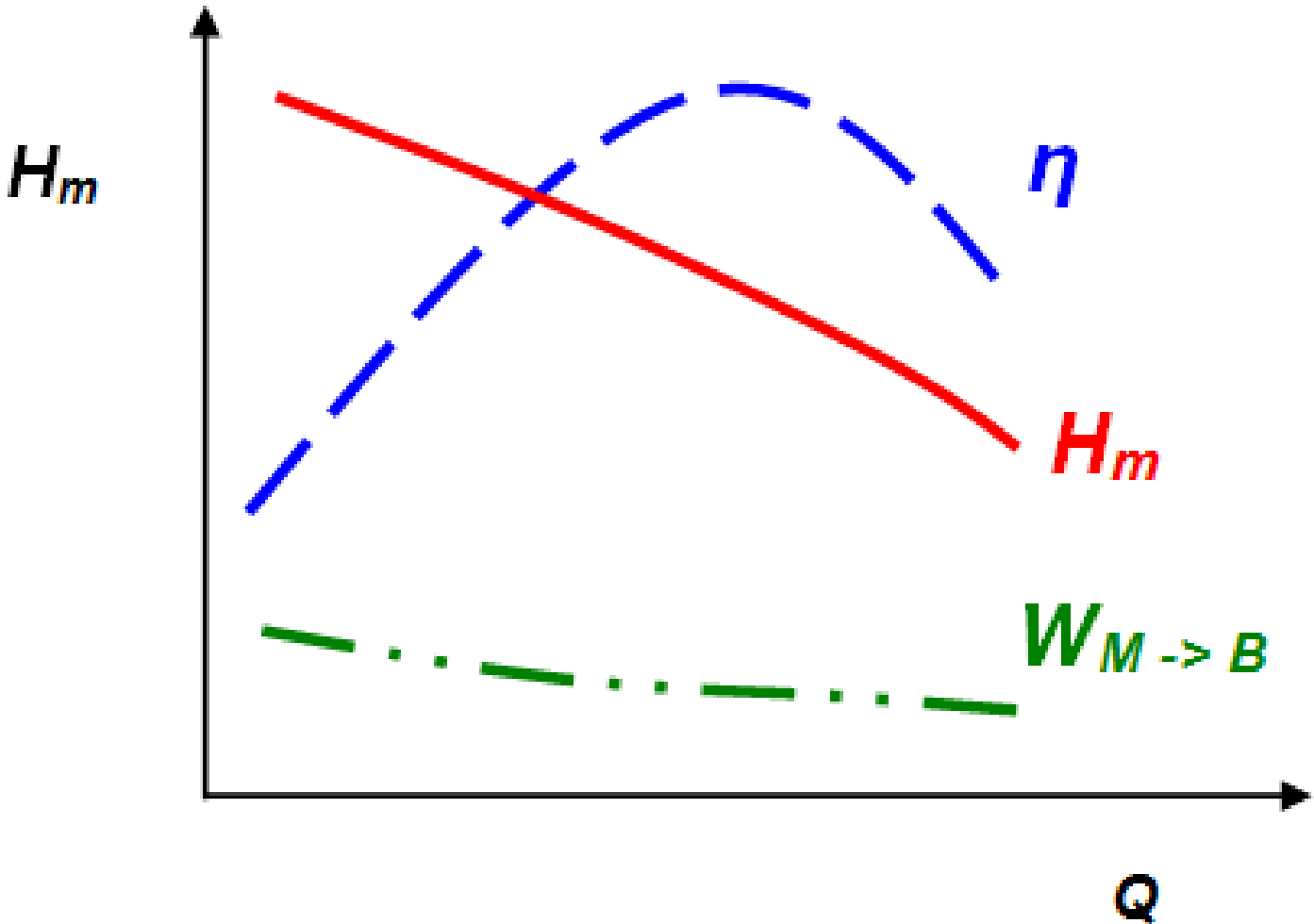
O objetivo da presente experiência é determinar as curvas características em função da vazão de uma Bomba Auto-Aspirante:

$H_m = f(Q)$ Altura manométrica da bomba

$W_{M \rightarrow B} = f(Q)$ Potência fornecida do motor para a bomba

$\eta = f(Q)$ Rendimento da bomba

Deverá também ser calculada a rotação específica (n_q)



2. Resumo Teórico

2.1. Equação de Energia

$$H = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z$$

Considerando na instalação:

0 \rightarrow 1_w- SUCÇÃO

2 \rightarrow 3_w- RECALQUE

$$H_m = H_2 - H_1 = \left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{\gamma} \right) + (z_2 - z_1)$$

M_r M_s
↓ ↓

$v_2 = v_1$ pois os diâmetros das tubulações no recalque e sucção são iguais

$z_2 - z_1 = \Delta z$ = diferença de cotas entre o manômetro e o vacuômetro

(ver item **6. Anexo**)

Adotando:

$\frac{P_2}{\gamma} = M_r$ Pressão relativa no recalque

$\frac{P_1}{\gamma} = M_s$ Pressão relativa na sucção

Sabendo que, no caso da instalação, M_s indica uma pressão abaixo da pressão atmosférica relativa local, e M_r indica uma pressão acima da pressão atmosférica relativa local, pode-se escrever, em módulo (ver item **6. Anexo**):

$$H_m = M_r + M_s + \Delta z$$

2.2. Potências

Sabemos que o motor transfere uma determinada potência para a bomba ($W_{M \rightarrow B}$), e que a mesma pode ser calculada por:

$$W_{M \rightarrow B} = \frac{M_t \cdot \omega}{75}$$

Onde:

$W_{M \rightarrow B}$ = potência fornecida para a bomba (cv)

M_t = momento (kgf.m)

ω = rotação do motor (rd/s)

O momento (M_t) será medido através da carcaça oscilante do motor, multiplicando-se a força lida na Balança I (F1 - após descontar o valor de referência da Tara) pelo braço de alavanca (b) que se refere à distância compreendida entre a linha de centro do motor e o ponto de apoio da alavanca no prato da Balança I.

Sabe-se também que a potência transmitida ao fluido pela bomba ($W_{B \rightarrow F}$) é:

$$W_{B \rightarrow F} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75}$$

Onde:

$W_{B \rightarrow F}$ = potência transmitida ao fluido (cv)

γ = peso específico do fluido (kgf/m³)

Q = vazão (m³/s)

H_m = altura manométrica (m)

2.3. Rendimento

Assim, fica determinado o rendimento da bomba:

$$\eta = \frac{W_{B \rightarrow F}}{W_{M \rightarrow B}}$$

2.4. Rotação Específica

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{H_m^{0,75}}$$

Onde:

n_q = rotação específica

n = rotação do rotor da bomba (rpm)

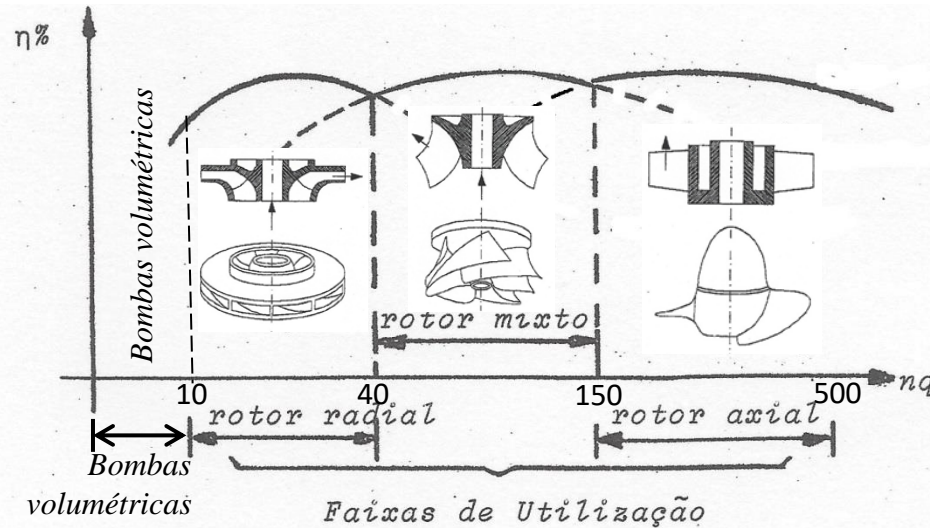
Q = vazão (m^3/s)

H_m = altura manométrica (m)

} No ponto de máximo rendimento !
Portanto só existe uma rotação específica n_q

$$n_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

com: n : rotação em rpm; Q : vazão em volume em m^3/s ; H : altura de queda (turbinas) / alt. manométrica total (bombas) em m.

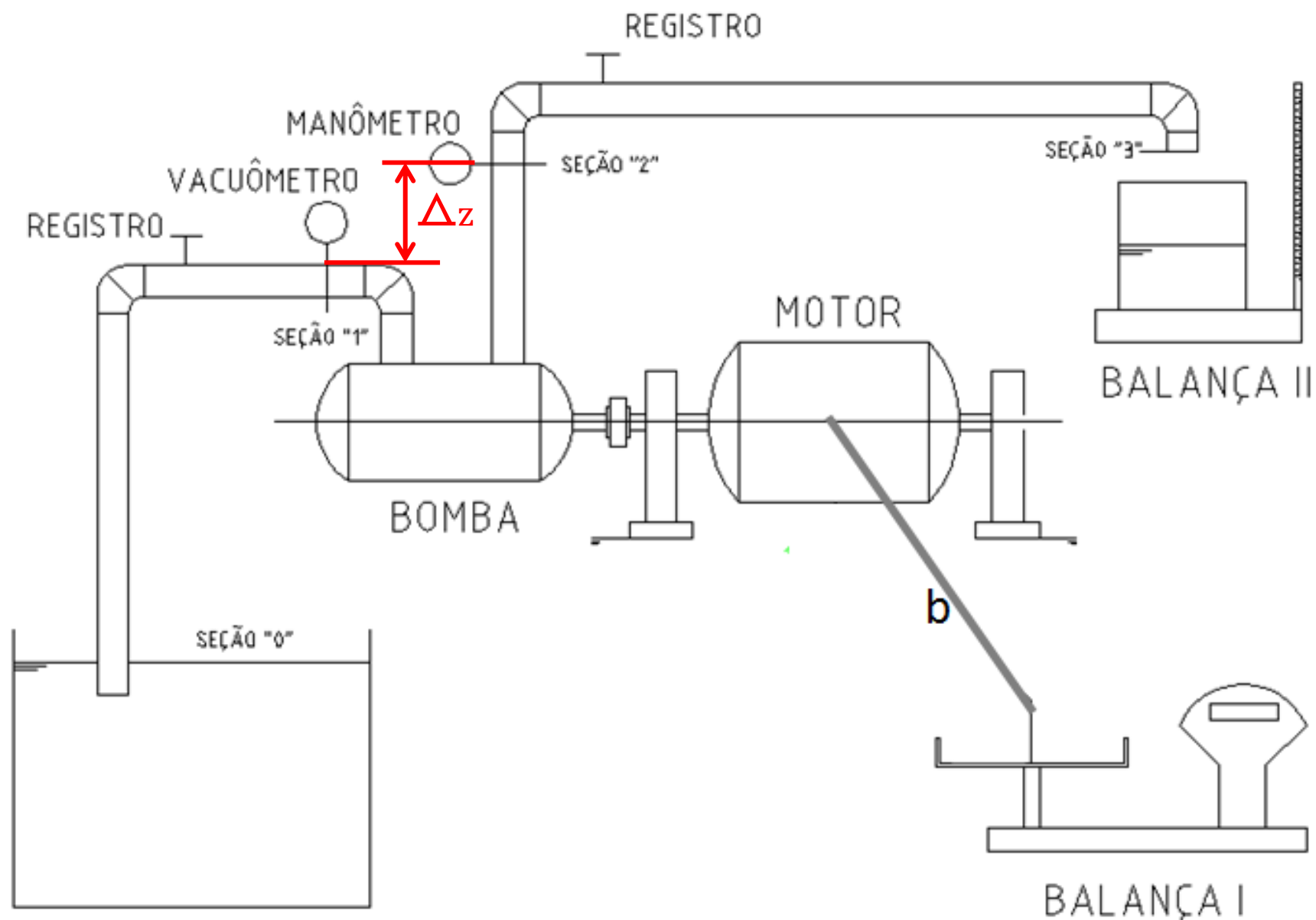


É possível então a classificação das máquinas de fluxo em função da rotação específica.

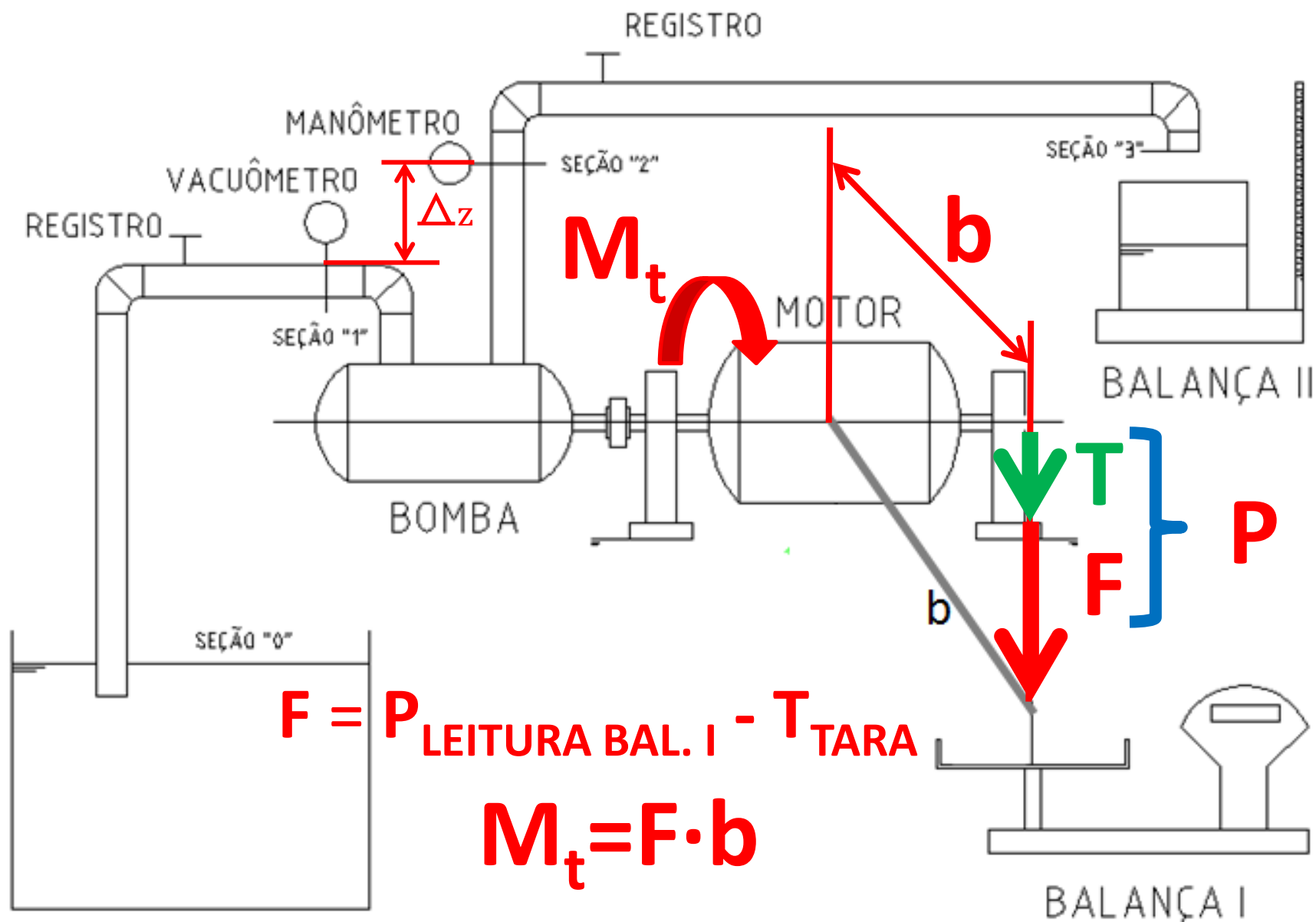
A experiência indica que:

\uparrow H cresce \downarrow Q cresce	$nq < 10$ - Bombas volumétricas ou Estáticas $10 < nq < 40$ - Bombas radiais $35 < nq < 85$ - Bombas Helico-centrífugas (Francis) $80 < nq < 150$ - Bombas Diagonais $125 < nq < 500$ - Bombas Axiais
--	---

3. Esquema da Instalação



3. Esquema da Instalação



4. Dados experimentais e calculados (Tabela sugerida)

(*) Verificar no laboratório as unidades de M_s e M_r .

Δz (m) (diferença de cotas entre manômetros; valor fixo para toda a experiência).

T (kgf) (tara da balança; valor fixo para toda a experiência).

b (m) (braço de alavanca motor / balança; valor fixo para toda a experiência).

	M_s (*)	M_r (*)	V (L)	t (s)	Q (L/s)	P (kgf)	$F=P-T$ (kgf)	$M_c=F.b$ (kgf)	M_s (m)	M_r (m)	H_m (m)	$P_{S \rightarrow F}$ (cv)	$P_{M \rightarrow S}$ (cv)	η (%)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

$$\Delta z = \quad \text{m}$$

$$T = \quad \text{kgf}$$

$$b = \quad \text{m}$$

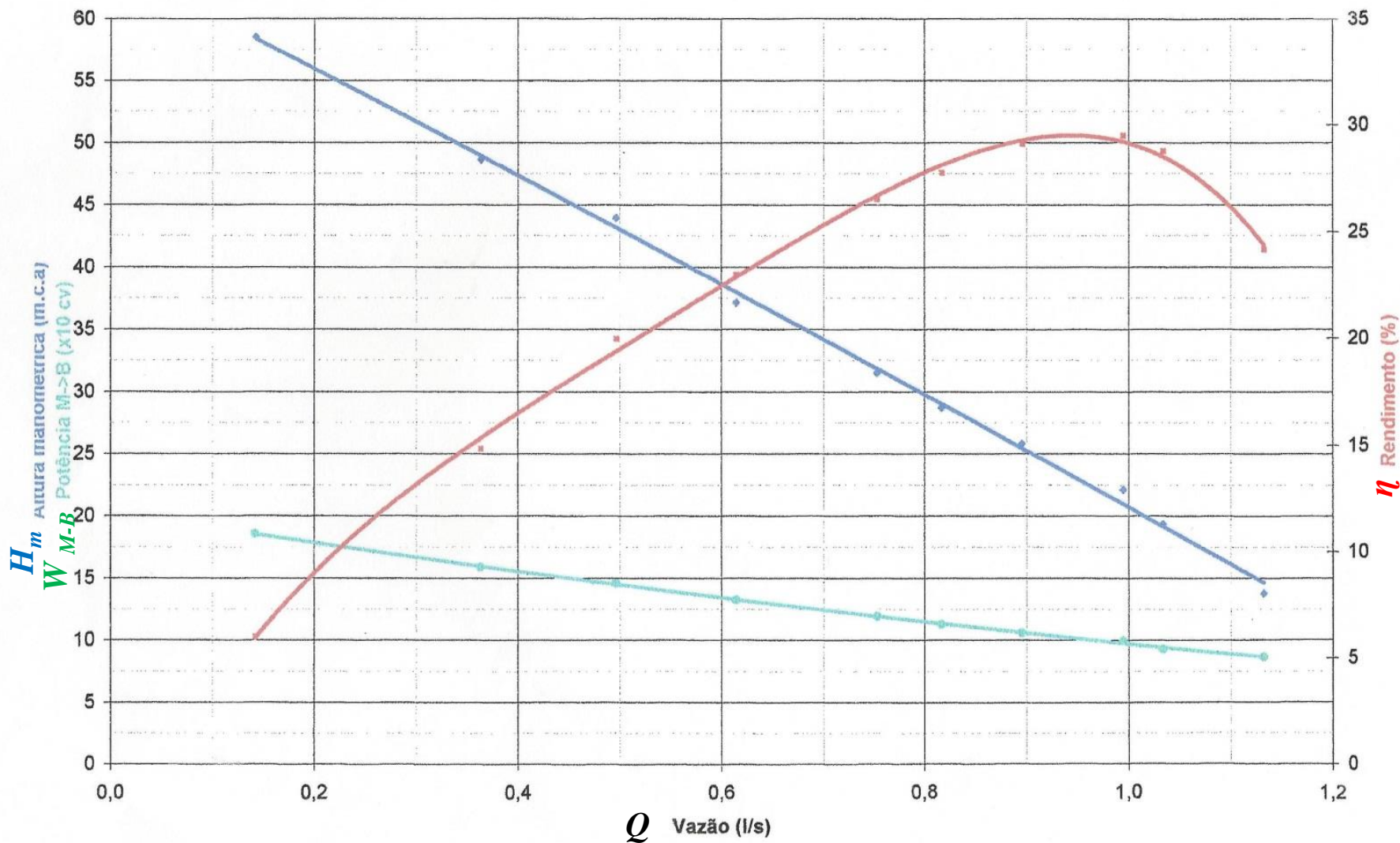
5. Equipamento utilizado nesta experiência:

BOMBA	
Marca	Hero
Tipo	S.E.R.
Tamanho	132E32
Nº Fabricação	40ER1193
MOTOR	
Marca	Arno
Tipo	C 43
Potência Placa	3 HP
Rotação Placa	1725 rpm
VACUÔMETRO	
Marca	Schaffer Budenberg
Escala	0 a 76 cm Hg
MANÔMETRO	
Marca	Haenni
Escala	0 a 10 kgf/cm ²
BALANÇA I	
Marca	Filizola
Escala	0 a 5 kgf (MAX:15kgf)
BALANÇA II	
Marca	Filizola
Capacidade	250 kgf

6. Anexos

MANÔMETRO DE SUCÇÃO (ENTRADA DA BOMBA)	MANÔMETRO DE RECALQUE (SAIDA DA BOMBA)	MEDIDA DO Δh A SER CONSIDERADA	ESQUEMA
ABAIXO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA	ACIMA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA	Δh_1	
ABAIXO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA	ABAIXO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA	Δh_2	
ACIMA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA	ACIMA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA	Δh_3	

Curvas características da bomba



EQUAÇÃO DO SISTEMA DE TUBULAÇÃO E ACESSÓRIOS

Fórmula de Darcy para a perda de carga distribuída

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_f = k_1 Q^2$$

Fórmula para o cálculo das perdas de carga localizadas

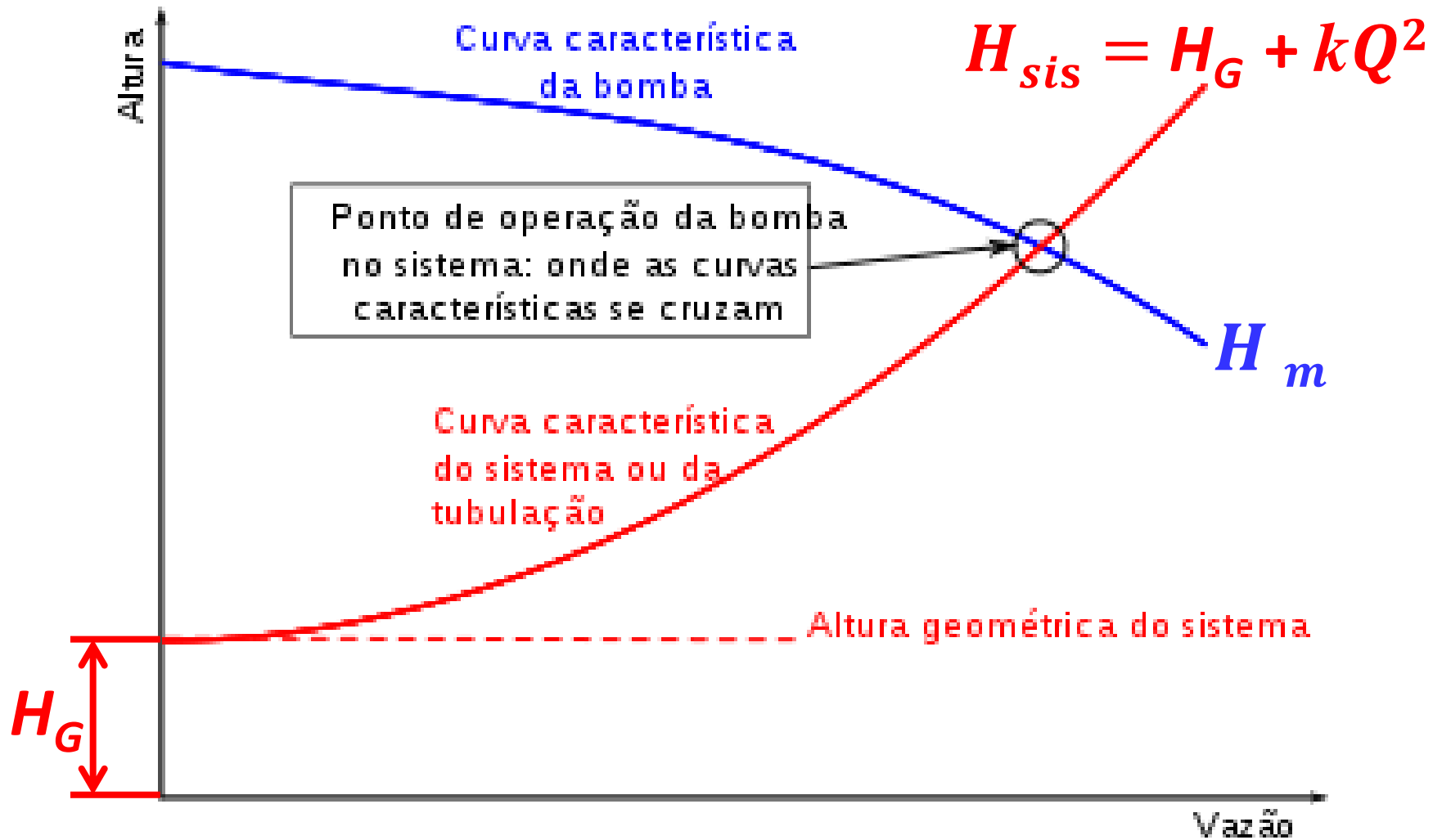
$$H_s = K_s \frac{v^2}{2g}$$

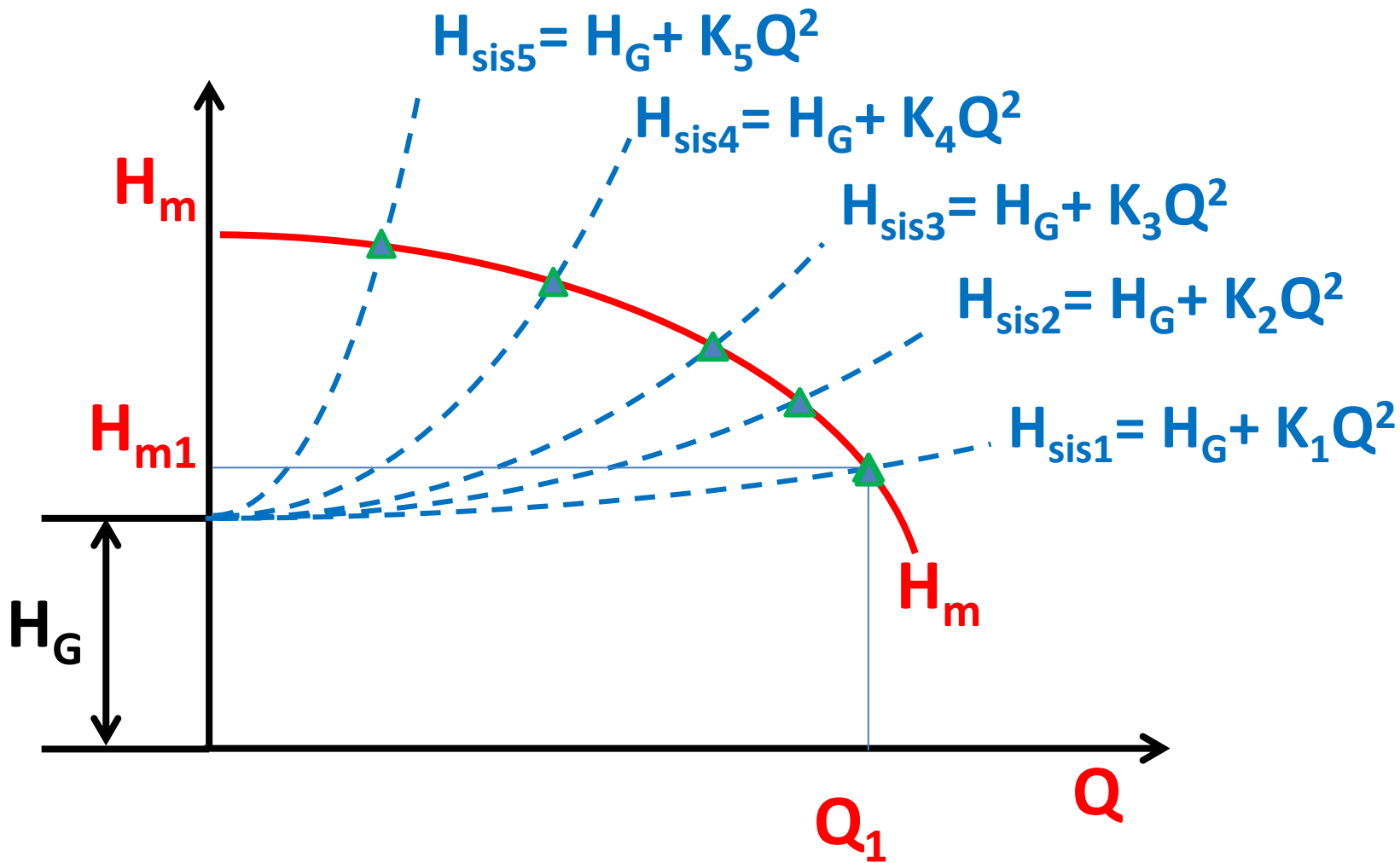
$$H_s = k_2 Q^2$$

$$H_{sis} = H_G + kQ^2$$

Equação da vazão

$$Q = V.A \quad V = \frac{Q}{A}$$











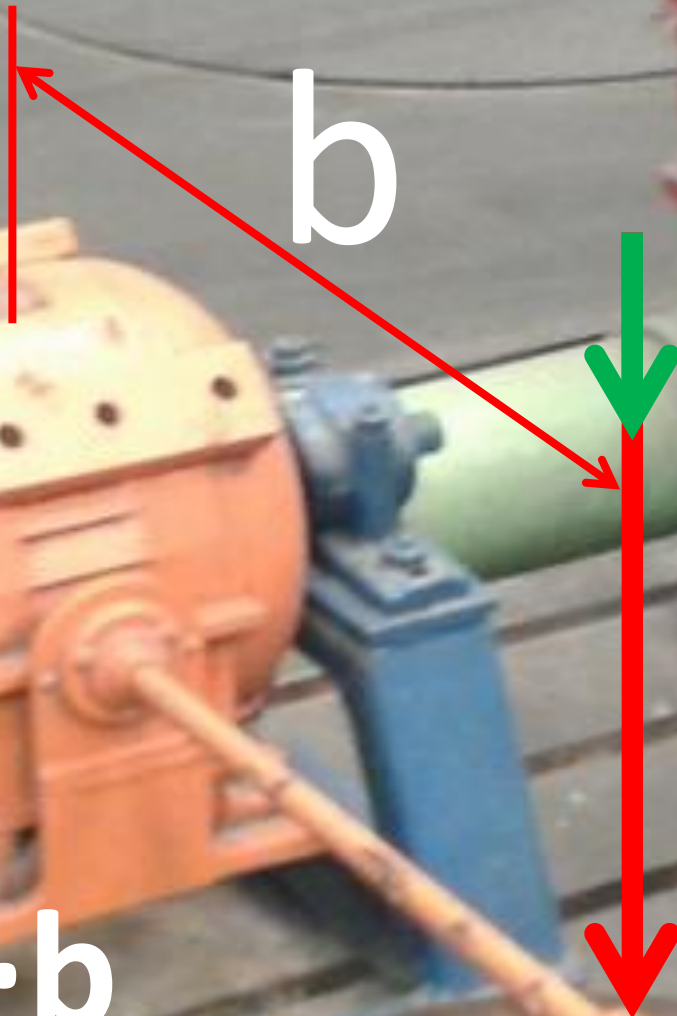




M



b



T

F

P

$$M_t = F \cdot b$$

$$F = P$$

LEITURA BAL.

- T

TARA



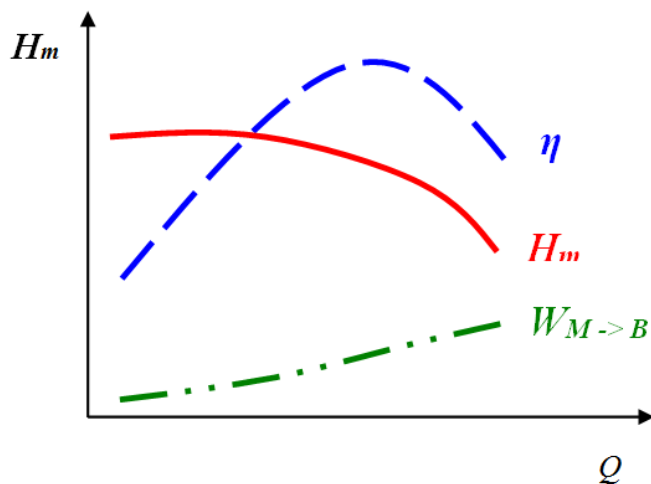
A BOMBA DE CANAL LATERAL É UMA BOMBA HÍBRIDA.

COMO VEREMOS NOS SLIDES A SEGUIR EXISTEM DUAS PARCELAS DE TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA:

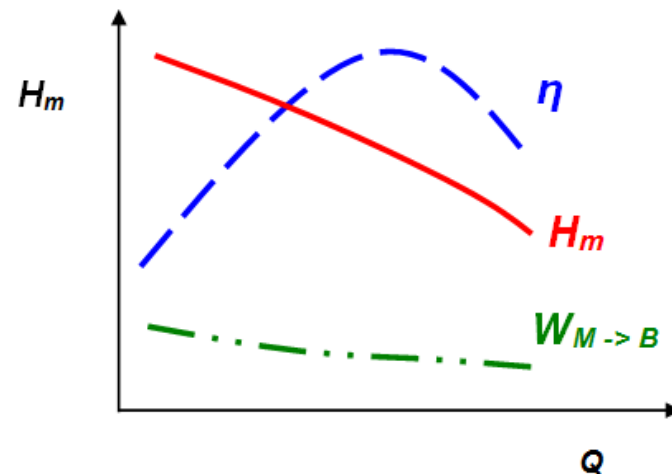
- 1. ARRASTE CONTRA O CANAL LATERAL COMPRIMINDO O FLUIDO. PARCELA TÍPICA DE UMA BOMBA VOLUMÉTRICA**
- 2. CENTRIFUGAÇÃO. PARCELA TÍPICA DE UMA BOMBA DE FLUXO**

Este fato reflete no gráfico da potência em função da vazão situação em que a potência decresce com o aumento da vazão diferentemente das bombas de fluxo (EXP. Nº1) no qual a potência cresce com o aumento da vazão pelo fato de ser uma bomba em que a energia cinética fornecida ao fluido aumenta com a vazão.

Com o arraste contra o canal lateral comprimindo o fluido temos uma parcela típica de uma bomba volumétrica, pois fazendo a referência de quando fechamos gradativamente o registro de saída de uma bomba volumétrica gastamos mais energia para injetarmos o fluido através de passagens gradativamente menores.



BOMBAS DE FLUXO (EXP. Nº1)

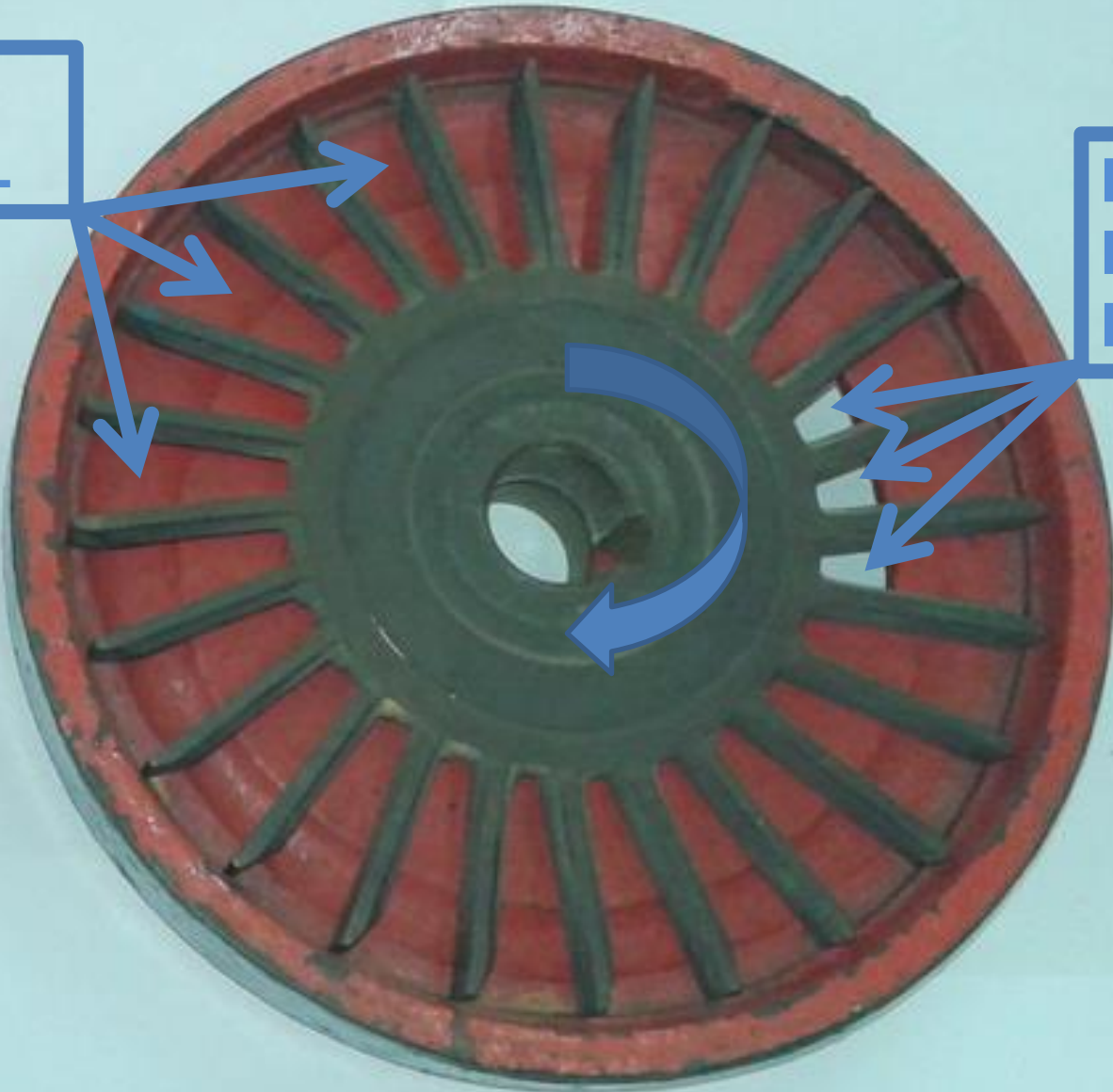


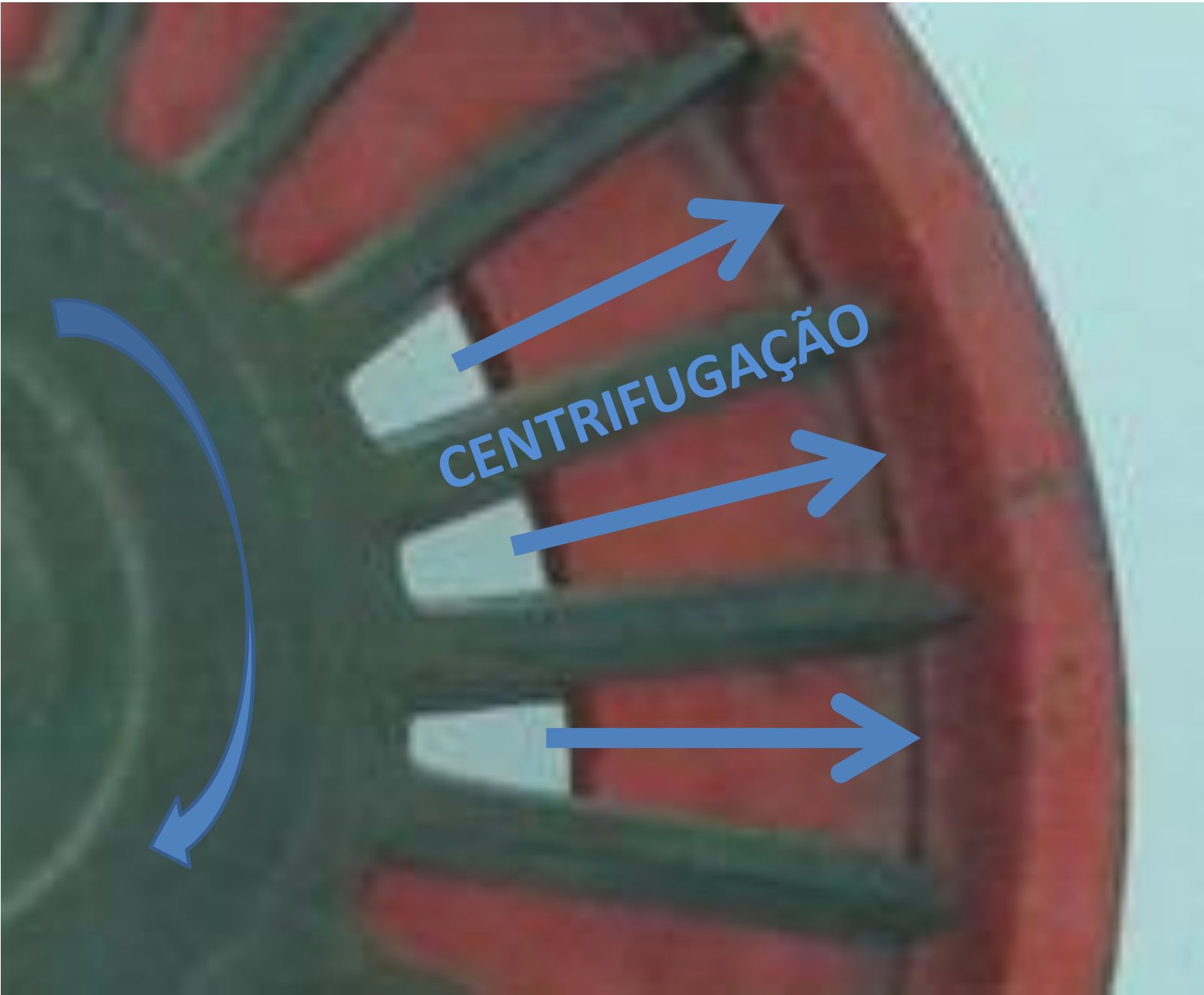
BOMBAS DE CANAL LATERAL (EXP. Nº2)



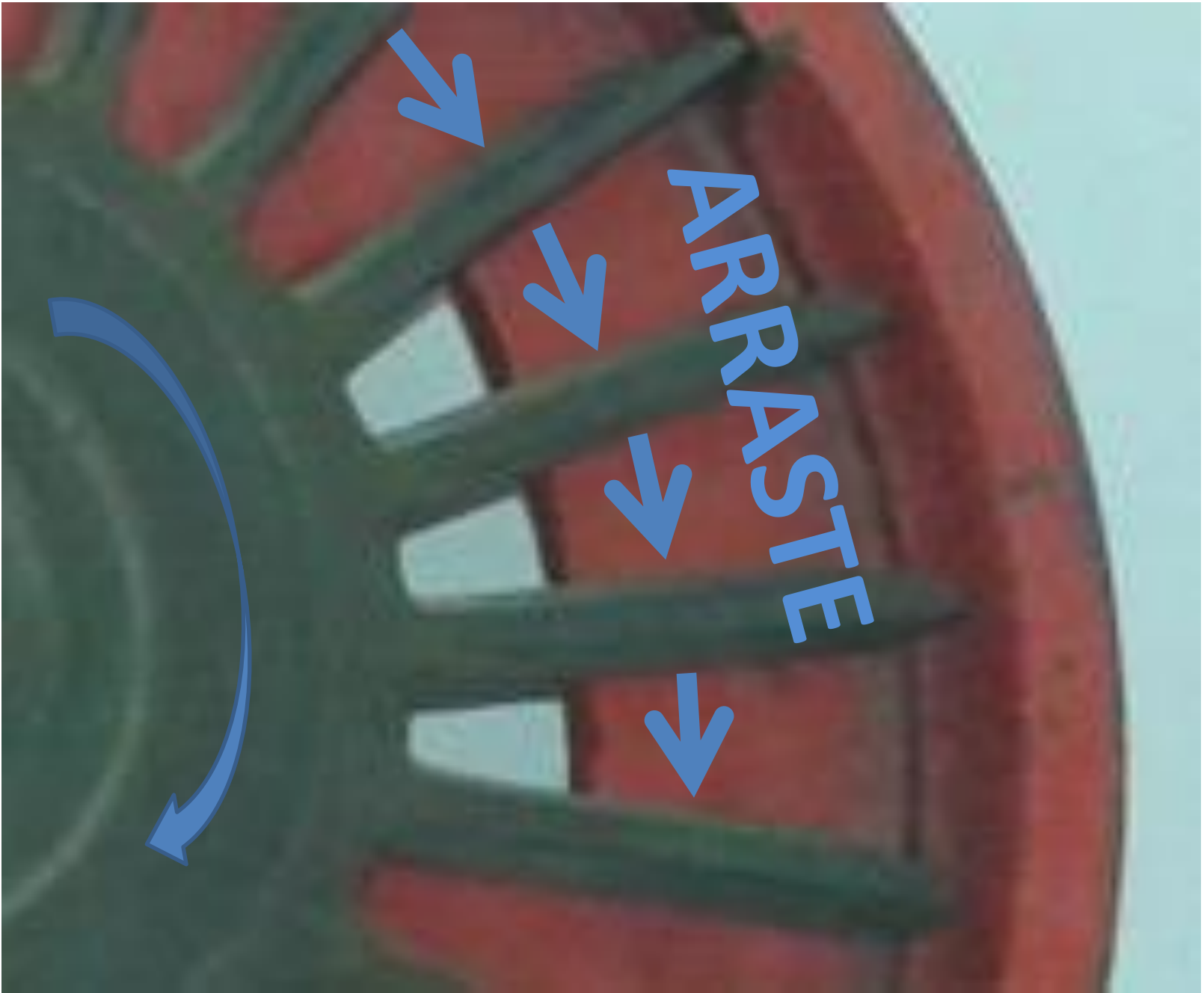
CANAL
LATERAL

ENTRADA
DO
FLUIDO

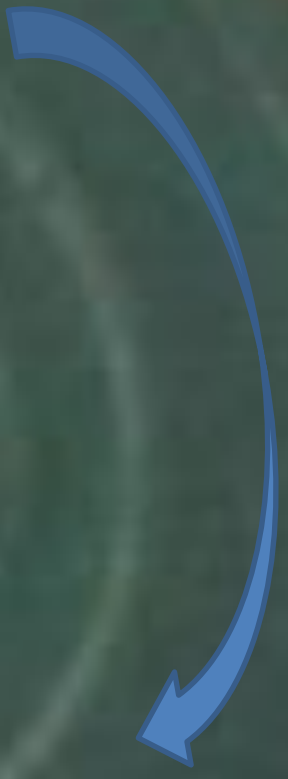




CENTRIFUGAÇÃO



ARRASTE



FIM DO CANAL LATERAL E SAIDA DO FLUIDO PARA A SAIDA DA BOMBA (PERPENDICULAR AO PLANO DO SLIDE, SAINDO PARA FORA)

CANAL LATERAL

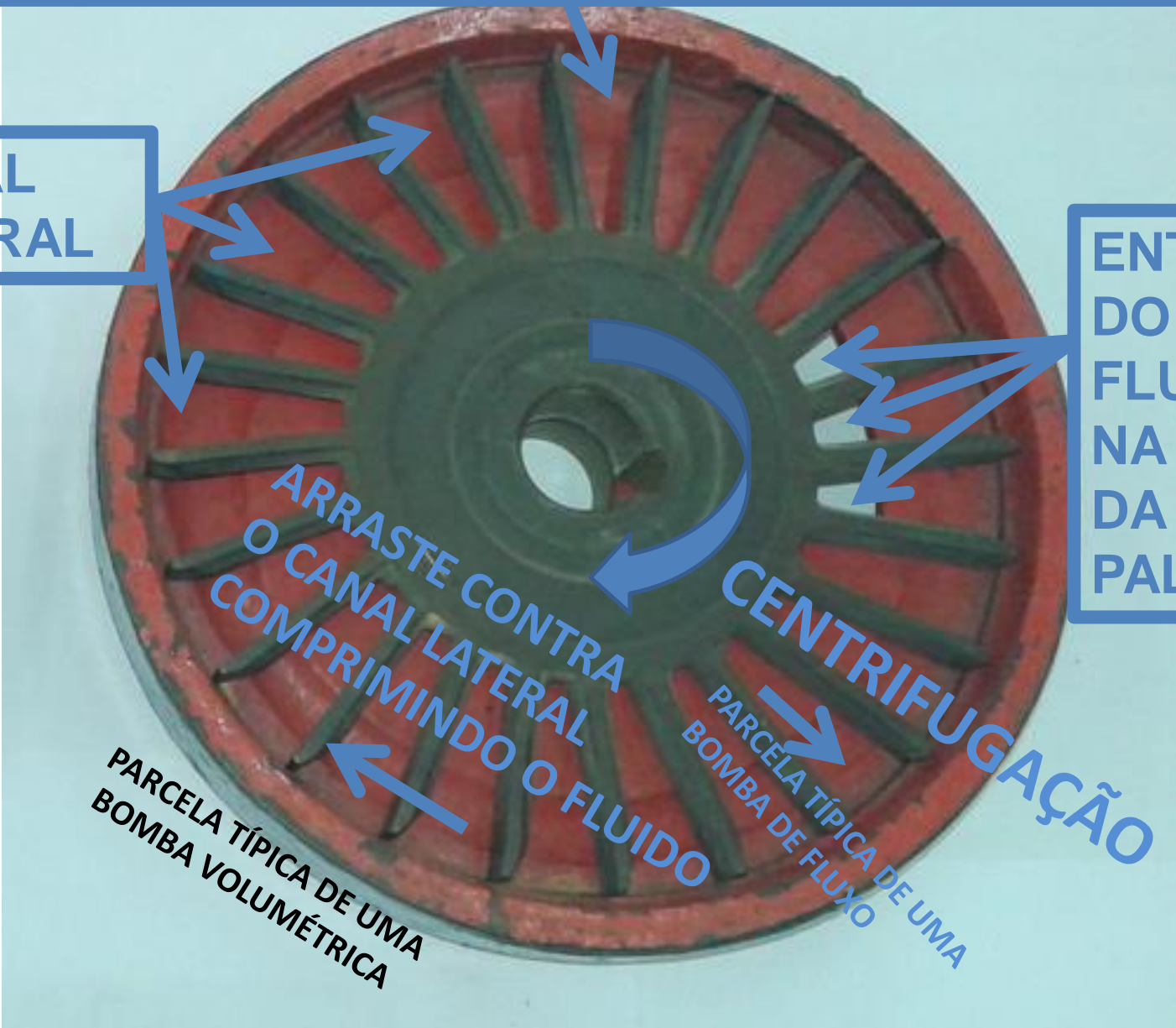
ENTRADA DO FLUIDO NA RAIZ DA PALHETA

ARRASTE CONTRA O CANAL LATERAL COMPRIMINDO O FLUIDO

CENTRIFUGAÇÃO

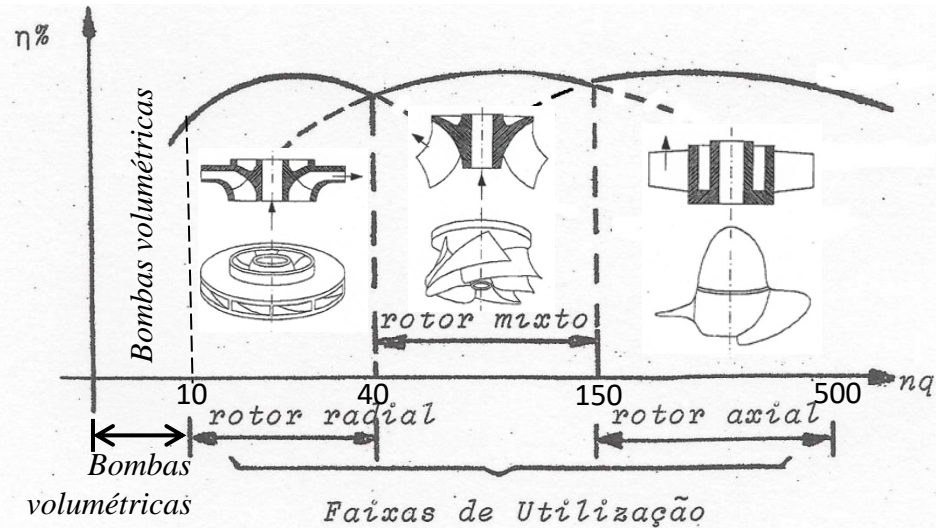
PARCELA TÍPICA DE UMA BOMBA DE FLUXO

PARCELA TÍPICA DE UMA BOMBA VOLUMÉTRICA



$$n_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

com: n : rotação em rpm; Q : vazão em volume em m^3/s ; H : altura de queda (turbinas) / alt. manométrica total (bombas) em m.

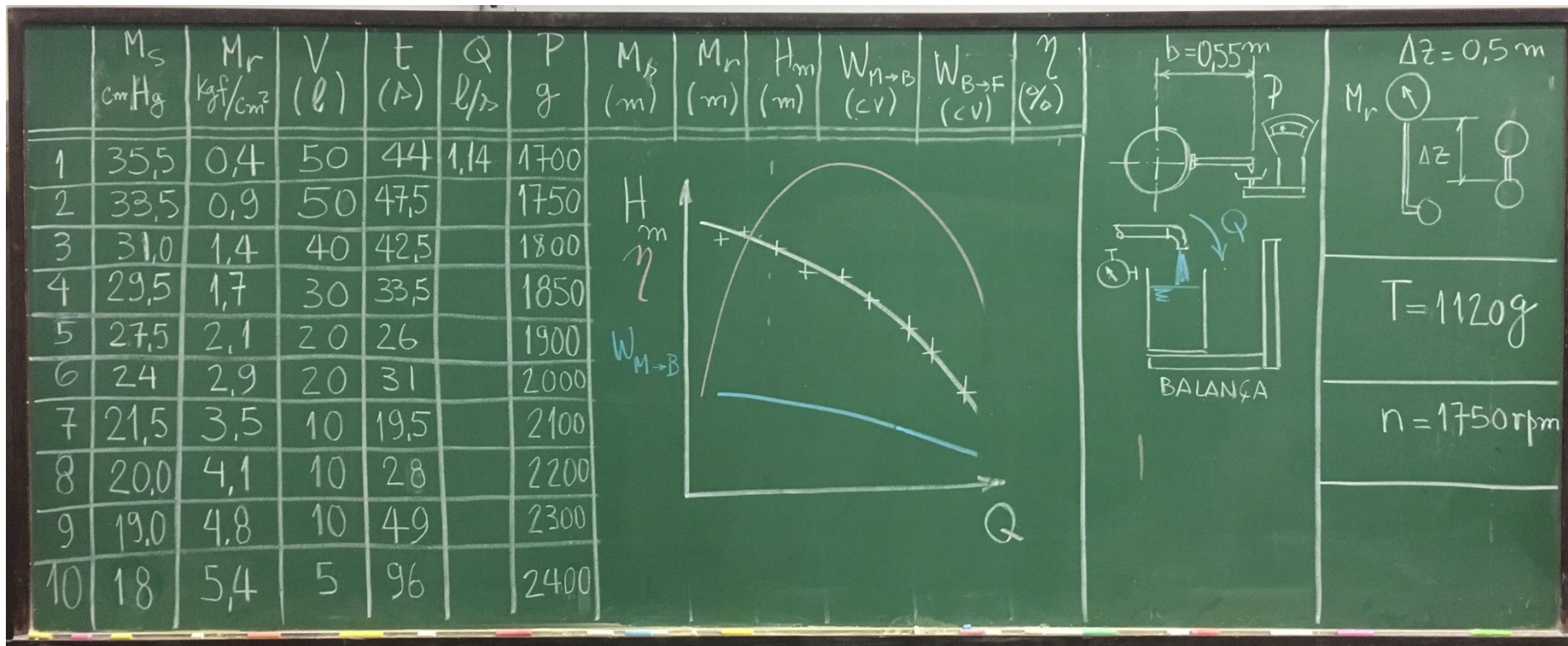


É possível então a classificação das máquinas de fluxo em função da rotação específica.

A experiência indica que:

\uparrow H cresce \downarrow Q cresce	$nq < 10$	- Bombas volumétricas ou Estáticas
	$10 < nq < 40$	- Bombas radiais
	$35 < nq < 85$	- Bombas Helico-centrífugas (Francis)
	$80 < nq < 150$	- Bombas Diagonais
	$125 < nq < 500$	- Bombas Axiais

- Faça o cálculo do η_q e constate se o valor será menor que 10 conforme aparece no slide anterior.
Isto significa que a bomba de canal lateral por ser uma bomba híbrida (de fluxo + volumétrica) apresenta o η_q na faixa das bombas volumétricas
- Faça o relatório usando os dados históricos abaixo apresentados:



- Veja observação no próximo slide

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PME-3453 MÁQUINAS DE FLUXO – LABORATÓRIO
EXPERIÊNCIA Nº2

GERADOR HIDRÁULICO

(OBTENÇÃO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UMA BOMBA AUTO-ASPIRANTE)

PROF. SÉRGIO ROBERTO CECCATO

ALUNO : _____ TURMA: _____
Nº USP : _____
DATA : _____
VISTO : _____

DADOS EXPERIMENTAIS:

	M_s ()	M_r ()	V (L)	t (s)	Q (L/s)	P (kgf)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

$\Delta z =$ m
 $T =$ kgf
 $b =$ m

DADOS COMPLEMENTARES:

