

INSTITUTO FEDERAL
Sertão Pernambucano
Campus Petrolina Zona Rural

HIDRÁULICA

AULA Nº 16

Bombeamento

PROF. JOSÉ SEBASTIÃO COSTA DE SOUSA

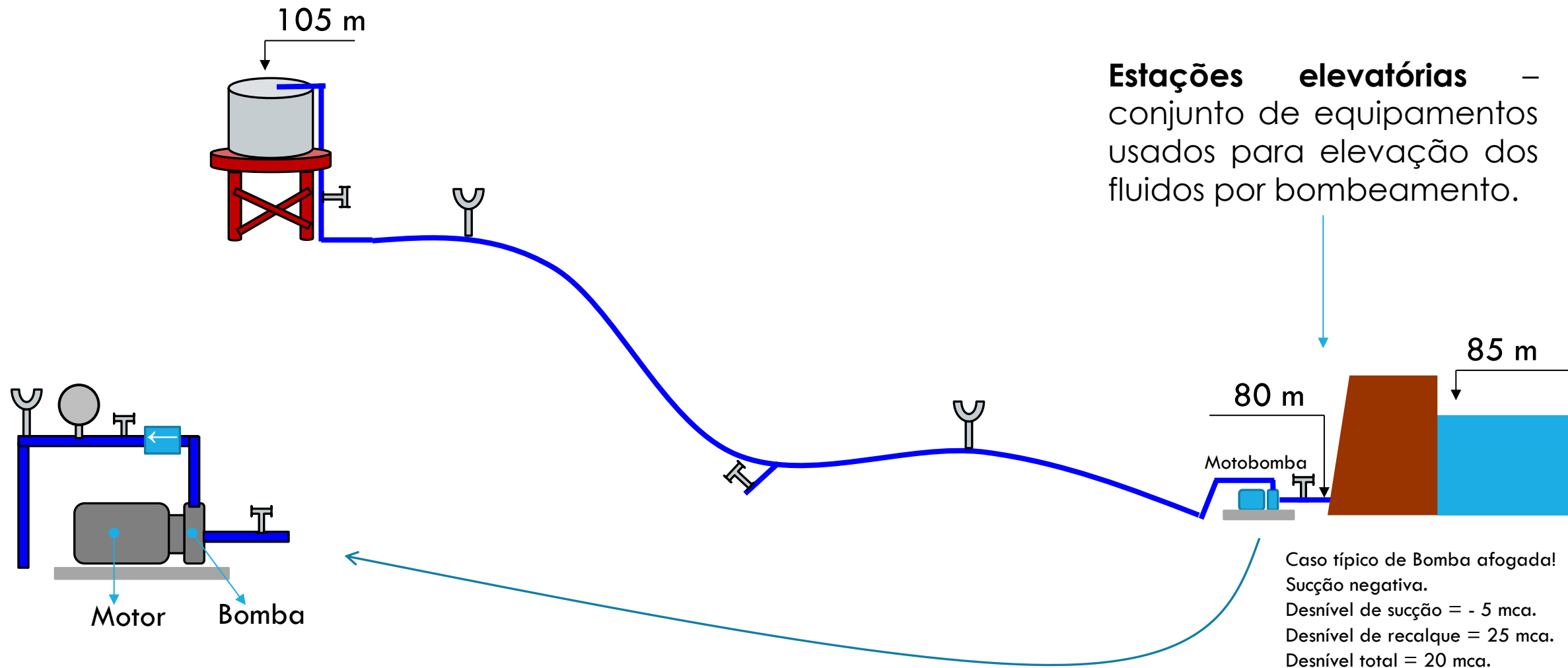
Sumário da aula:

- ✓ Altura manométrica
- ✓ Classificação das bombas
- ✓ Associação de bombas
- ✓ Escolha de bombas
- ✓ Rotação específica
- ✓ Cavitação



BOMBEAMENTO

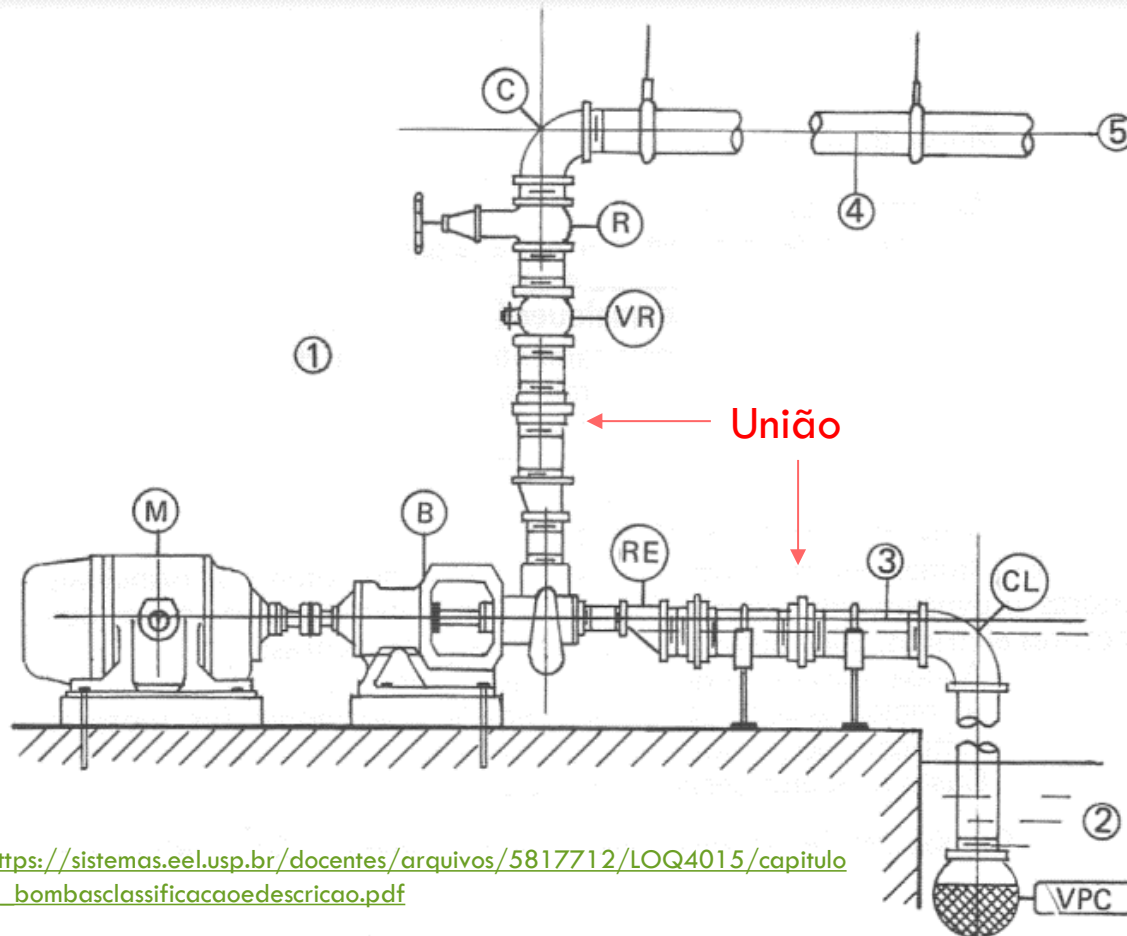
- Ação de recalcar (elear) ou pressurizar fluidos de um ponto a outro com uso de máquinas geratrizes.



Estações elevatórias – conjunto de equipamentos usados para elevação dos fluidos por bombeamento.

Caso típico de Bomba afogada!
Sucção negativa.
Desnível de sucção = - 5 mca.
Desnível de recalque = 25 mca.
Desnível total = 20 mca.

ESQUEMA TÍPICO DE UMA ESTAÇÃO DE BOMBAMENTO



Legenda:

- (1) Casa das Bombas
- (2) Poço, manancial ou reservatório de sucção
- (M) – Motor de acionamento**
- (B) – Bomba**
- (3) Linha de sucção
- (VPC) – Válvula de pé com crivo
- (CL) – Curva longa de 90°
- (RE) – Redução excêntrica
- (4) Linha de recalque
- (VR) – Válvula de retenção
- (R) – Registro (válvula de gaveta ou borboleta)
- (C) – Curvas ou joelhos (ou cotovelos)
- (5) Reservatório de recalque

Motores e Bombas



Fonte: www.weg.net

Motor – máquina motriz que transforma energia elétrica (ou de combustão etc.) em energia mecânica.

O motor faz girar o eixo.

Turbinas também são máquina motrizes, sendo que nestas a transformação é de energia hidráulica em energia mecânica.



Mancal

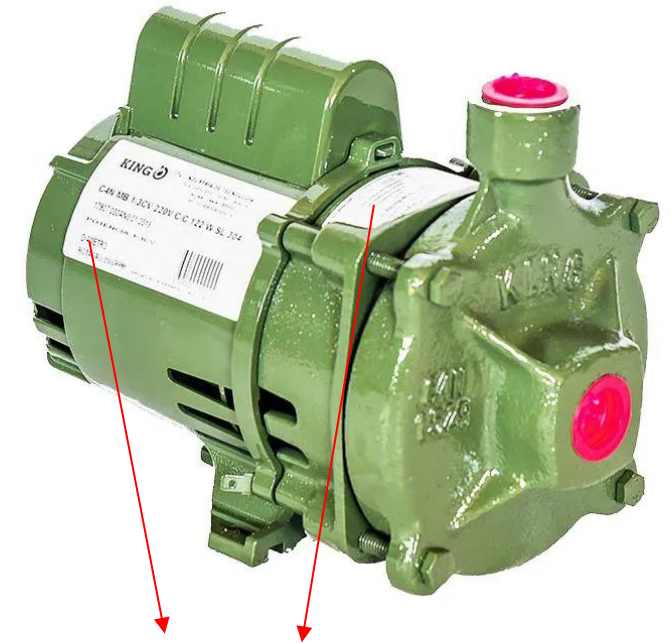
Bomba – Máquina operatriz (ou geratriz) que transforma energia mecânica em energia hidráulica.

A bomba aproveita-se do giro do eixo do motor para fazer girar o seu rotor e promover fluxo.

Fonte: www.ksb.com.br

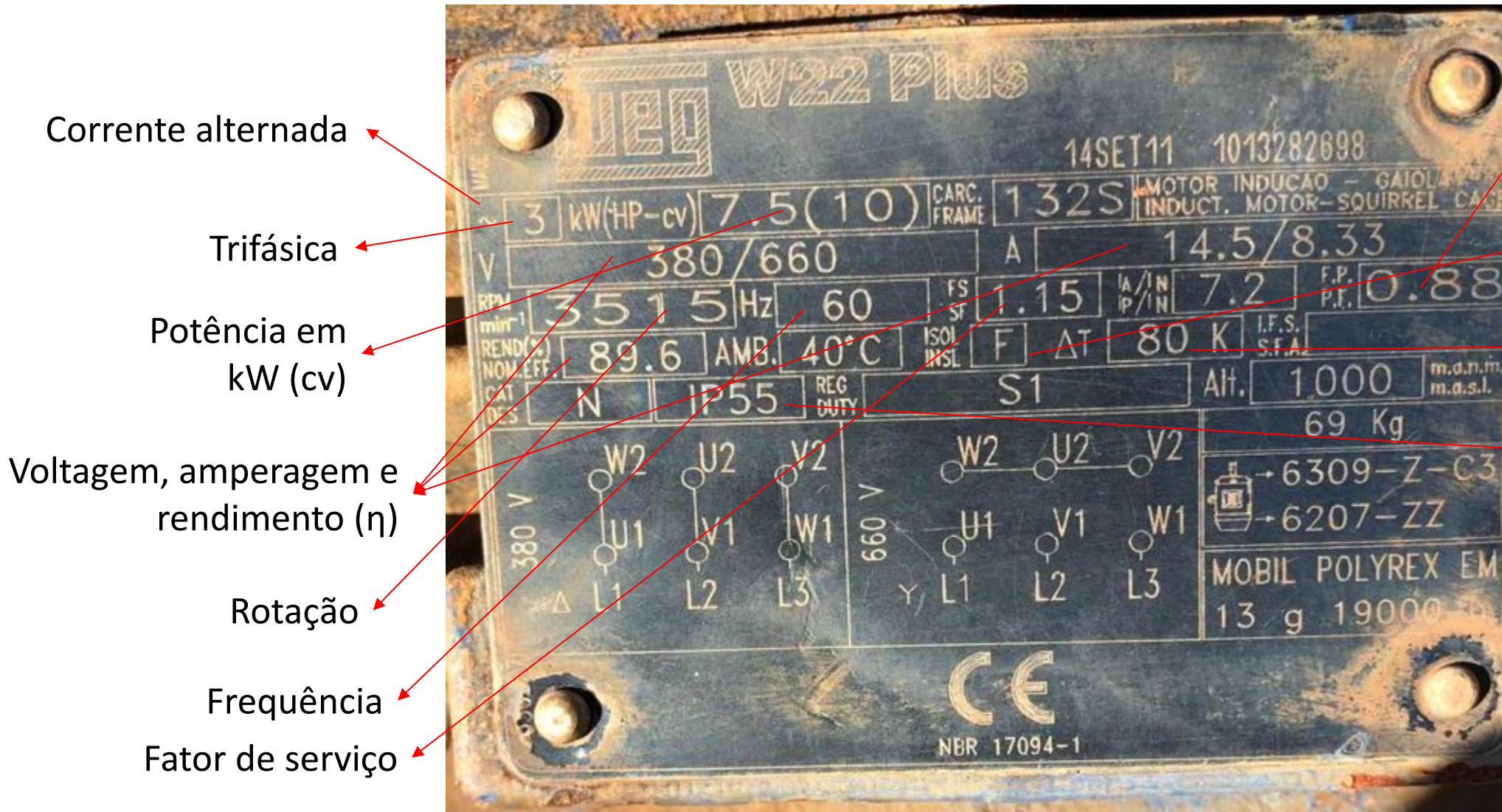
Fonte: Santos (2007) – Bombas & Instalações Hidráulicas.

Motobomba é um conjugado de motor e bomba num único equipamento



Plaqueta de identificação do motor e da bomba

Plaqueta de identificação do motor



Fator de potência ou $\text{Cos } \varphi = 0,88$

Tipo de isolamento para temperatura. Classe F até 155 °C. O 80 K dif. Int e ext.

Tipo de proteção
Índice ou grau de Proteção.
IP55 – prot. contra jatos de água.
Motor blindado.

Plaqueta de identificação do motor

Corrente alternada

Trifásica

Potência em kW (cv)

Voltagem, amperagem e rendimento (η)

Rotação

Frequência

Fator de serviço

Fator de potência ou $\cos \varphi = 0,88$

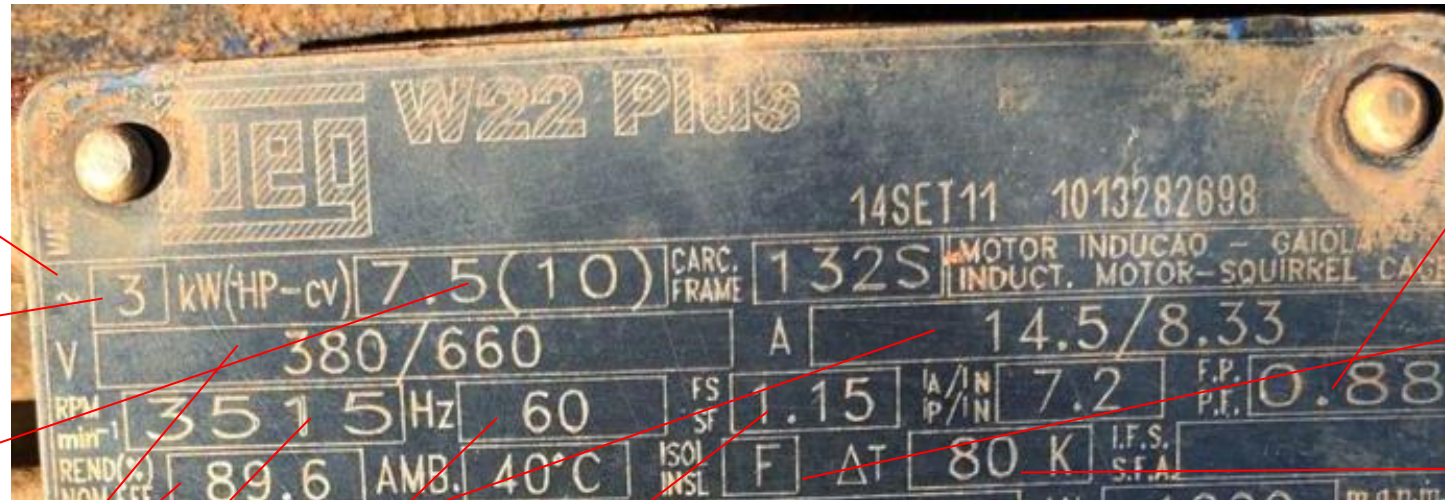
Tipo de isolamento para temperatura. Classe F até 155°C . O 80 K dif. Int e ext.

Tipo de proteção
Índice ou grau de Proteção.
IP55 – prot. contra jatos de água.
Motor blindado.

$$I_n[A] = \frac{Pot [W]}{tensão [V] \times \sqrt{3} \times \cos\varphi \times \eta}$$

$$I_n = \frac{7500 W}{380 V \times \sqrt{3} \times 0,88 \times 0,896} = 14,5 A$$

Plaqueta de identificação do motor



Corrente alternada

Trifásica

Potência em

Fator de potência
ou $\cos \varphi = 0,88$

Tipo de isolamento
para temperatura.
Classe F até 155 °C.
O 80 K dif. Int e ext.

Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
$\Delta t =$ elevação de temperatura (método da resistência)	°C	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

Voltager

roteção
rau de
ão.
contra
água.
idado.

1º algarismo proteção contra penetração de corpos sólidos		
IP	Testes	
0		Sem proteção
1		Corpos sólidos superiores a 50 mm (ex.: contatos involuntários da mão)
2		Corpos sólidos superiores a 12,5 mm (ex.: dedos da mão)
3		Corpos sólidos superiores a 2,5 mm (ex.: chave de fenda, fios)
4		Corpos sólidos superiores a 1 mm (ex.: ferramentas finas, pequenos fios)
5		Poeira e areia (sem depósito prejudicial)
6		Totalmente protegido contra poeira

2º algarismo proteção contra penetração de líquidos		
IP	Testes	
0		Sem proteção
1		Quedas de gotas de água (condensação)
2		Quedas de água de até 15° de inclinação
3		Chuva de até 60° de inclinação
4		Projeção de água de qualquer direção
5		Jato de água de qualquer direção (ex.: mangueira de bombeiro)
6		Projeção de água semelhante a vaga do mar
7		Imersão
8		Imersão prolongada sob pressão

Sobre o grau de proteção IP

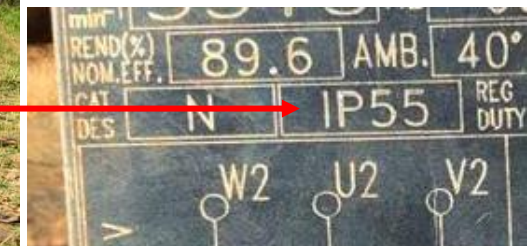
Categorias normalmente encontradas nos motores elétricos:
IP 21 – motor aberto
IP 44 – motor fechado
IP 55 ou **IP 56** – motor blindado

Ex. de motobomba operada sem brigo.



Fonte: O Autor.

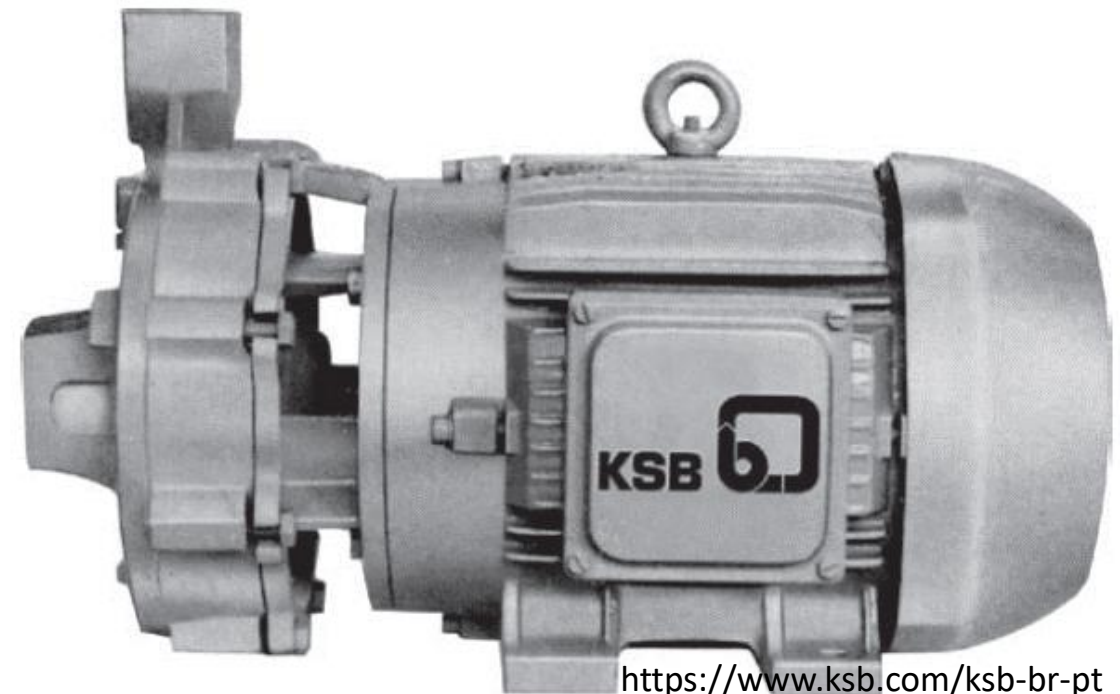
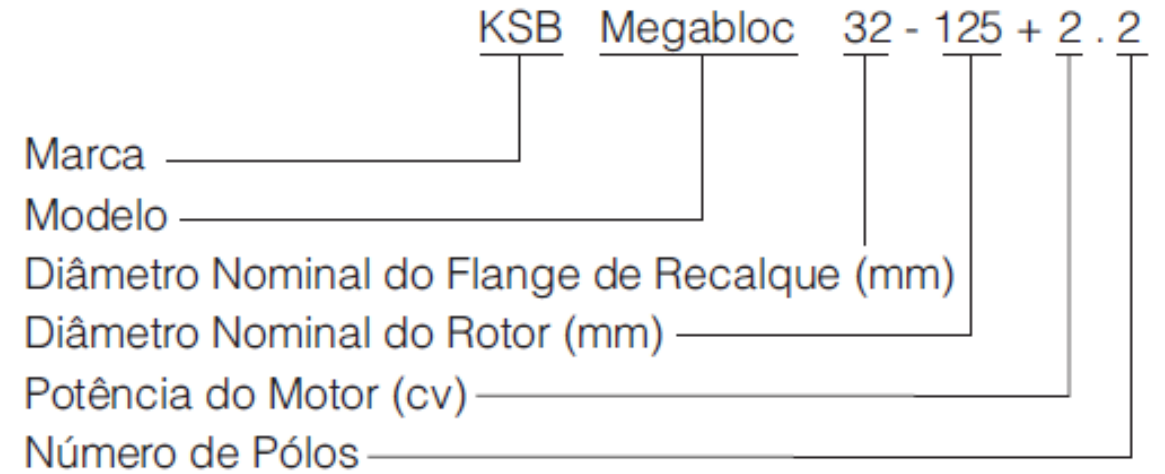
Devido ao seu grau de proteção IP



Plaquetas de identificação da bomba



3. Denominação



Exercício – descreva as informações das plaquetas

VOGES

MOD. 10C58 411010

COD.: LTE1653

KW (hp-cv) 0,75 (1,0) 60 Hz

MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO

110-127/220-254 V rpm 1680

10-10,6/5-5,3 A ISOL H Δ K

FS 1,15 AFS 11,4-12,5/5,7-6 A

REG. S1 IP/IN 3,6 AMB 40°C

REND 67,5% COS φ 0,99 IP 21

CNPJ 04.654.447/0004-88 IND. BRASILEIRA CAP: 40μF/250VAC

110-127 V 220-254 V

PARA INVERTER A ROTAÇÃO TROCAR O T5 PELO T8

NBR7094

Metalcorte MOTORES

MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO

Mod. BK 71 B4 Nº 0108

cv 1/2 kW 0,37 Cap. 30 μF/ 250 Vac

Regime S1 Proteção IP 55

Hz	rpm	V	Isol.
50		110	F.S.
60	1620	A 6,4	F.S.

ROL. Dianteiro 6203 22 Traseiro 6203 22

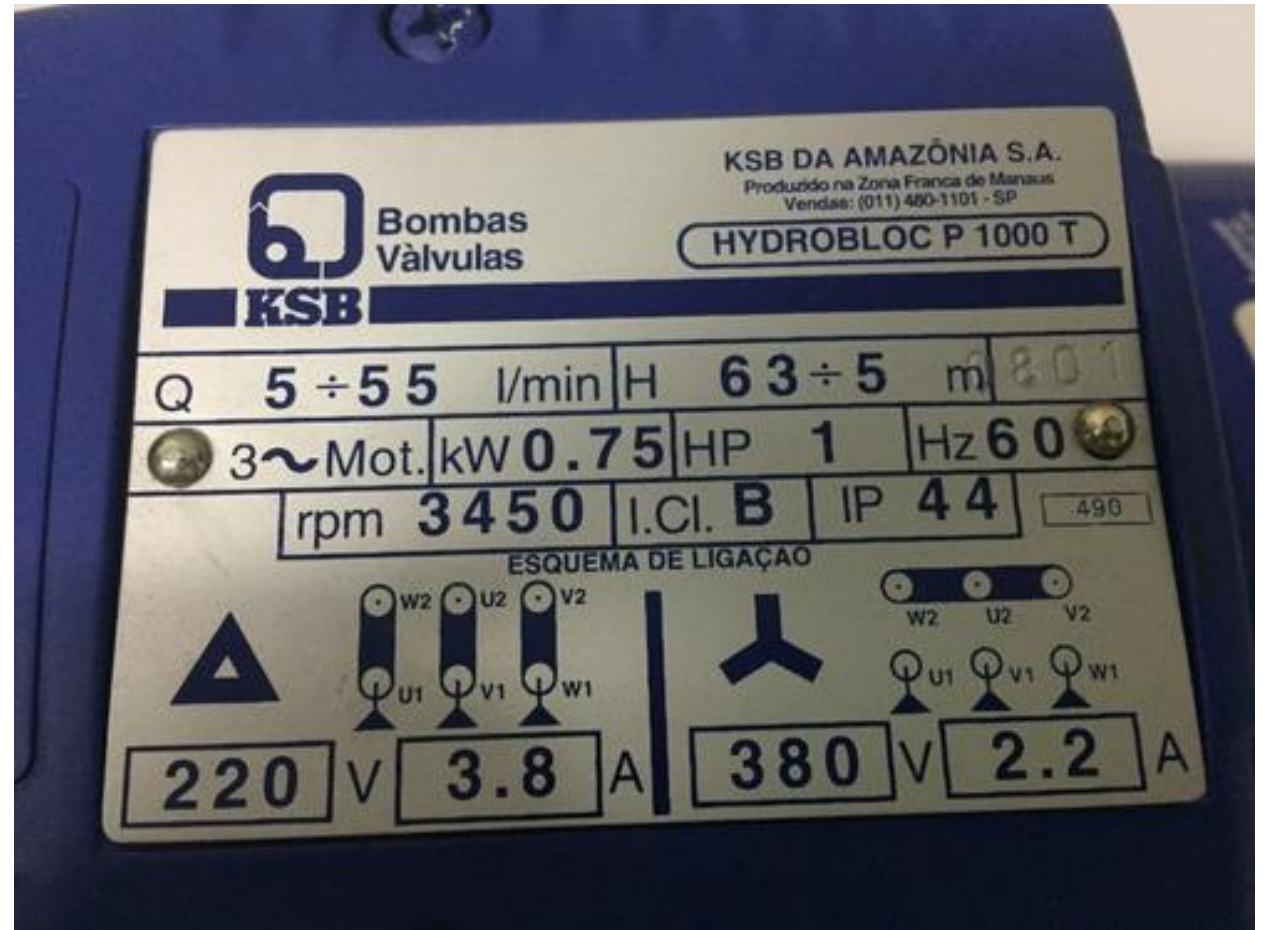
PARA INVERTER A ROTAÇÃO TROCAR T8 POR T5

VOLTS L1 L2


CNPJ 04.654.447/0004-88 CAXIAS DO SUL-RS-IND. BRAS.

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4566615/mod_resource/content/1/A2%20Motor%20EI%C3%A9trico.pdf

Exercício – descreva as informações das plaquetas



Exercício – descreva as informações das plaquetas

KSB 		KSB do Brasil Ltda Jundiaí-SP Fone:(011)45968500 CNPJ do Importador:60.680.873.0001-14 Modelo P1000TNG			
Q(l/min)	10-50	H(m)	56-18		
Hmin(m)	18	Hmax(m)	65	09-2020	
P ₂ (HP)	1	-(kW)	0.74	P ₁ (kW)	1.11
V _Δ	220	V _λ	380	Cl F	IP 44
A	3.4-2	Hz	60	3500 min ⁻¹	Peso Kg
N°	HO14800	T max líquido	90 °C	10.5	
3 ~ Fase		Uso contínuo			



Bomba Periférica Ksb Hydrobloc: <https://www.eletrishop.com.br/bombas-d-aqua/bomba-periferica-ksb-hydrobloc-p-1000-tng-1-cv-trifasica-220380v>

Exercício – descrimine as informações das plaquetas



KSB		KSB do Brasil Ltda Jundiaí-SP Fone: (011) 45968500 CNPJ do Importador: 60.680.873.0001-14	
Q(l/min)	5-35	H _{max} (m)	10
H _{min} (m)	9	H(m)	35-9
P ₂ (HP)	5-(KW)	P ₁ (KW)	05-2020
V	127-220	Vc	250
A	1-5-2-3	Hz	50
N°	4011055	T _{max} líquido	3-100
1 ~ Fase		min ⁻¹	0-55
		°C	90
		Uso contínuo	Sim
		Proteção térmica	<input checked="" type="checkbox"/> Não
		Peso Kg	5,5

Bomba Periférica Hydrobloc P 500 NG

Bombas

*“Bombas são máquinas operatrizes hidráulicas que conferem energia ao líquido com a finalidade de transportá-lo de um ponto para outro obedecendo às condições do processo”
(MATTOS & FALCO, 1998).*



CLASSIFICAÇÕES

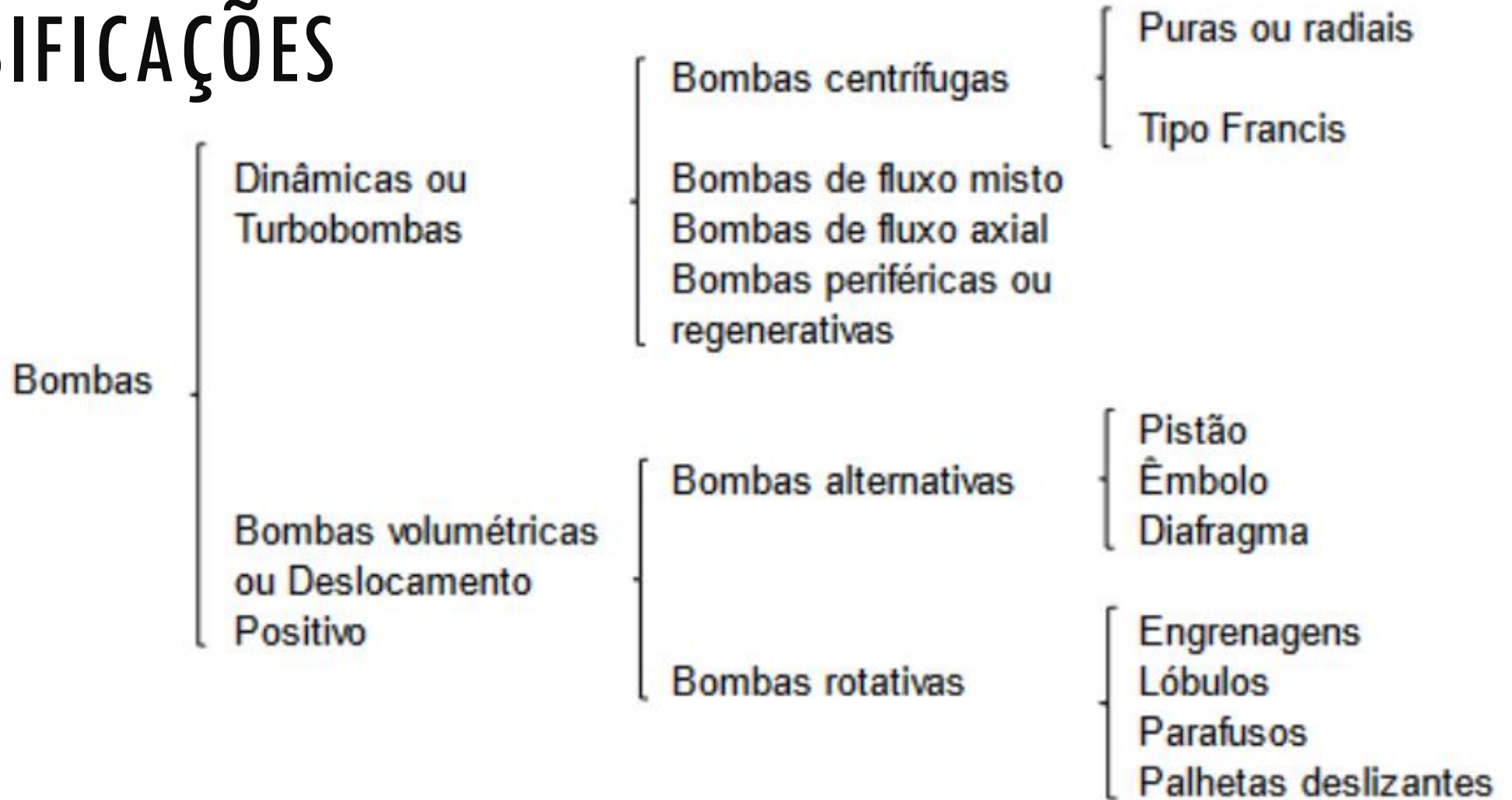
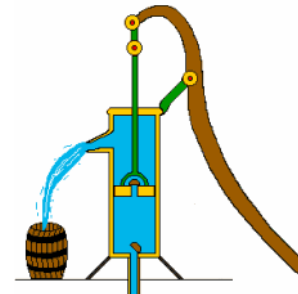


Figura 4.1 - Classificação dos principais tipos de bombas (MATTOS & FALCO, 1998)

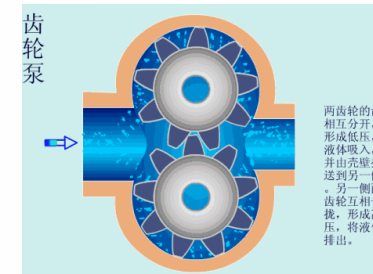
CLASSIFICAÇÕES

Bombas hidráulicas volumétricas

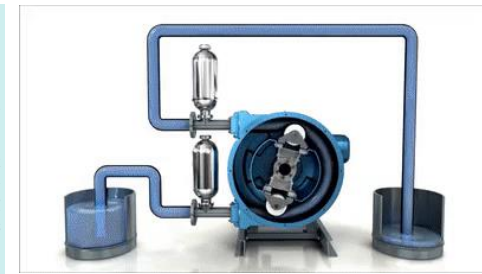
são bombas de deslocamento positivo; a vazão recalçada **muda pouco** com a pressão; indicada para pequenas vazões; pode ser utilizada a grandes pressões.



<http://k33.kn3.net/5/C/2/3/2/0/971.gif>



<http://pt.iksvacuum.com/>



<https://makeaqif.com/gif/>

Bombas hidráulicas hidrodinâmicas

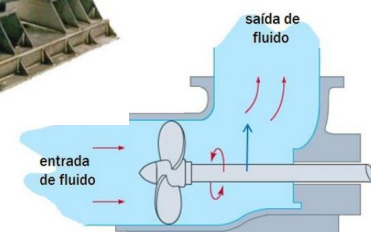
também chamadas de turbobombas; indicadas para quaisquer cenários de vazão e pressão; a **vazão diminui com o aumento da pressão**; as mais comuns são as centrífugas radiais e as axiais.



<http://www.solucoesindustriais.com.br/>



Axial



<https://pt.slideshare.net/edpackness/liquid-propellant-rocket-engine-motor-foguete-liquido-part11>

CLASSIFICAÇÕES

Bombas hidráulicas volumétricas

Mais indicadas para:

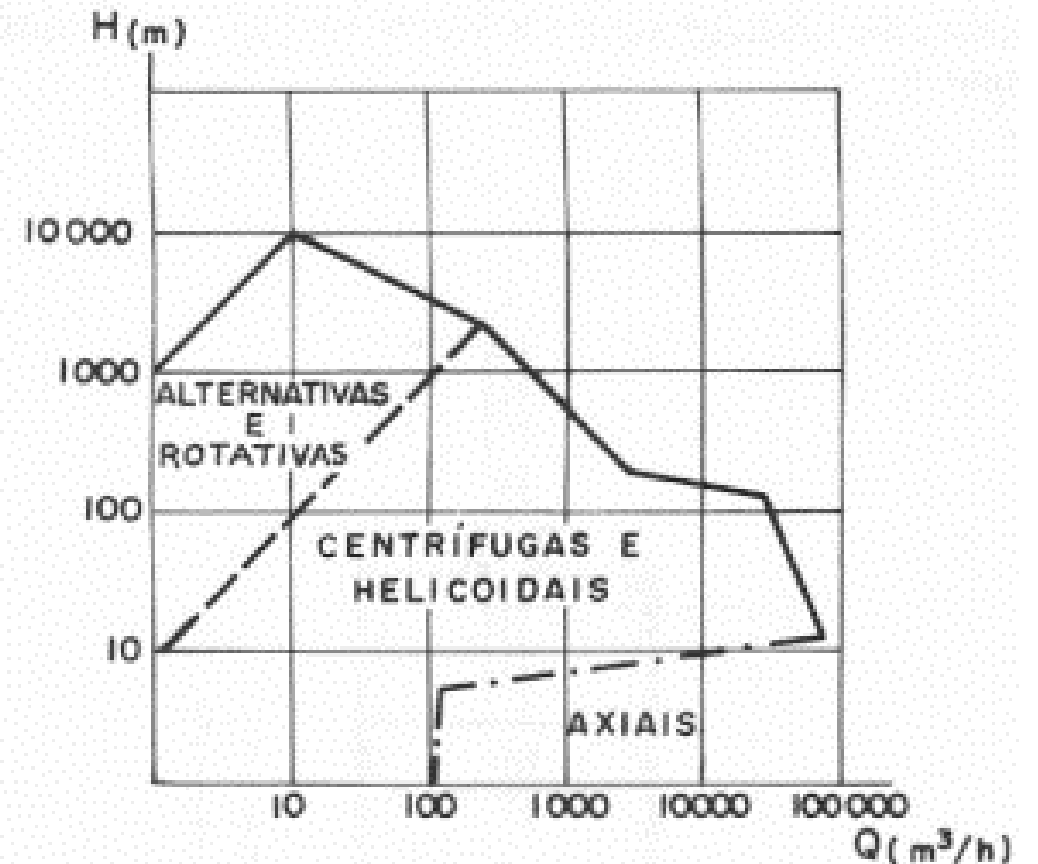
Pequenas vazões e grandes pressões

Bombas hidráulicas hidrodinâmicas

Mais indicadas para:

Axiais – baixas pressões e elevadas vazões

Centrífugas – médias a elevadas pressões e médias a elevadas vazões.



CLASSIFICAÇÕES

Bombas hidráulicas volumétricas PEQUENA variação da vazão (Q_{ef}) com o aumento da pressão.

Capacidade de Vazão e Potência											
Tamanho Nominal	Vol. de Deslocamento Geom. V (cm ³ / Rot.)	Vazão efetiva Q_{ef} e Potência de acionamento necessária P_a , com $n = 1750$ rpm, $\nu = 36$ mm ² /s e $t = 50^\circ\text{C}$									
		Pressão	bar	10	50	100	150	175	200	210	250
020	20,0	Q_{ef}	(l / min)	35,0	34,8	34,4	33,8	33,6	33,3	32,9	32,6
		P_a	(kW)	1,52	4,35	7,62	11,43	13,33	15,24	18,00	19,05

Fonte: Santos (2007) – Bombas & Instalações Hidráulicas.

Bombas hidráulicas hidrodinâmicas GRANDE variação da vazão com o aumento da pressão.

MODELO	Potência (cv)	Monofásico	Trifásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m c.a.)	Altura máxima de sucção (m c.a.)	Ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS													
									ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m c.a.)													
									2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
									VAZÃO EM m ³ /h VÁLIDA PARA SUÇÃO DE 0 m c.a.													
BC-92 S/T AV	1	x	x	3/4	3/4	76	1	140	1,07	1,03	1,00	0,97	0,85	0,76	0,68	0,61	0,56	0,52	0,49	0,45	0,42	0,37
	1,5	x	x	3/4	3/4	86	1	150	1,39	1,31	1,25	1,20	1,01	0,87	0,76	0,66	0,61	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44
	2	x	x	3/4	3/4	98	1	157	2,26	2,23	2,20	2,18	2,07	1,99	1,92	1,86	1,80	1,75	1,71	1,65	1,59	1,51
	3	x	x	3/4	3/4	112	1	154	2,26	2,23	2,20	2,18	2,07	1,99	1,92	1,86	1,80	1,75	1,71	1,65	1,58	1,51

Fonte: www.schneider.ind.br

BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO

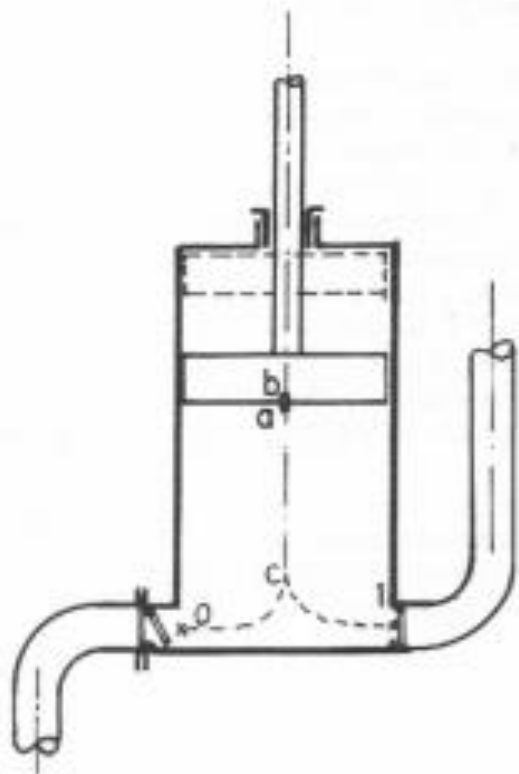
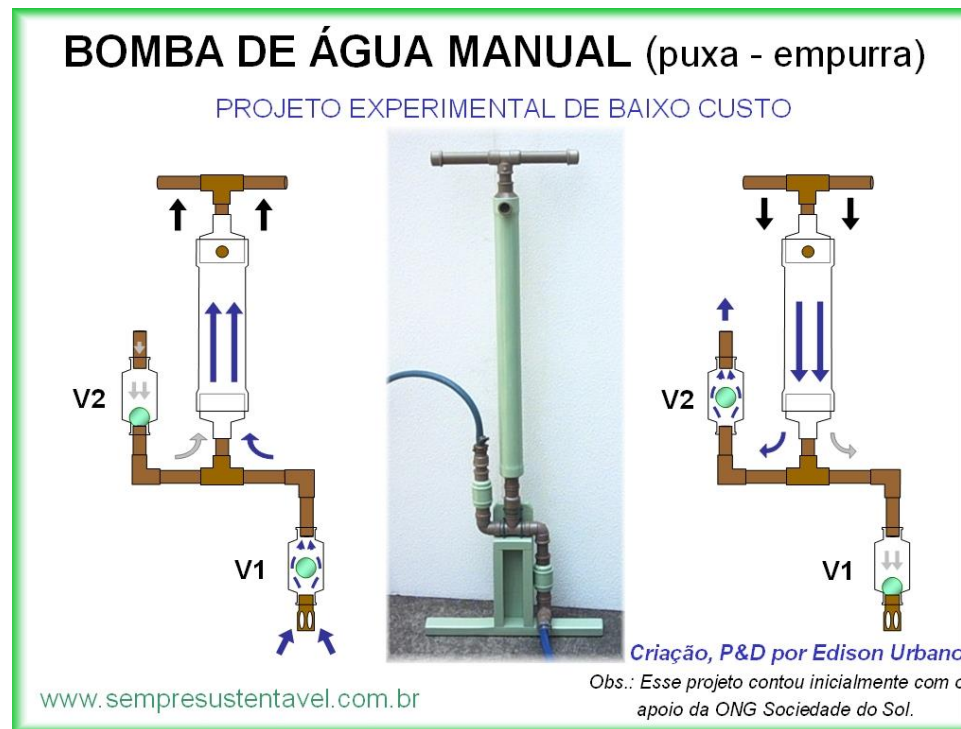


Figura 3.5 – Esquema de bomba de êmbolo.

https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3_bombasclassificacaoedescricao.pdf

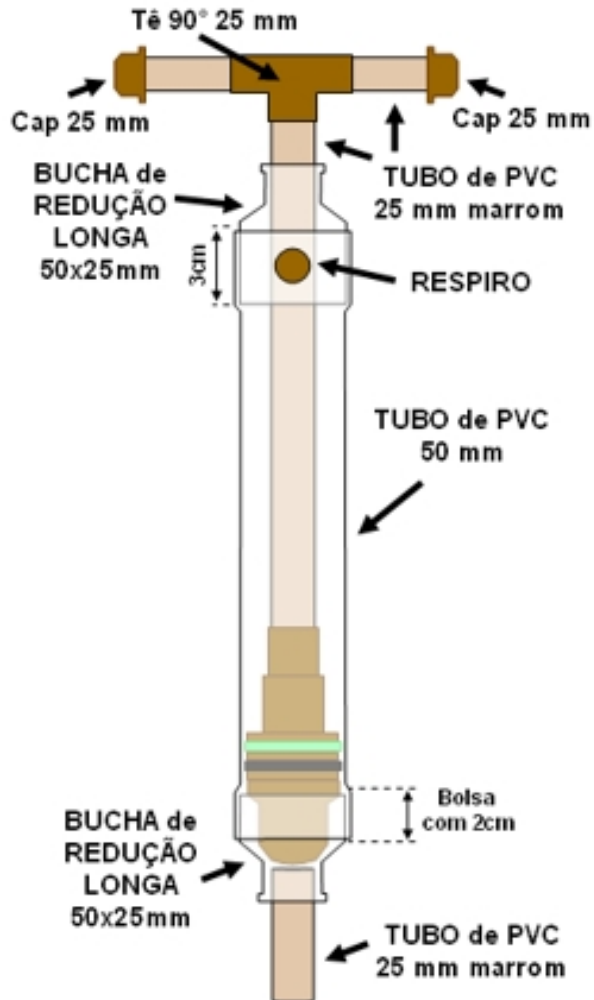


<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/bombasdeagua/bomba-de-agua-model1.htm>

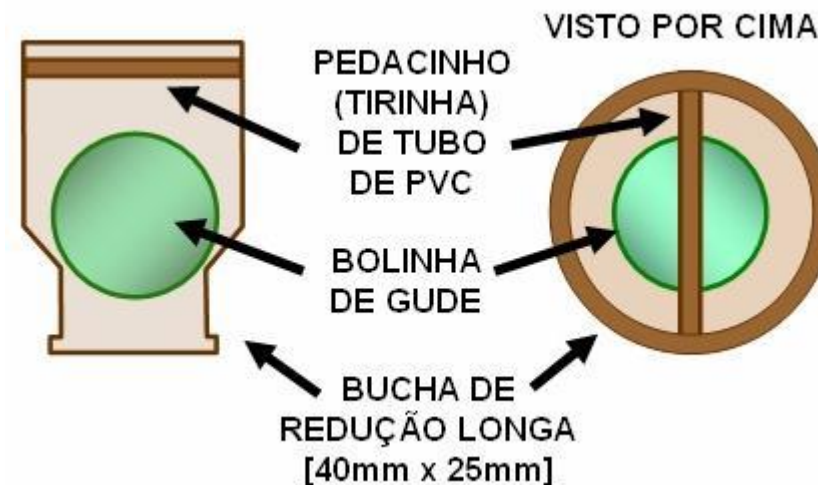
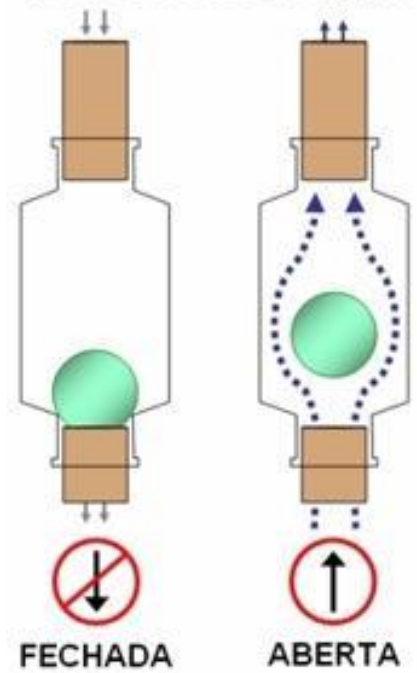


PIBEX 2015-2017

BOMBA DE PISTÃO CASEIRA



VÁLVULA DE RETENÇÃO



BAMBAS HIDRODINÂMICAS

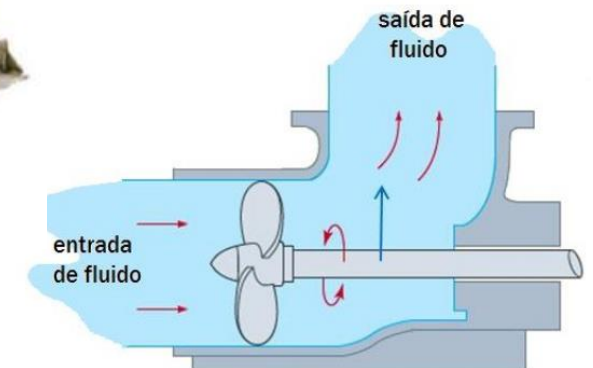
Centrífuga



<http://www.solucoesindustriais.com.br/>



Axial



<https://pt.slideshare.net/edpackness/liquid-propellant-rocket-engine-motor-foguete-liquido-part11>

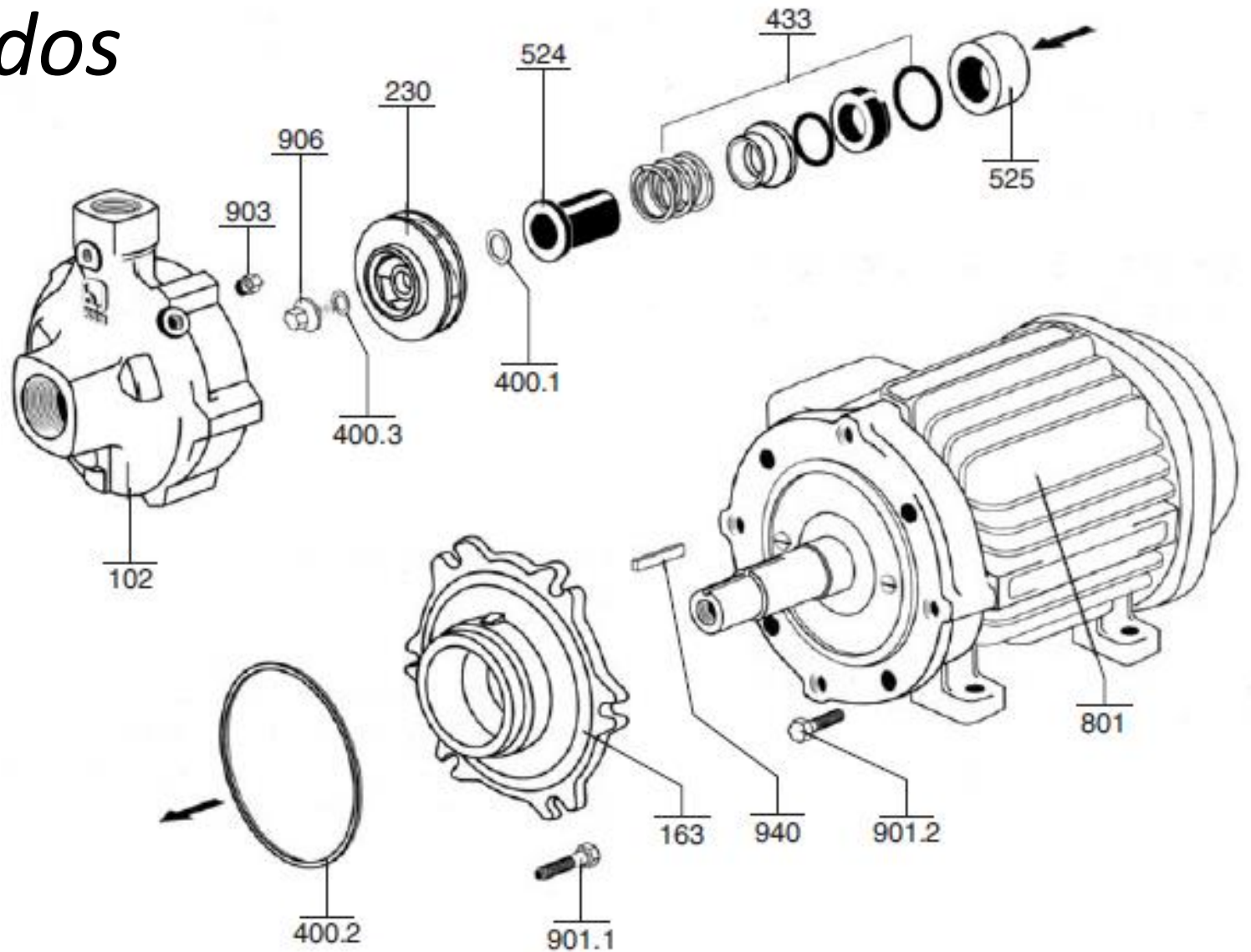
Segundo o catálogo Bombas/Pumps (2004), editado pela **CSBM** – Câmara Setorial de Bombas e Motobombas, da **ABIMAQ** – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (www.abimaq.org.br), que pode ser obtido através do site da entidade, temos os seguintes fabricantes de bombas:

ABS – www.abspumps.com/absgroup
ALFA-LAVAL – www.alfalaval.com.br
ALSTOM – www.alston.com
ANAUGER – www.anauger.com.br
BOMAX – www.bomaxdobrasil.com.br
CANBERRA – www.canberra.com.br
CLARIDON – www.claridon.com.br
DANCOR – www.dancor.com.br
DARKA – www.darka.com.br
EBARA – www.ebara.com.br
EQUIPE – www.equipe-bombas.com.br
ESCO – www.bombas-esco.com
FLOWSERVE – www.flowserve.com
FLYGT – www.flygt.com.br
GLASS – www.glassbombas.com.br
GLYNWED – www.glynwed.com.br
IMBIL – www.imbil.com.br
INDSTEEL – www.indsteel.com.br

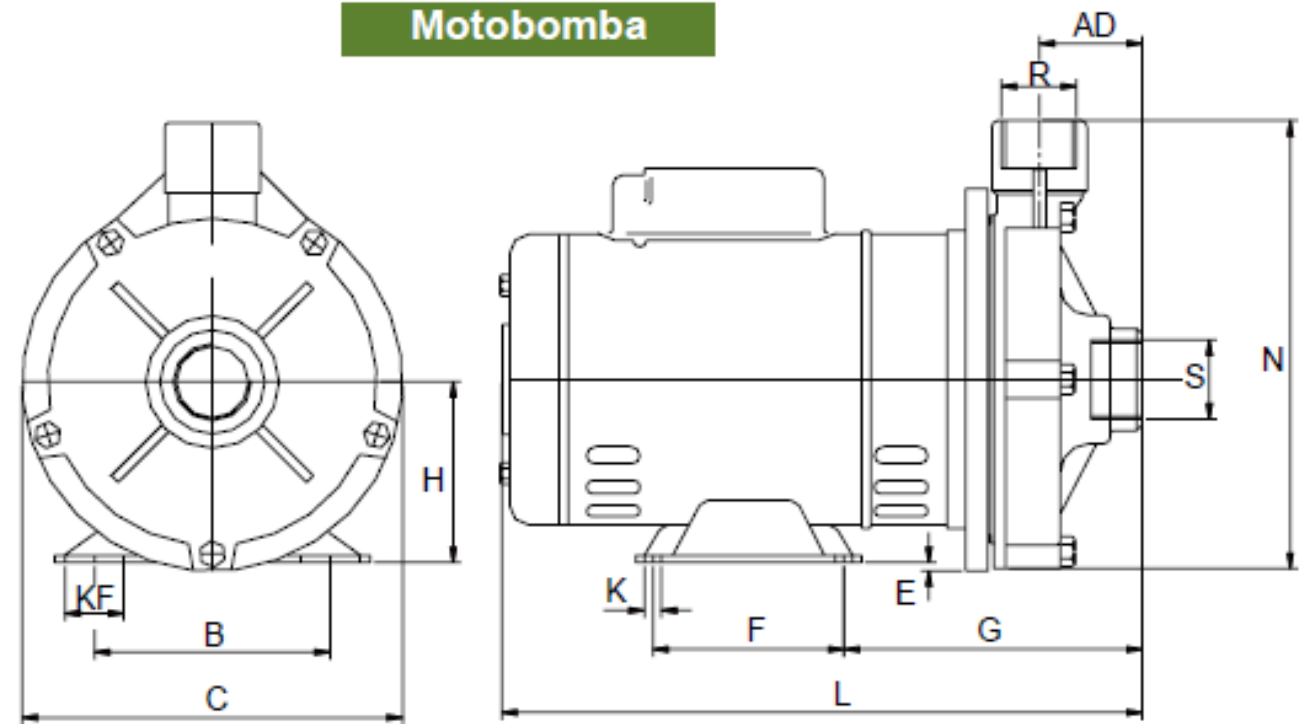
JACUZZI – www.jacuzzi.com.br
KSB – www.ksb.com.br
LEÃO – www.leao.com.br
MARK GRUNDFOS – www.markgrundfos.com
MAUSA – www.mausa.com.br
MB – www.bombasmb.com.br
METSO – www.metso.com
NASH-ELMO – www.nash-elmo.com.br
NETZSCH – www.netzsch.com.br
OMEL – www.omel.com.br
PAEM – www.paem.com.br
PROMINAS – www.prominas.com.br
SCHNEIDER – www.schneider.ind.br
SPV – www.spvbomba.com.br
SULZER – www.sulzer.com
THEBE – www.thebe.com.br
WEATHERFORD – www.weatherford.com.br
WEIR – www.weirbrasil.com.br

Descriminação dos constituintes

Denominação	Peça Nº
Corpo Espiral	102
Peça de Junção	145
Tampa de Pressão	163
Rotor	230
Junta Plana	400.1
Junta Plana	400.2
Junta Plana	400.3
Selo Mecânico	433
Luva Protetora do Eixo	524
Luva Distanciadora	525 (1)
Motor Elétrico	801
Parafuso de Cabeça Sextavada	901.1
Parafuso de Cabeça Sextavada	901.2
Bujão	903
Parafuso do Rotor	906
Chaveta	940



Dimensões



DIMENSÕES EM mm BC-92S H 60 Hz																					
Potência (CV)	S	R	AD	B	C	DA	E	EA	ER	P	G	H	K	KF	LM	F		L		N	Peso kg (Aprox.)
																Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico		
Motobomba																					
3/4	1.1/2"	1.1/4"	60	124	200	–	11	–	–	–	160	89	9	31	–	76	345	76	317	244	15,950
1	1.1/2"	1.1/4"	60	124	200	–	11	–	–	–	160	89	9	31	–	76	345	76	317	244	17,450
1.1/2	1.1/2"	1.1/4"	60	124	200	–	11	–	–	–	160	89	9	31	–	76	345	76	317	244	20,615
2	1.1/2"	1.1/4"	60	124	200	–	11	–	–	–	160	89	9	31	–	76/127	362	76	339	244	23,515
3	1.1/2"	1.1/4"	60	124	200	–	11	–	–	–	160	89	9	31	–	76/127	385	76/127	371	244	26,315

PARTES DA BOMBA

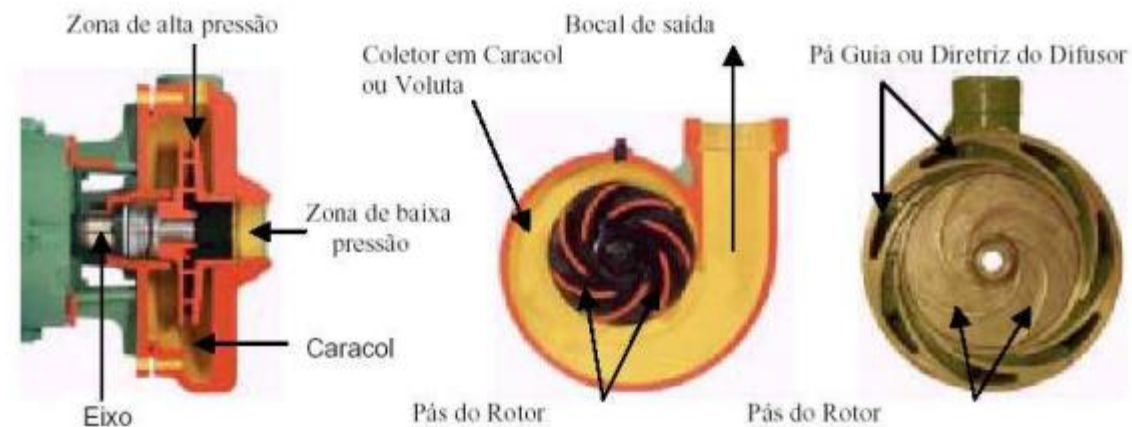
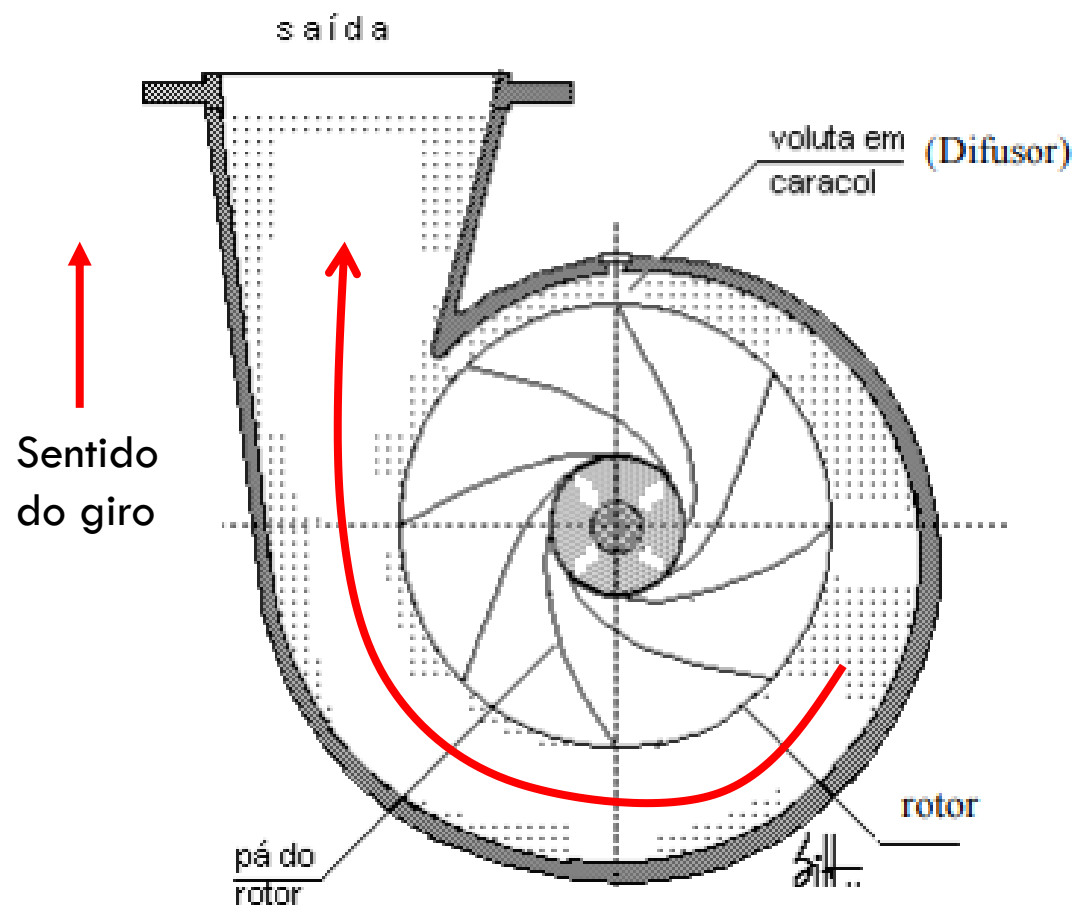


Foto: Schneider Moto bombas

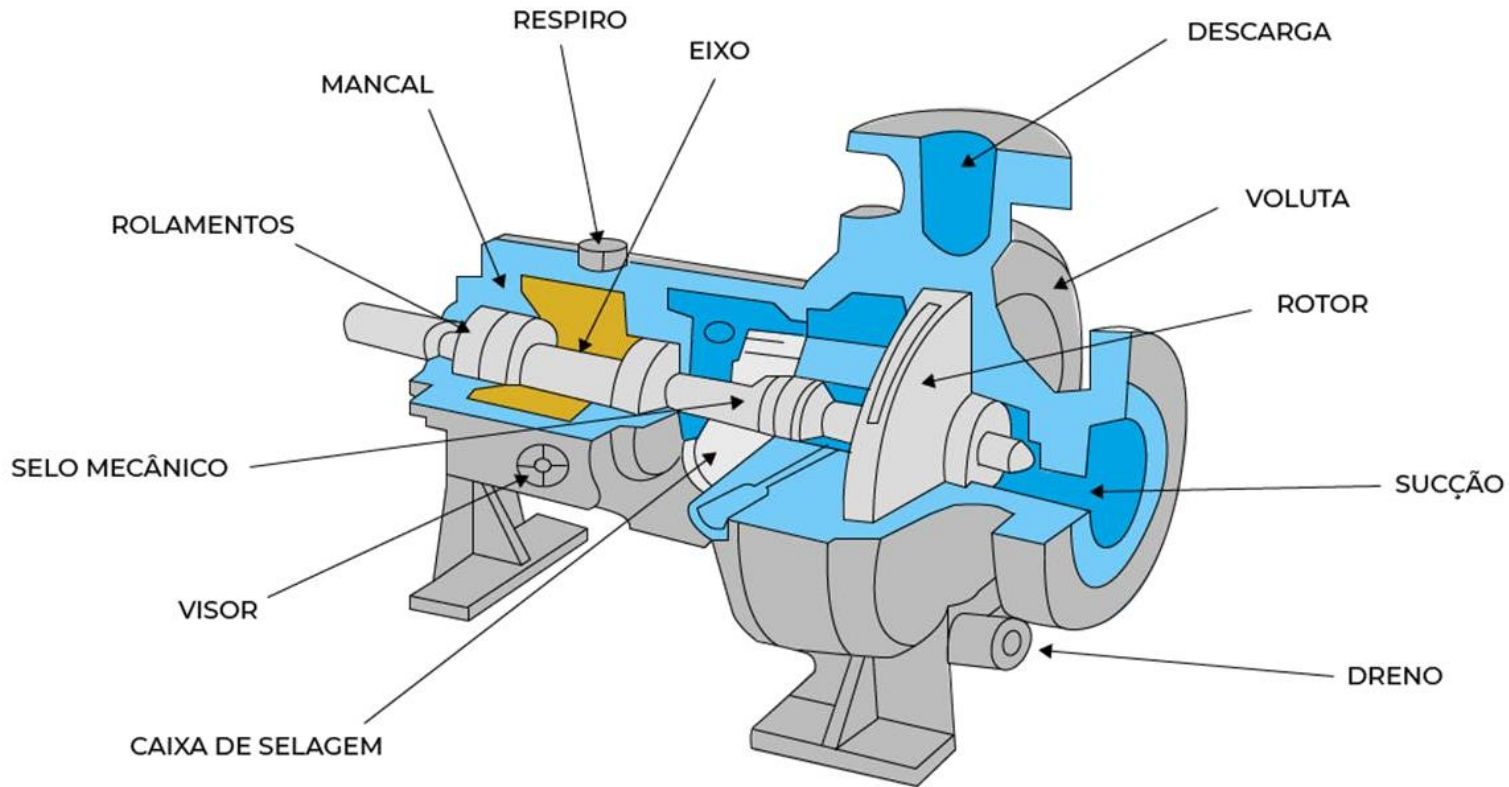
IT 503 – Fundamentos de Hidráulica

Novembro/2008

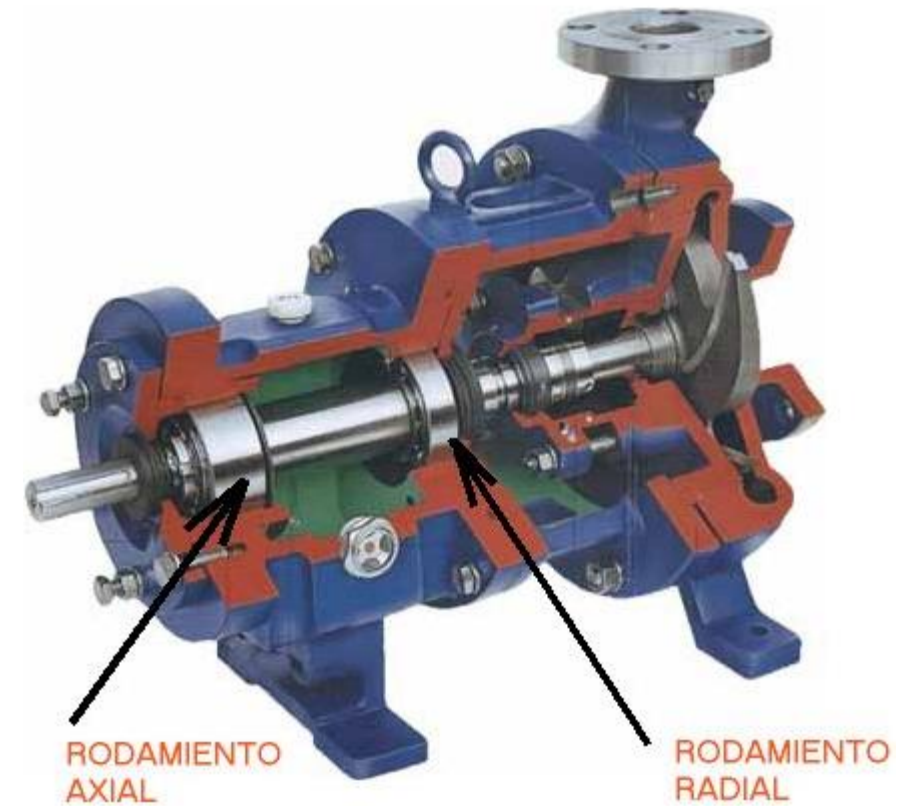
8. INSTALAÇÕES ELEVATÓRIAS

<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20503/IT503%20cap%208%20-%202008.pdf>

Partes da bomba



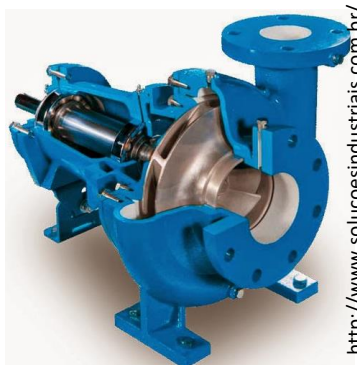
<https://traction.com/blog/bomba-centrifuga>



<https://traction.com/blog/bomba-centrifuga>

Classificação das bombas hidrodin.

- Quanto ao nº de rotores dentro da carcaça
 - Monoestágio (apenas um rotor) – para pequenas e médias alturas manométricas < 100 mca.
 - Multiestágio (mias de um rotor) – para alturas manométricas maiores.



<http://www.solucoesindustriais.com.br/>



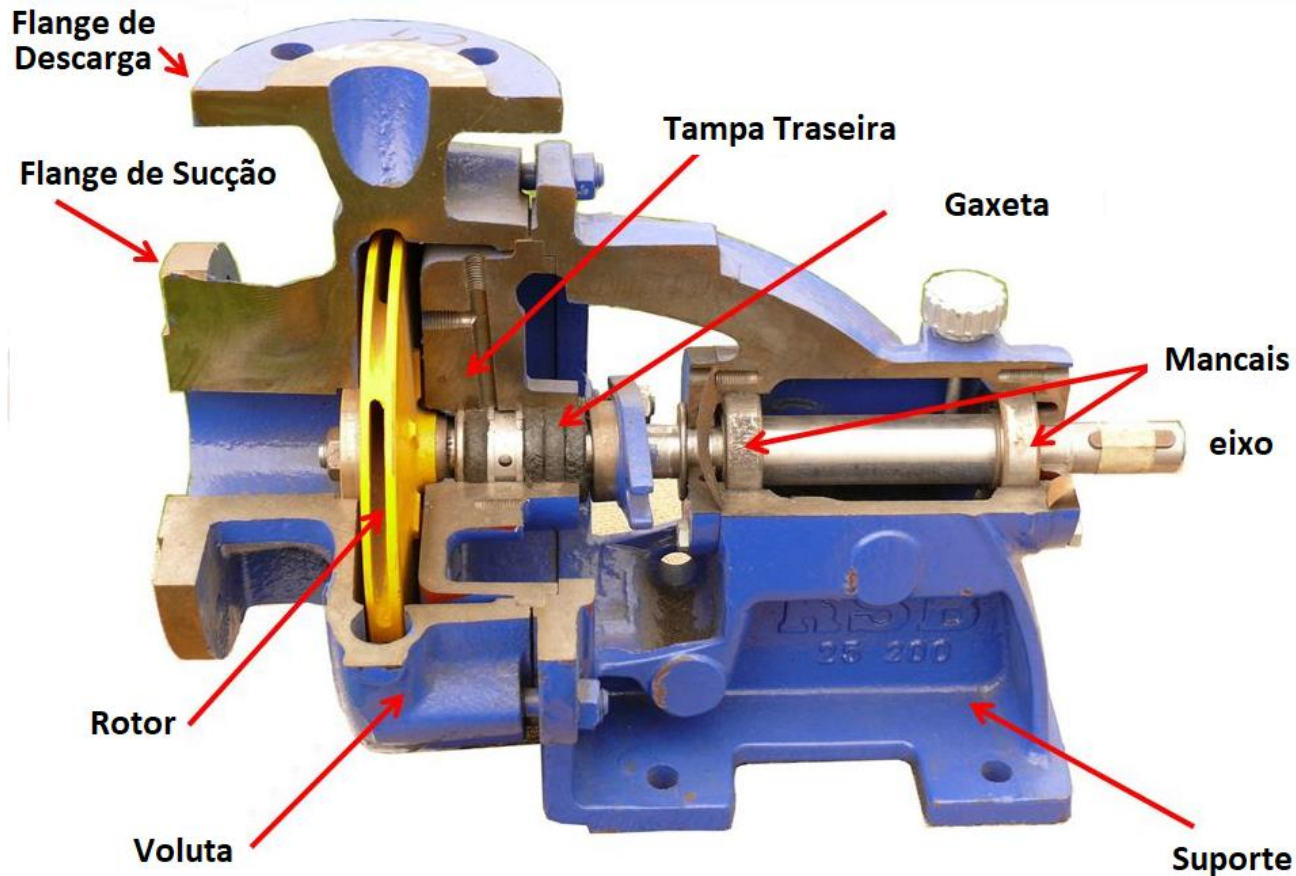
<https://www.royalmaquinas.com.br/>

SECOB

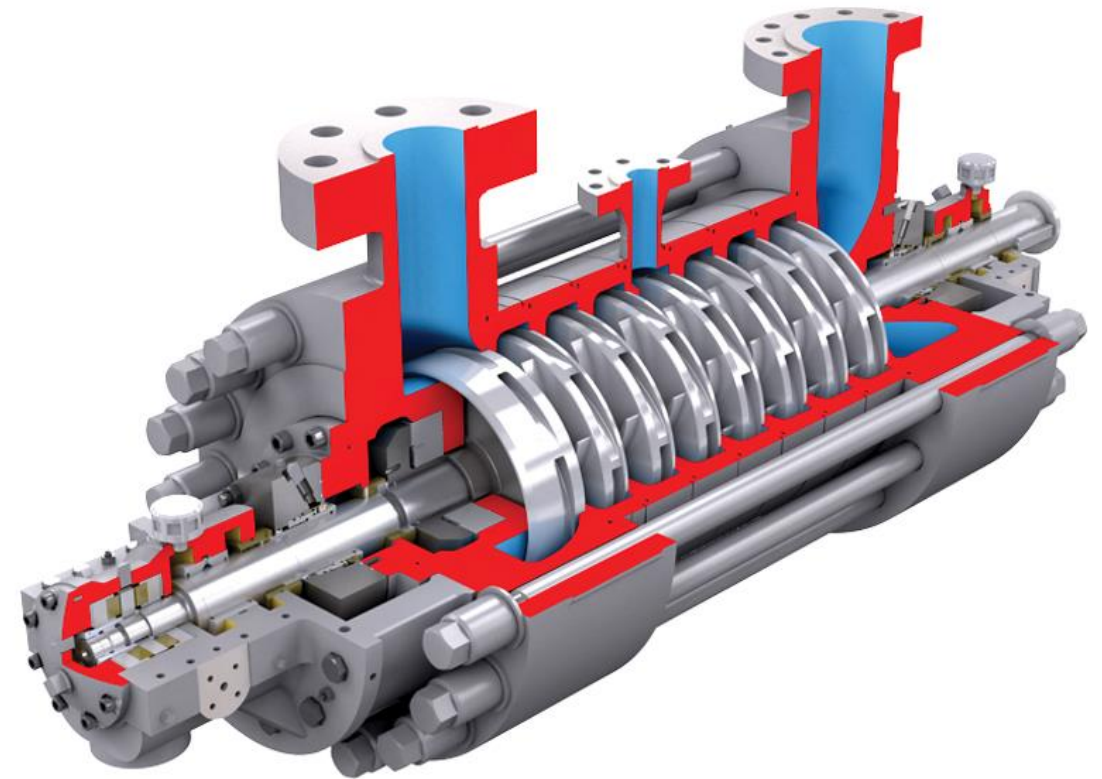


<http://www.secobbombas.com.br/bomba-centrifuga-multiestagio>

Bombas mono e multiestágio



<https://www.engenhariaecia.eng.br/post/o-que-%C3%A9-e-para-que-serve-uma-gaxeta-de-compress%C3%A3o>



<https://www.solucoesindustriais.com.br/lista/bomba-multiestagio-mancal>

Tipos de rotores

- Fechado (para água limpa)
- Semi-aberto (para água suja)
- Aberto (para água suja)

Rotores fechados são mais eficientes, porém, indicados apenas para água limpa.

Forma de rotação



Figura 4 – Rotor fechado

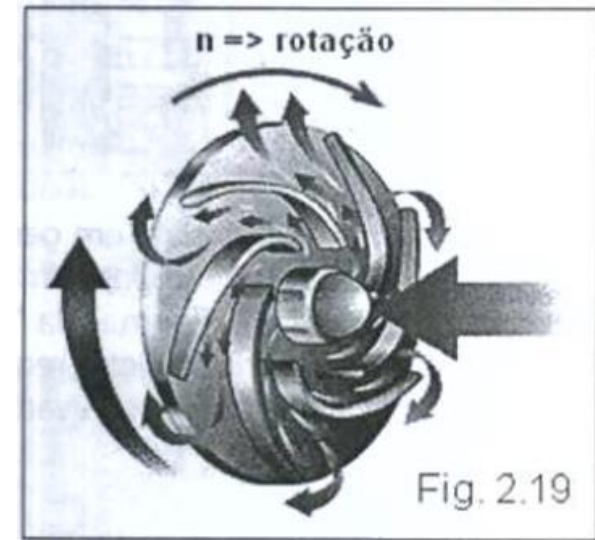


Figura 5 - Rotor semi-aberto

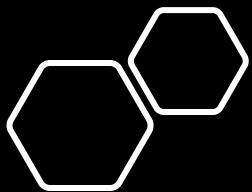


Figura 6 - Rotor aberto

Fonte: catálogo bombas Schneider

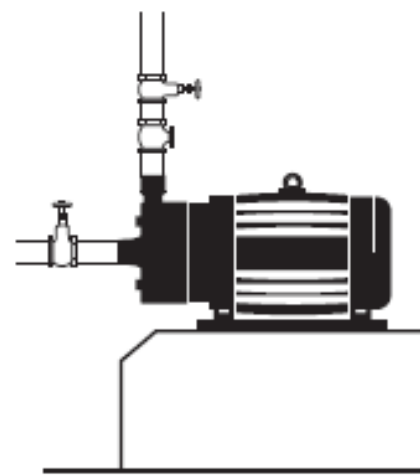
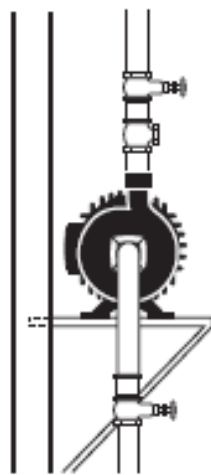


Fonte: Livro Bombas e instalações hidráulicas

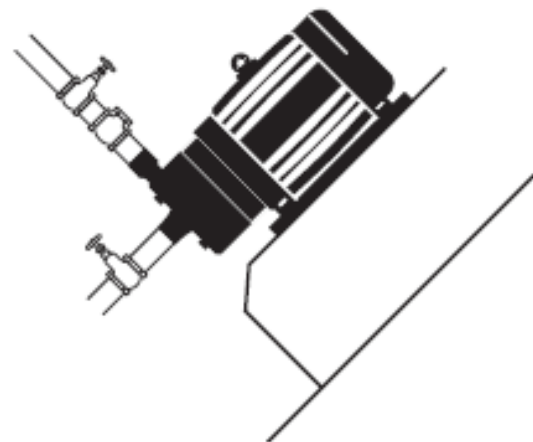


Classificação das bombas hidrodin.

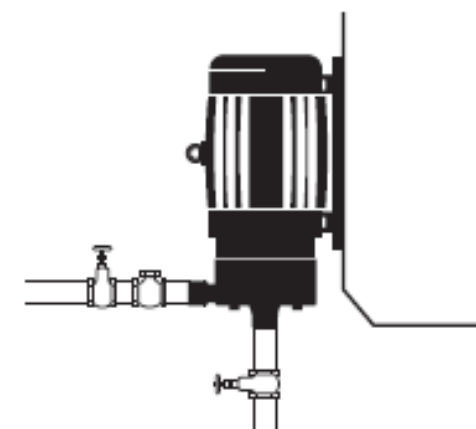
- Quanto ao a posição do eixo
 - Horizontal – mais comum, usada para diversas finalizadas.
 - Vertical – geralmente empregada para poços profundos.
 - Inclinado.



A) Instalação Horizontal



B) Instalação Inclinação



C) Instalação Vertical

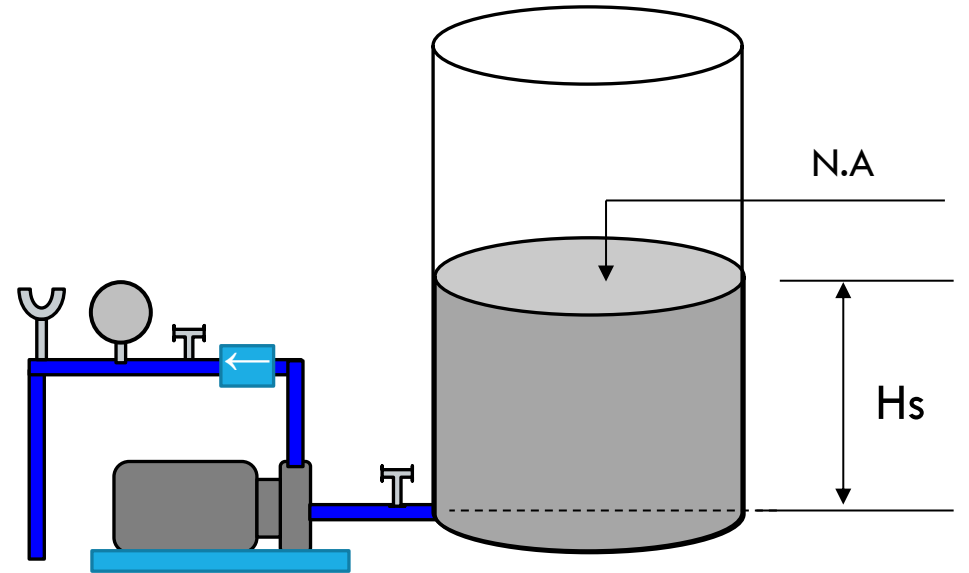
Classificação das motobombas

- Quanto à pressão desenvolvida
 - Bomba de baixa pressão – $H_{man} \leq 15$ mca.
 - Bomba de média pressão – $15 < H_{man} < 50$ mca
 - Bomba de alta pressão – $H_{man} \geq 50$ mca
- Quanto a rotação
(comumente se denomina):
 - 3.500 rpm – Alta rot.
 - 1.750 rpm – baixa
- Quanto a alimentação
 - Monofásica
 - Trifásica
 - Combustão

CLASSIFICAÇÕES

Sucção negativa

Bomba afogada; a altura de sucção (H_s) entra com **sinal negativo** no cálculo da altura manométrica (H_{man}).

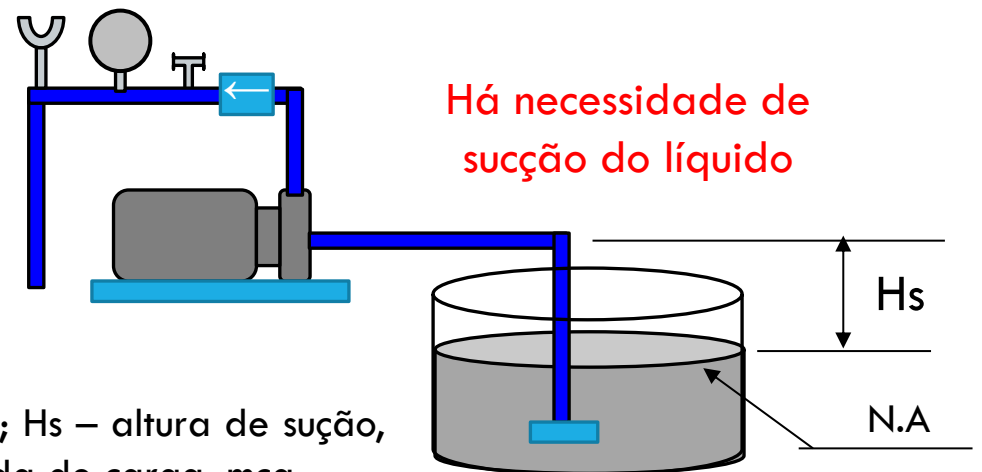


$$H_{man} = H_r - H_s + \Delta H$$

Em que: H_{man} – altura manométrica, mca; H_s – altura de sucção, m; H_r – altura de recalque, m; ΔH – perda de carga, mca.

Sucção positiva

Eixo da bomba acima do nível d'água; a altura de sucção entra com **sinal positivo** no cálculo da altura manométrica.



$$H_{man} = H_r + H_s + \Delta H$$

Em que: H_{man} – altura manométrica, mca; H_s – altura de sucção, m; H_r – altura de recalque, m; ΔH – perda de carga, mca.

CAVITAÇÃO EM BOMBAS CENTRÍFUGAS

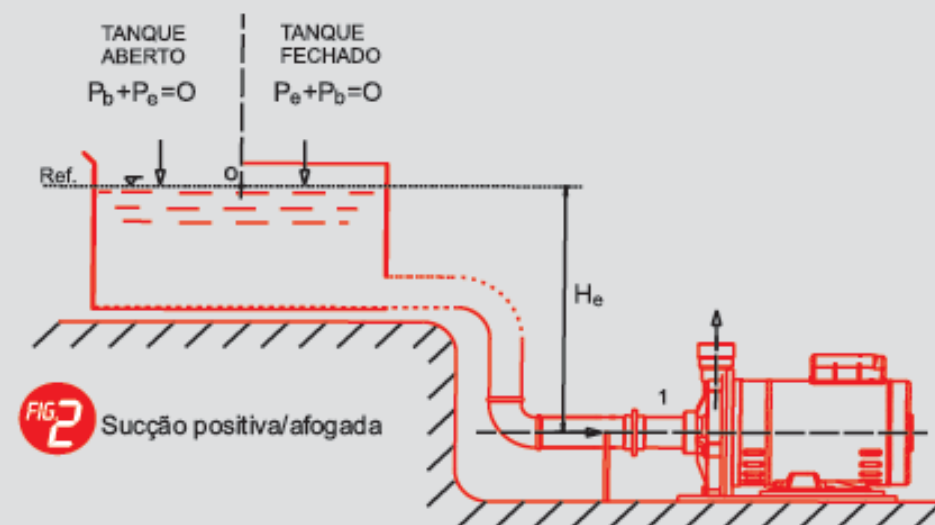
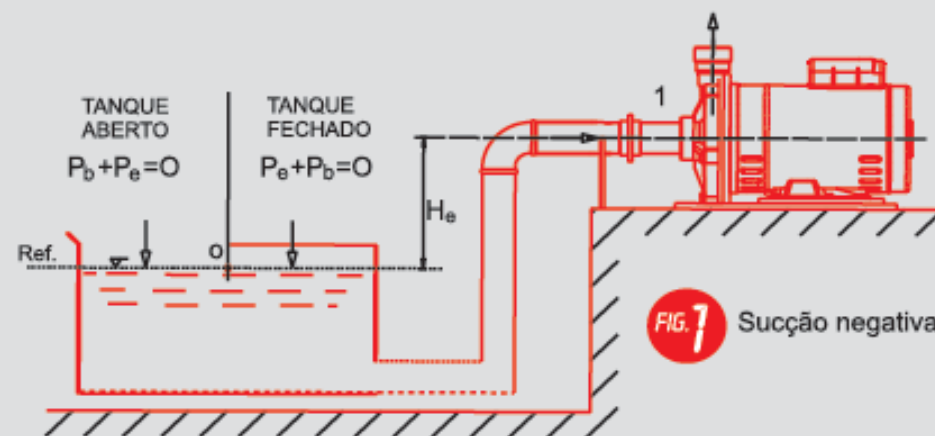
2 - ESTUDO DA LINHA DE SUÇÃO

A linha de sucção de uma bomba é o local onde as pressões são baixas. Sendo assim, é exatamente na linha de sucção que devemos ter o máximo cuidado, para que durante o bombeamento de líquidos, a pressão não atinja a pressão de vaporização na temperatura que o líquido se encontra.

2.1 - ALTURA DE SUÇÃO

A altura geométrica de sucção de uma bomba, é definido como sendo a distância vertical do centro do eixo da bomba e o nível do líquido no reservatório de sucção. A fig. 1 representa uma instalação de bombeamento na sua linha de sucção, o nível do líquido está abaixo da bomba, o qual convencionou-se de altura de sucção negativa, enquanto que na fig. 2, o nível do líquido está acima do centro da bomba, e convencionou-se como sendo altura de sucção positiva.

Nas duas situações podemos ter, tanque aberto ou fechado. Quando estiver aberto, estará agindo sobre o líquido somente a pressão atmosférica e, caso esteja fechado, teremos a pressão atmosférica mais a pressão manométrica do tanque.



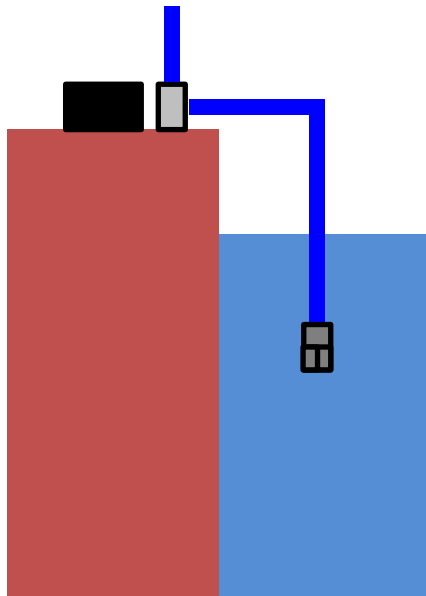
Essa classificação está **errada!**

Tem-se de ter muita atenção no acervo técnico consultado.

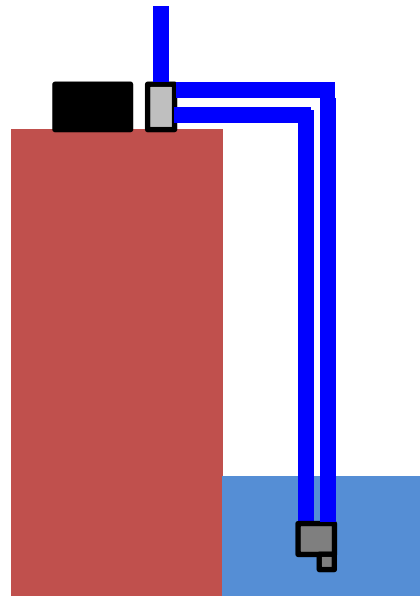


Sobre profundidades de sucção

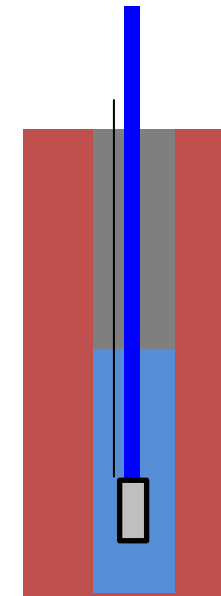
- Bombas centrífugas comuns só sancionam, teoricamente, até 10,33 m, normalmente para profundidades de até 5 a 8,00 m.
- Para maiores profundidades pode-se optar por bombas injetoras ou por bombas submersíveis (bombas sapo).



Centrífuga comum



Injetora



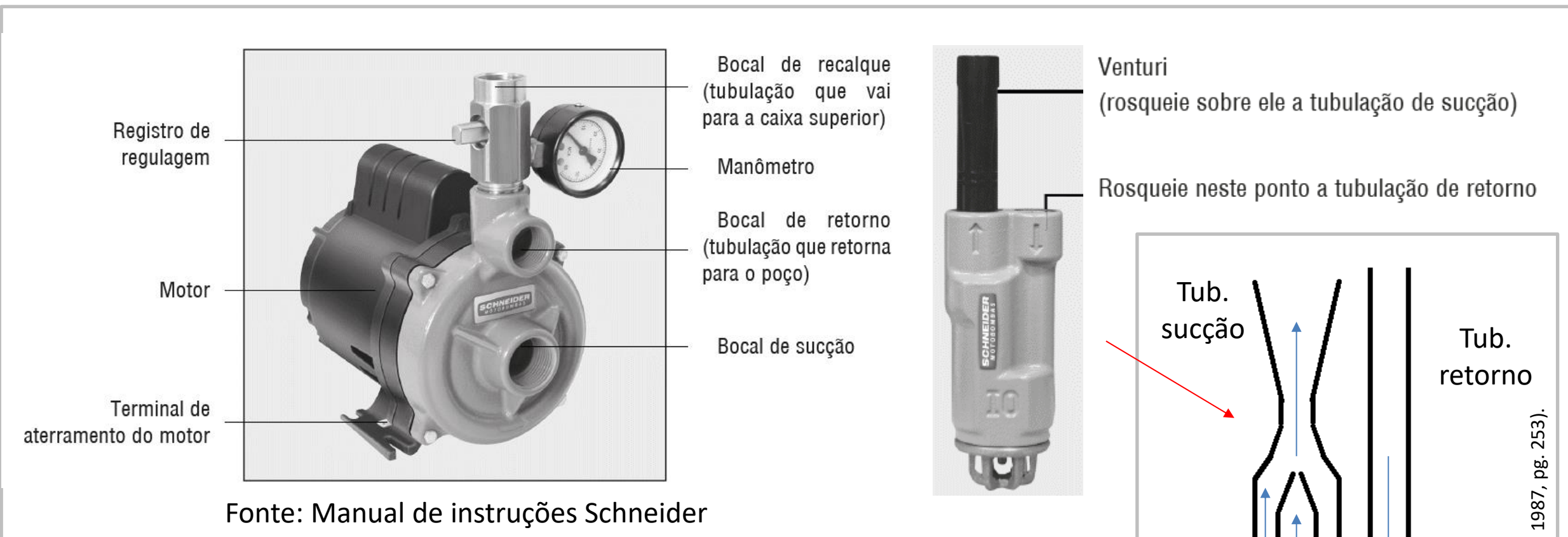
Submersível

Bombas injetoras – sucções maiores de 8 m

Geralmente usadas para profundidades de sucção entre 6 a 60 m (Daker, 1987, pg. 254).

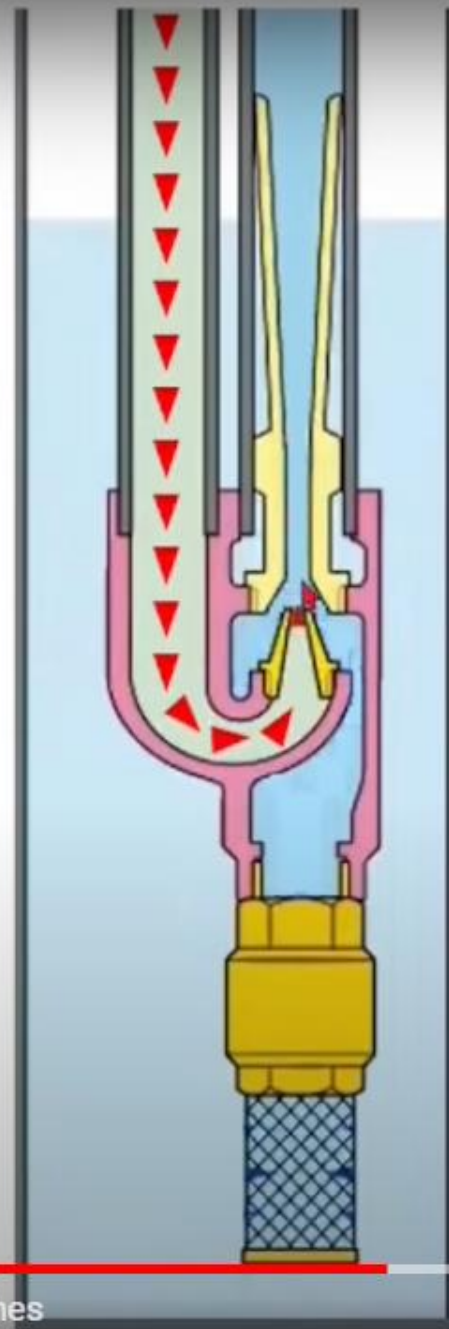
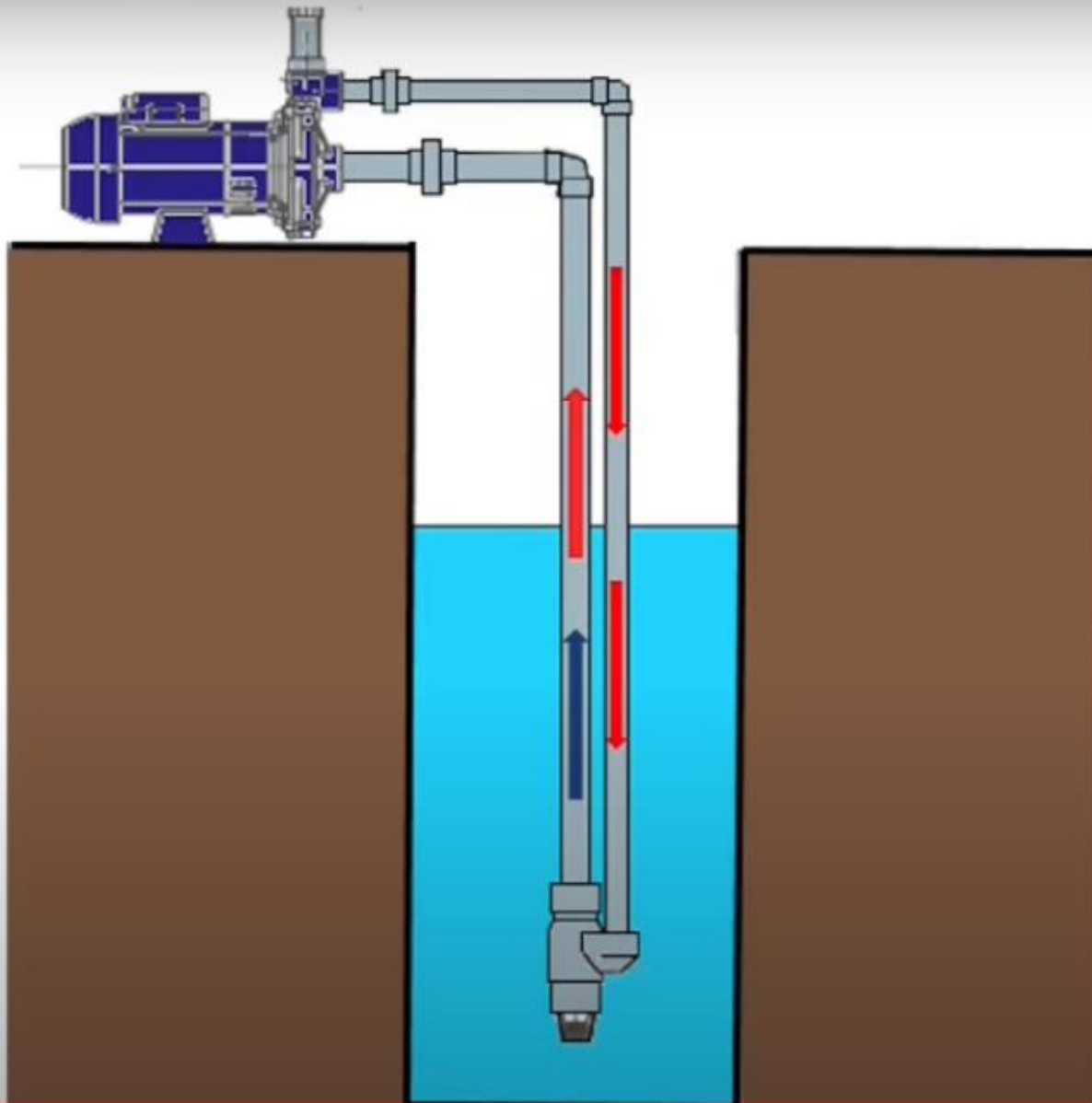


Bombas injetoras – princípio de funcionamento



A água passa pela seção estrangulada com uma velocidade muito alta, gerando depressão e consequentemente sucção.

Bomba Centrífuga Injetora Funcionamento Venturi



MINUTOS DE
SABER



Bomba Centrífuga Injetora - Funcionamento

Canal YouTube
As Bombas
Centrífugas - Minutos
de Saber

Atenção! Este autor cita
erroneamente, neste noutros
vídeos, o tipo de sucção –
negativa/positiva.

Ilustrações sobre a
válvula de pé com
crivo

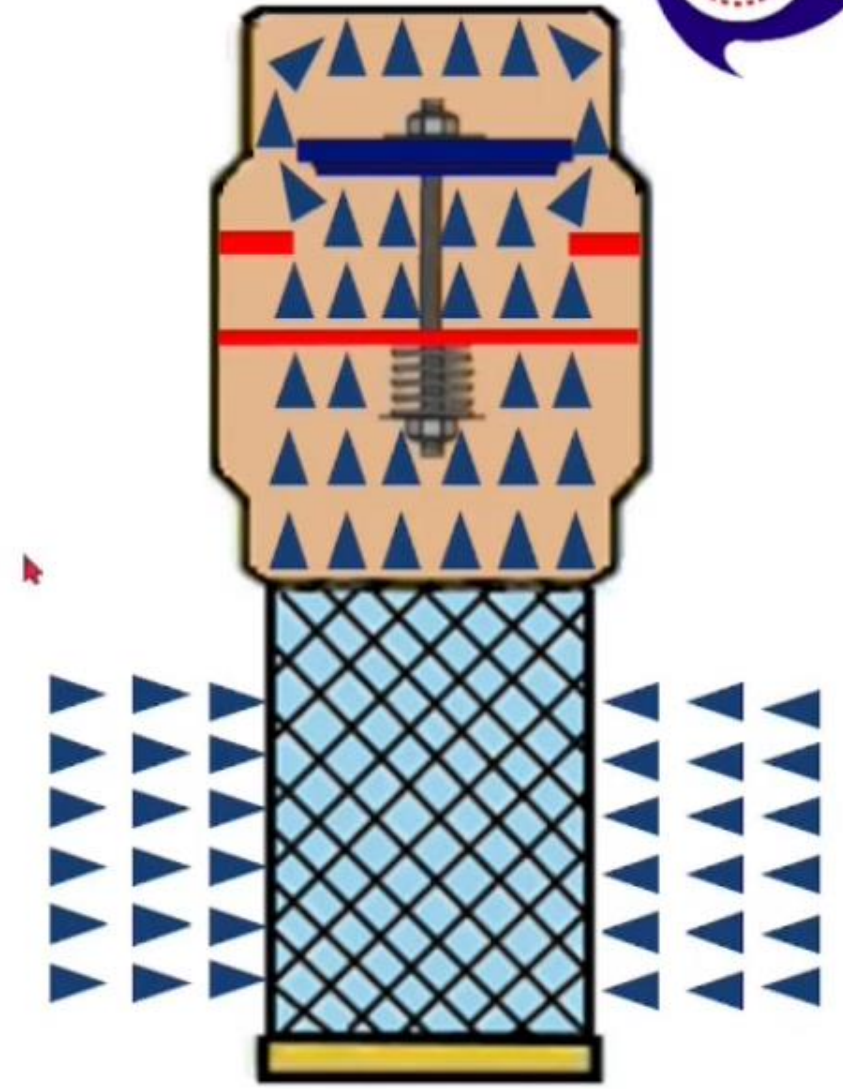
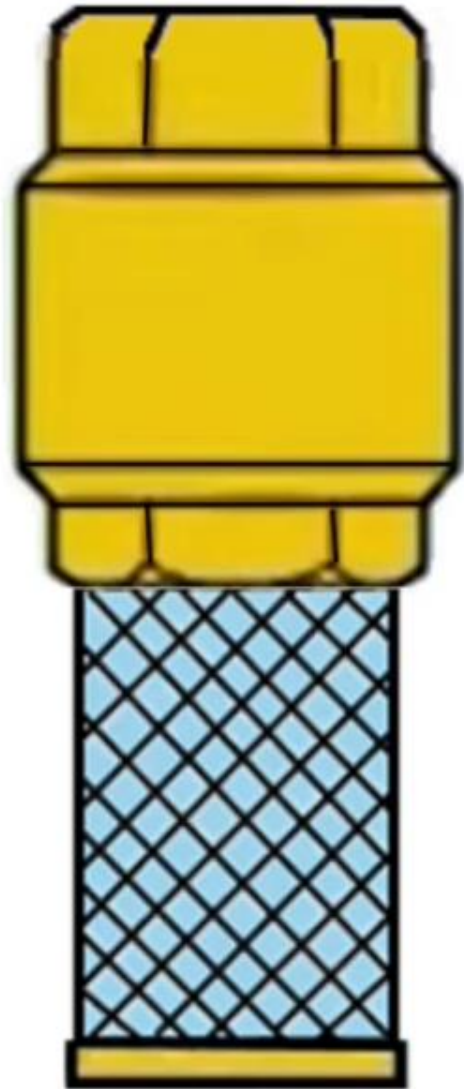


16:57 / 23:56

Role para ver detalhes



VÁLVULA DE PÉ E CRIVO



Bombas injetoras – exemplo de catálogo

Bombas Injetoras

Rotor fechado

Aplicações Gerais:

Poços com altura de sucção superior a 8 m c.a.

BIR-2008: Residências, chácaras.

MBI: Residências, chácaras, agricultura.



MBI-98

✓ Lançamento



BIR-2008

Diâmetro dos injetores: 10 = 69 mm - 11 = 91 mm



MBI



MBI Mancal

MODELO	Potência (cv)	Mono fásico	Trifásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Ø Retorno (pol)	Pressão mínima para a vazão indicada (m c.a.)	Recalque máximo (m c.a.)	Ø Rotor (mm)	Submersão (m)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																
											PROFUNDIDADE ATÉ O INJETOR (m)																
											11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
BIR-2008 I0-15	3/4	x		1	3/4	3/4	17	19	128	2	*	*	1,21	1,08	0,96	0,84	0,72	0,61	0,50	0,40	0,29	0,20					
										10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,21	1,08	0,96	0,84	0,72		
	1	x		1	3/4	3/4	19	21	128	2	*	*	*	1,35	1,21	1,08	0,96	0,84	0,72	0,61	0,50	0,40	0,29	0,20			
										10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,35	1,21	1,08	0,96			
BIR-2008 I1-26	3/4	x		1 1/4	3/4	1	16	18	128	2	2,12	1,87	1,65	1,45	1,26	1,09	0,92	0,77	0,62	0,48	0,34	0,21					
										10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2,12	1,87	1,65	1,45	1,26	1,09	0,92	
	1	x		1 1/4	3/4	1	18	20	128	2	2,46	2,23	2,02	1,82	1,63	1,45	1,28	1,11	0,95	0,79	0,64	0,49	0,35	0,21			
										10	*	*	*	*	*	*	*	*	2,46	2,23	2,02	1,82	1,63	1,45	1,28		

Motor WEG IP-00 com capa de proteção, termostato e capacitor permanente, 2 Polos, 60 Hz
 Não instale a bomba sem o injetor pois o motor sofrerá superaquecimento.

Rotor fechado de Noryl®, com 30% de fibra de vidro (maior dureza).
 Equipamento desenvolvido para uso exclusivamente residencial.

Submersão – altura d'água acima do injetor

Submergência

Hidráulica - Submergência mínima em tubulações - Vórtices



Hidráulica - Vórtice/vórtex
(Submergência mínima)(s)
da tubulação

$S = D(1 + 2,3 Fr)$
 $S = D \left[1 + \frac{2,3V}{(gD)^{0,5}} \right]$
 $Fr = \frac{V}{(gD)^{0,5}}$

$v = \text{Vel. na entrada da Tubulação}$

$Q = 340 \text{ l/s} \quad \phi 500 \text{ mm} \quad 0,5 \text{ m} \quad 0,25$
 $\rightarrow 0,34 \text{ m}^3/\text{s} \quad A = \pi 0,25^2$
 $A = 0,20 \text{ m}^2$

$Q = v \cdot A$
 $\frac{Q}{A} = v \quad v = \frac{0,34}{0,20} \quad | \quad v = 1,7 \text{ m/s}$

$S = 0,5 \left[1 + \frac{2,3(1,7)}{(9,8 \cdot 0,5)^{0,5}} \right] \quad S = 1,38 \text{ m}$

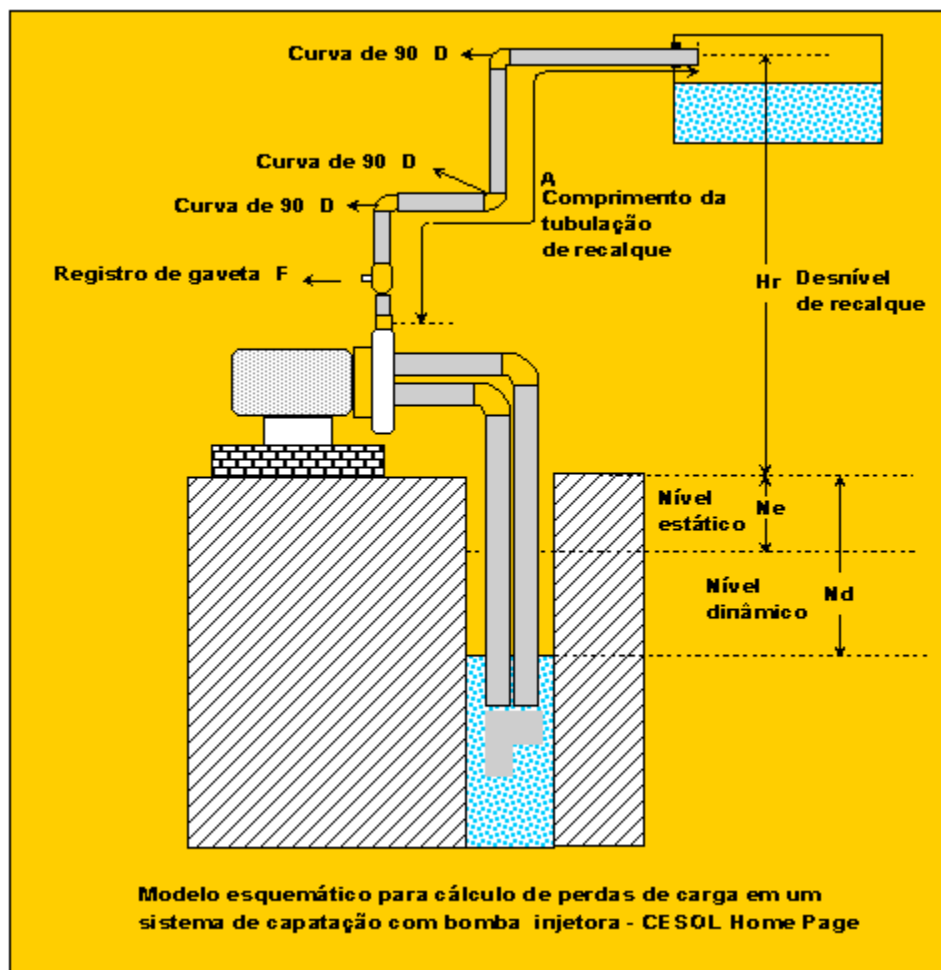
Fórmulas



CESOL HP HIDROGEOLOGIA

Mantida por Carlos Eduardo Sobreira Leite -
Geólogo / Hidrogeólogo (M.Sc.)

Exemplo de escolha de bombas injetoras



- > Vazão desejada: 3 m³/h
- > Nível dinâmico: 30m
- > Diâmetro do poço: 4"
- > Tubulação de recalque: 1"
- > Altura de recalque (H): 15m
- > Comprimento da tubulação de recalque (A) = 25m

AMR = perdas por atrito na tubulação de recalque + soma das perdas de pressão em cada conexão no recalque + altura de recalque (H)

- comprimento da tubulação de recalque (A) = 25m

- perda por atrito em 25m de tubulação de 1" (ver tabela) = 21.5% x 25m = 5.37m

- perdas de pressão em cada conexão no recalque

- perda de pressão em registro de gaveta 1" (E) (ver tabela) = 0,18m
- perda de pressão em três curvas (D) de 90° de 1" (ver tabela) = 0.36m

- altura de recalque (H) = 15m

AMR = (5,37m) + (0,18m + (0,36m) + (15m) = 20,91m

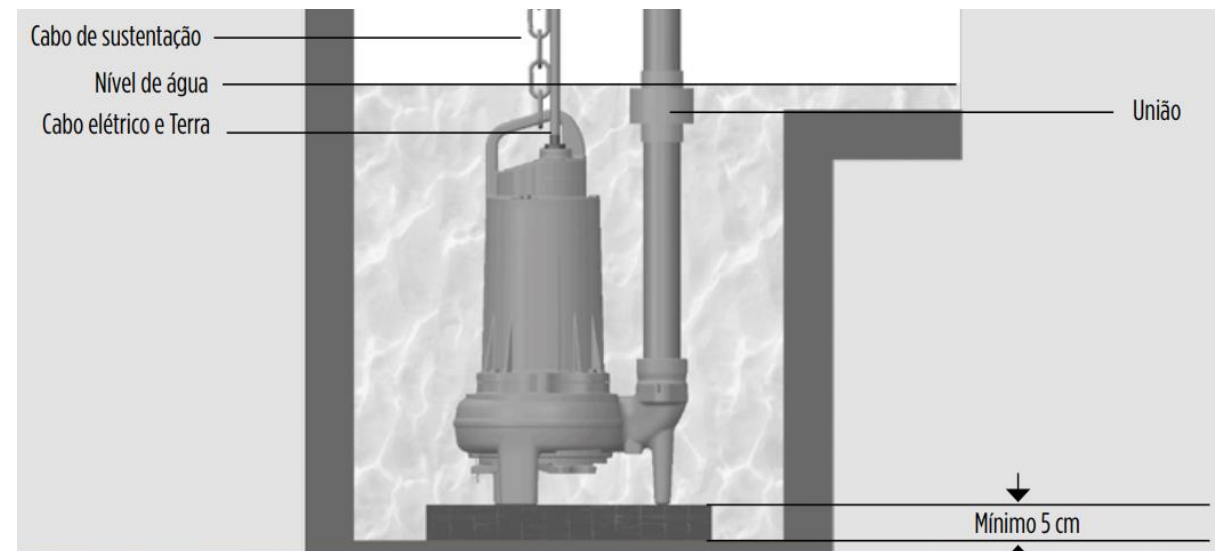
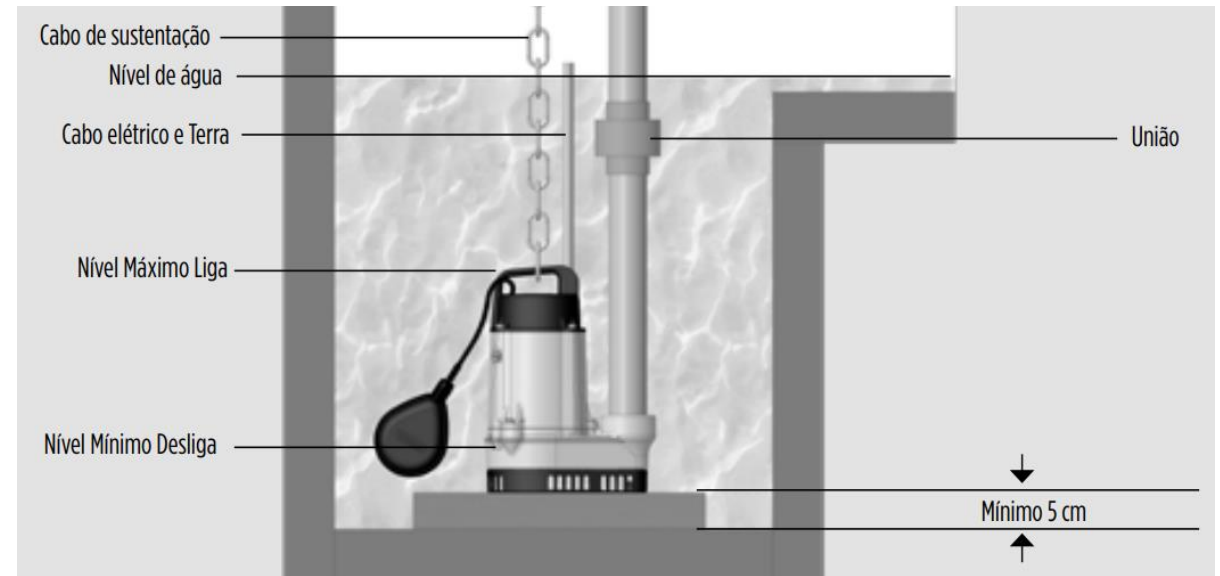
Atenção! apesar de citar aqui o exemplo deste autor, aponto que encontrei erros de cálculos no site.

Fica como exercício refazer os cálculos de perda de carga pela fórmula de Flamant e comparar os resultados.

<https://www.geocities.ws/cesol999/DimensionamentoDeBombasInjetora.htm>

Bombas Submersíveis

- São indicadas para poços. Possivelmente para quaisquer profundidade de sucção.
- Para o exemplo anterior: vazão de 3 m³/h e altura manométrica total 53 mca, a motobomba SUB15-07NY4E6 de ¾ cv seria suficiente. **Rendimento ≈ 78,5%.**
- Recomendação de leitura:
 - Manual de Instruções de Motobombas Centrífugas Submersíveis Schneider.
https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/275065/schneider_manual_submersiveis_2020-10.pdf



Potências comerciais das motobombas

- Composição típica das estações elevatórias:
 - bombas e motores, ou motobombas.

BOMBA



<https://www.portaldosequipamentos.com.br>

MOTOR



<https://www.liloredutores.com.br/>

MOTOBOMBA



<http://www.esaeletrotecnica.com.br/bomba-hidraulica-eletrica>

Potências comerciais:

1/4, 1/3, 1/2, 3/4, 1, 1-1/2, 2, 3, 4, 5, 6, 7-1/2, 10, 12-1/2, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 200 e 250 cv ou HP.

Fonte: Azevedo Netto et al. (1998)

Estação elevatória - exemplos



Estação Elevatória
em Biritinga/BA.

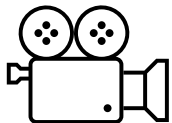
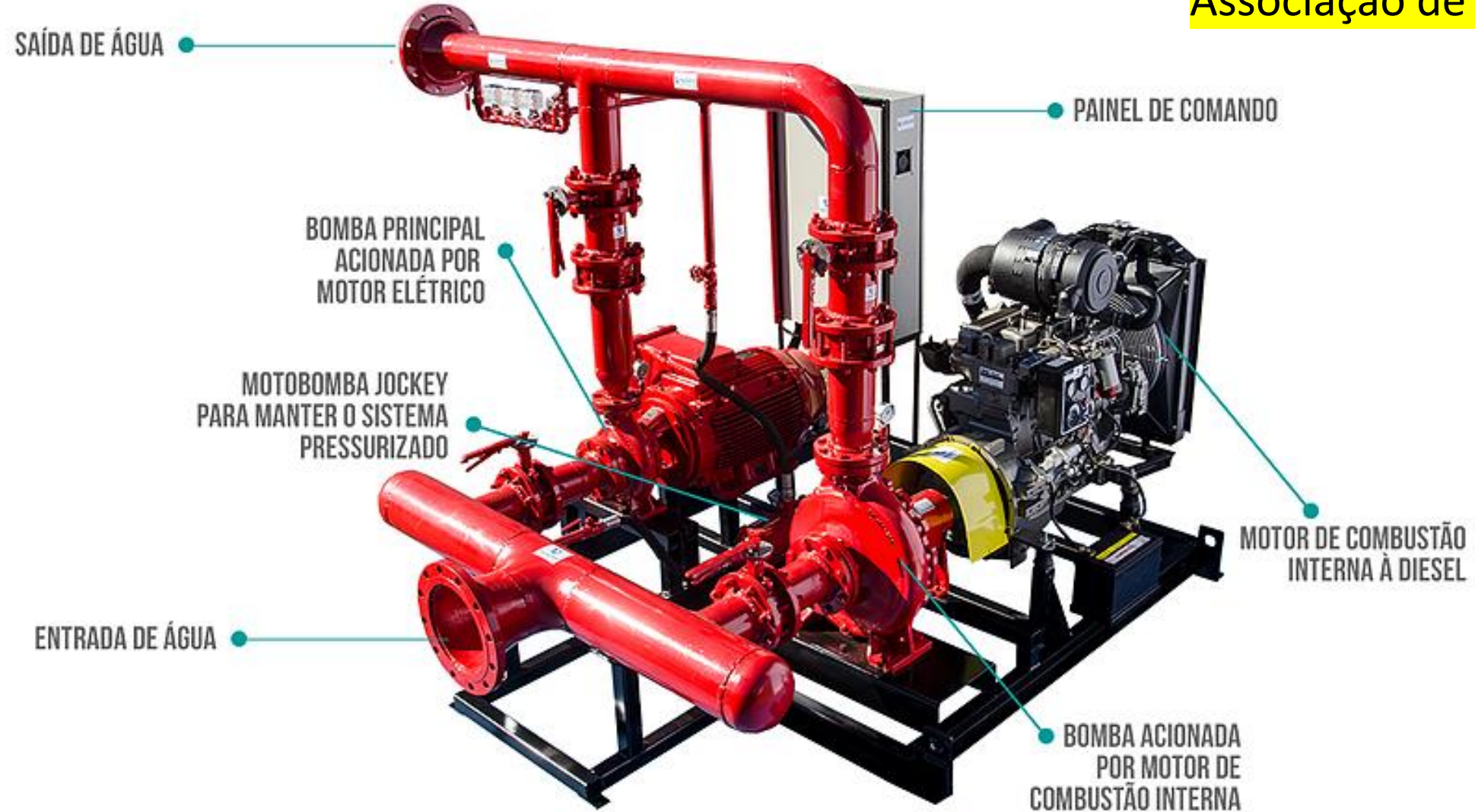


Estação elevatória do PISNC

Instalação de várias bombas? Como isso funciona?



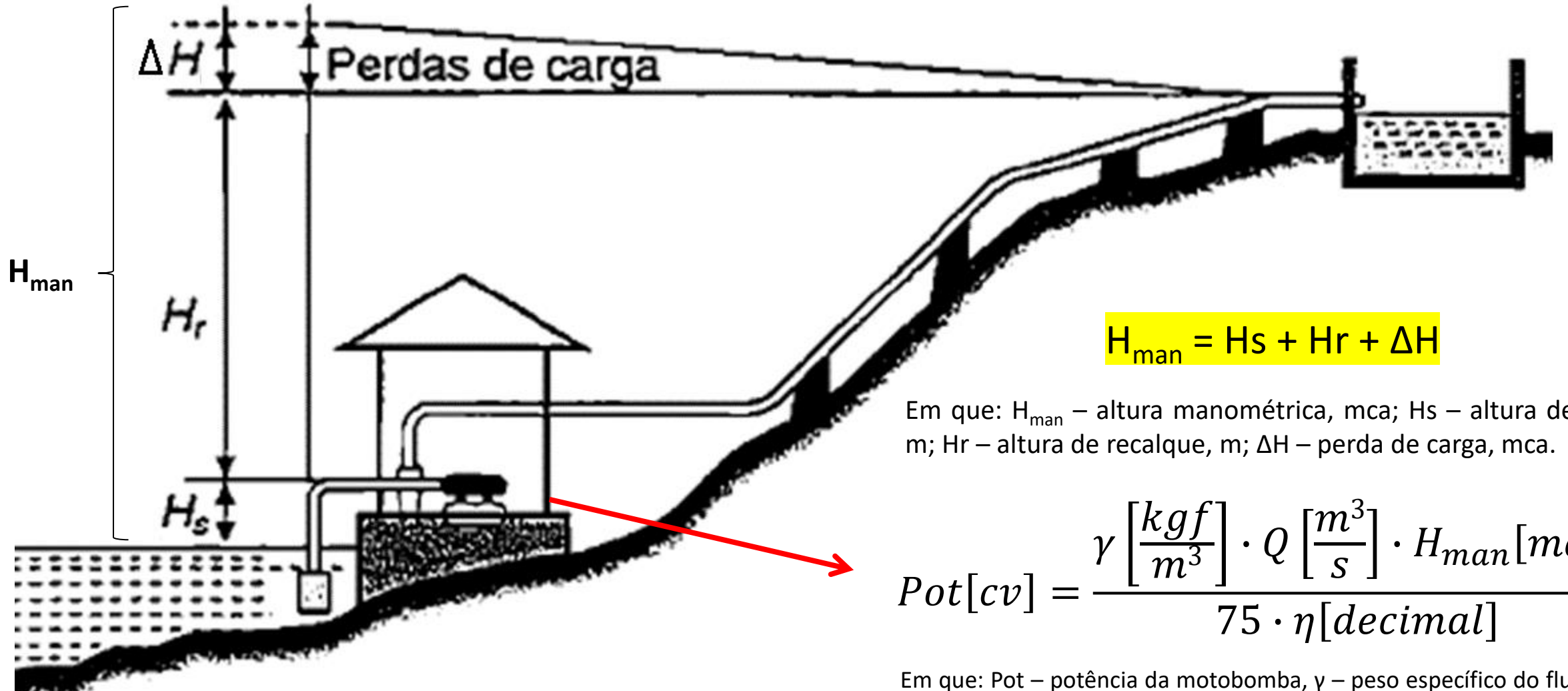
Associação de bombas



https://www.youtube.com/watch?v=g-pzxs3IVqQ&feature=emb_logo

<https://www.youtube.com/watch?v=mhcFtudDYW4>

Potência instalada/necessária para o sistema motobomba



Em que: H_{man} – altura manométrica, mca; H_s – altura de sucção, m; H_r – altura de recalque, m; ΔH – perda de carga, mca.

$$Pot[cv] = \frac{\gamma \left[\frac{kgf}{m^3} \right] \cdot Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot H_{man}[mca]}{75 \cdot \eta[decimal]}$$

Em que: Pot – potência da motobomba, γ – peso específico do fluido, Q – vazão, H_{man} – altura manométrica, η – eficiência da motobomba.

$$1 cv = 0,736 kW; 1 HP = 0,745 kW$$

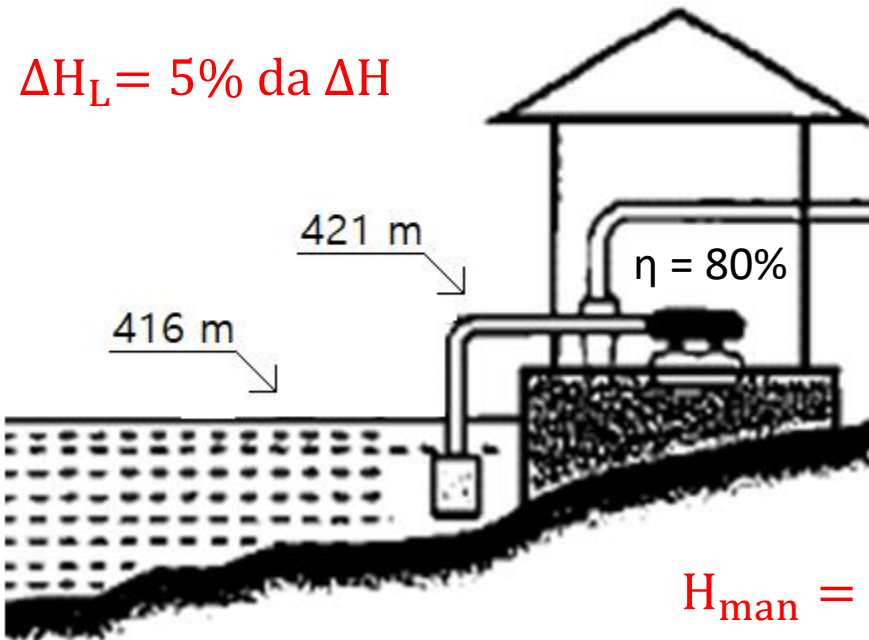
Exemplo — considerar perda de carga na sucção desprezível e perdas localizadas iguais a 5% das lineares.

$$Q = 108.000 / 3.600.000 = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J = \frac{10,67 \times 0,03^{1,852}}{(155^{1,852} \times 0,1182^{4,87})} = 4,65 \times 10^{-2} \text{ m/m}$$

$$\Delta H = 4,65 \times 10^{-2} \times 580 = 26,97 \text{ mca}$$

$$\Delta H_L = 5\% \text{ da } \Delta H$$



Vazão = 108.000 L/h

Trajeto = 580 m

442 m

Fonte: Azevedo Netto et al. (1998) adaptado.

Tubo PVC Novo
DN 125 mm
PN 60 mca
Di 118,20 mm
e 3,40 mm

$$\Delta H_L = 0,05 \times 26,97 = 1,35 \text{ mca}$$

$$\Delta H_T = 26,97 + 1,35 = 28,32 \text{ mca}$$

Potências comerciais de motobombas: 1/4, 1/3, 1/2, 3/4, 1, 1-1/2, 2, 3, 4, 5, 6, 7-1/2, 10, 12-1/2, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 200 e 250 cv.

$$H_{\text{man}} = H_s + H_r + \Delta H_T = (421 - 416) + (442 - 421) + 28,32 = 54,32 \text{ mca}$$

$$\text{Pot}[\text{cv}] = \frac{\gamma \left[\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right] \cdot Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \cdot H_{\text{man}}[\text{mca}]}{75 \cdot \eta[\text{decimal}]}$$

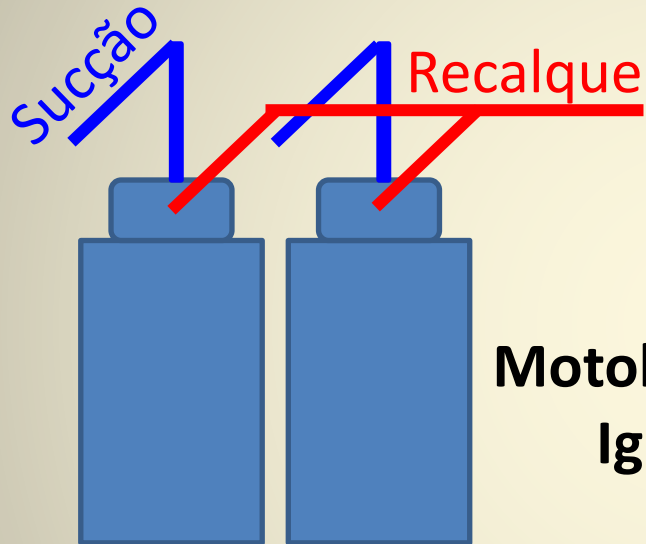
$$\text{Pot} = \frac{1000 \cdot 0,03 \cdot 54,32}{(75 \cdot 0,80)}$$

$$\text{Pot} = 27,16 \text{ cv}$$

Pot comercial 30 cv.

Associação de bombas

Bombas em paralelo



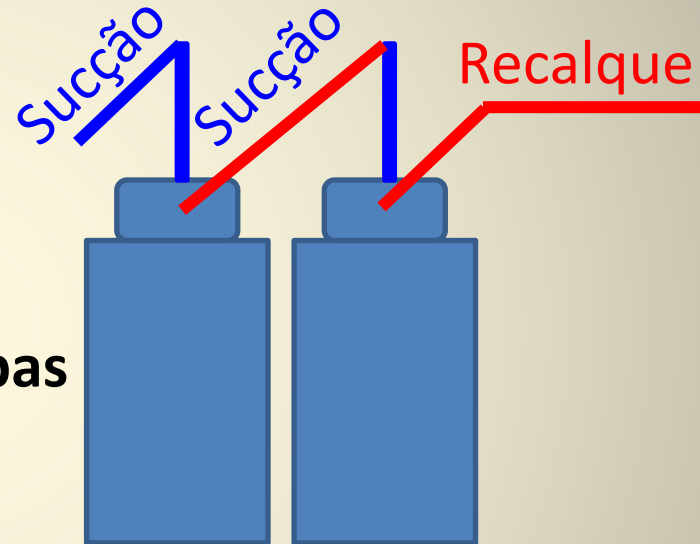
Motobombas
Iguais

Características:

$$Q = Q1 + Q2$$

$$H = H1 = H2$$

Bombas em série



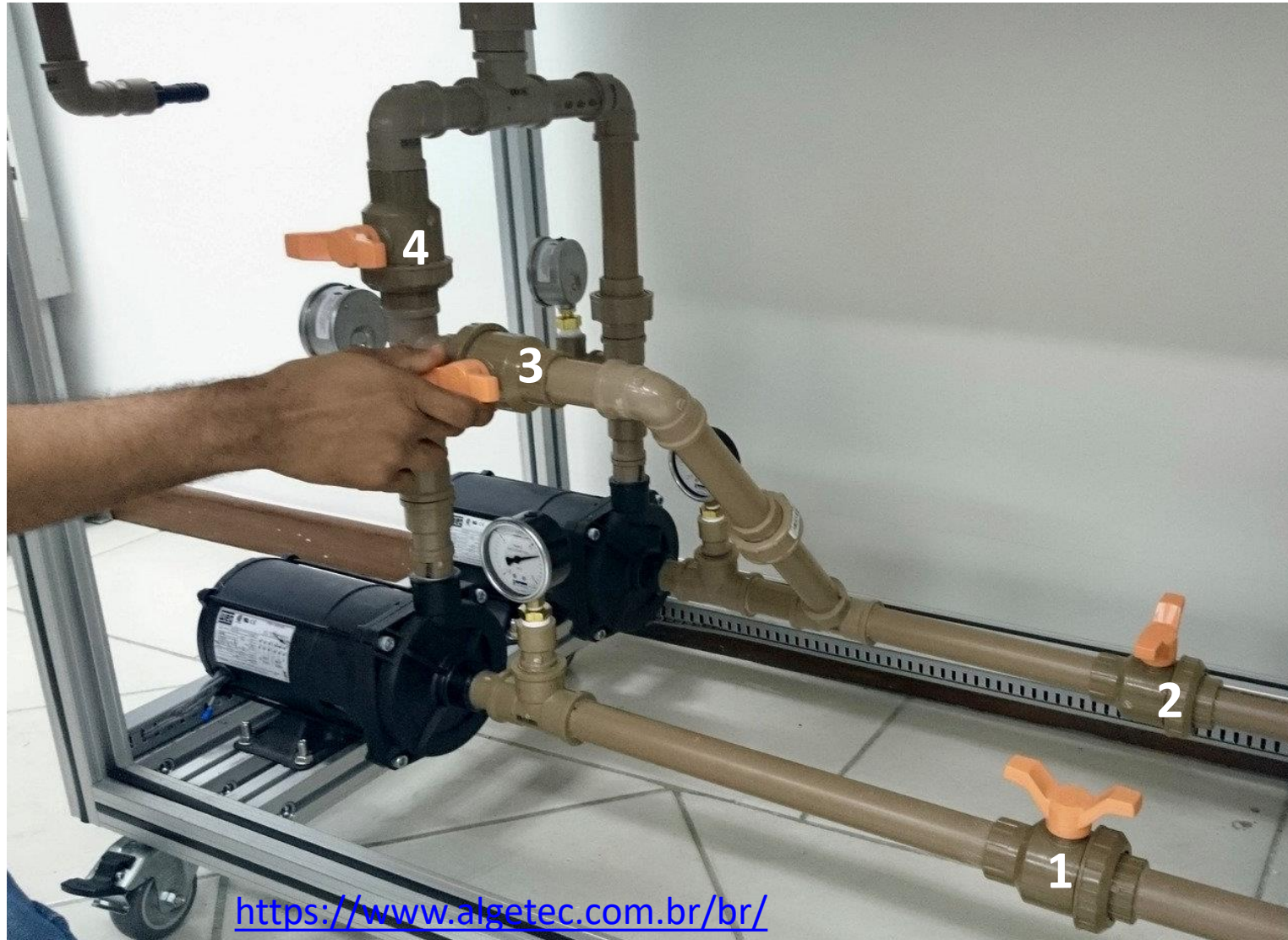
Características:

$$Q = Q1 = Q2$$

$$H = H1 + H2$$

Não há limite para número de associações.

Associação de bombas



Observem os registros e apontem quais devem estar fechados e abertos para que a associação seja em Série e em Paralelo.



<https://werjen.com.br/wad/>

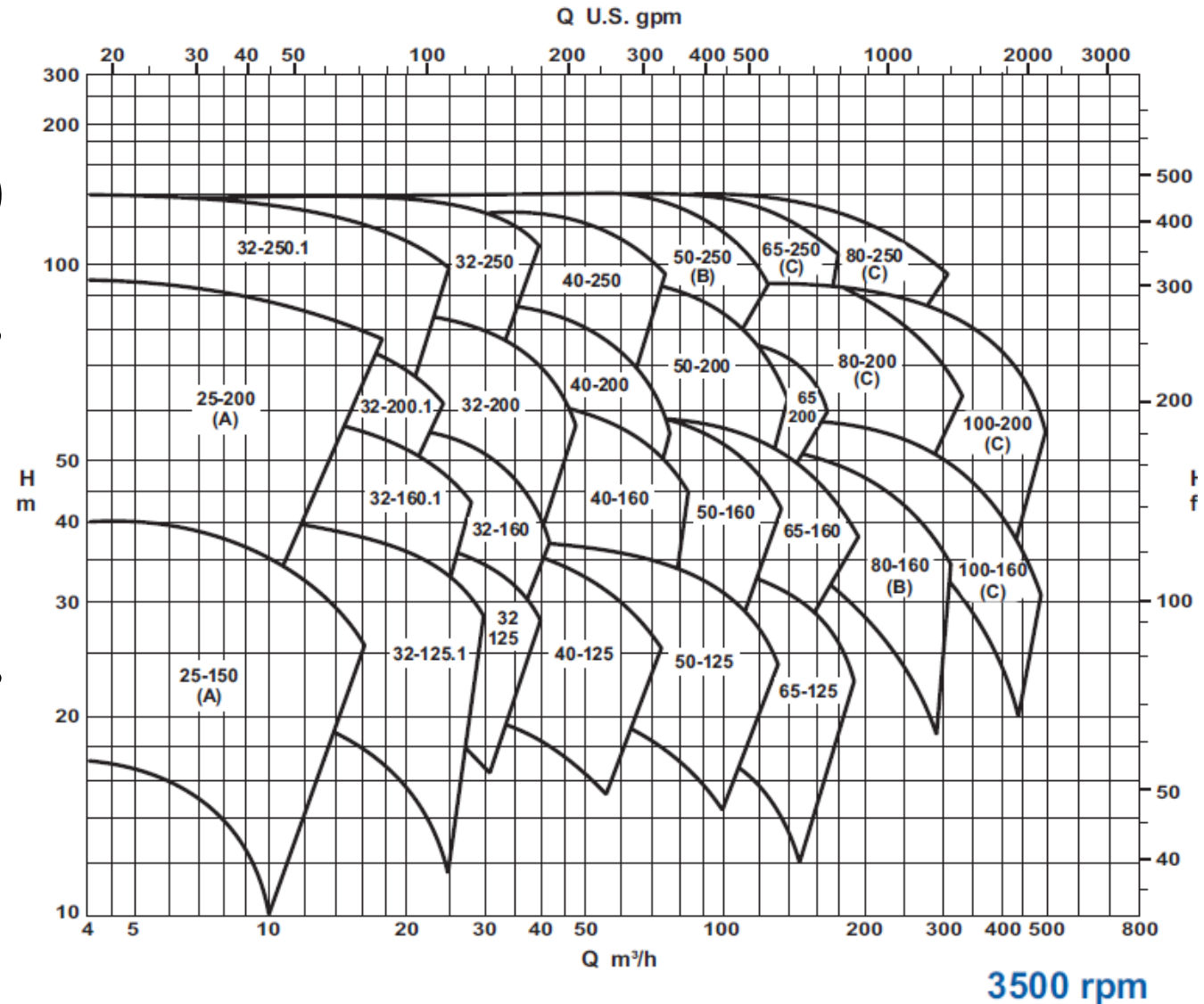
<https://docplayer.com.br/>

Associação de bombas

Escolha de motobomba

Trata-se de **selecionar uma, ou mais, motobomba(s) que atenda(m) a demanda de vazão e pressão (altura manométrica) do projeto.**

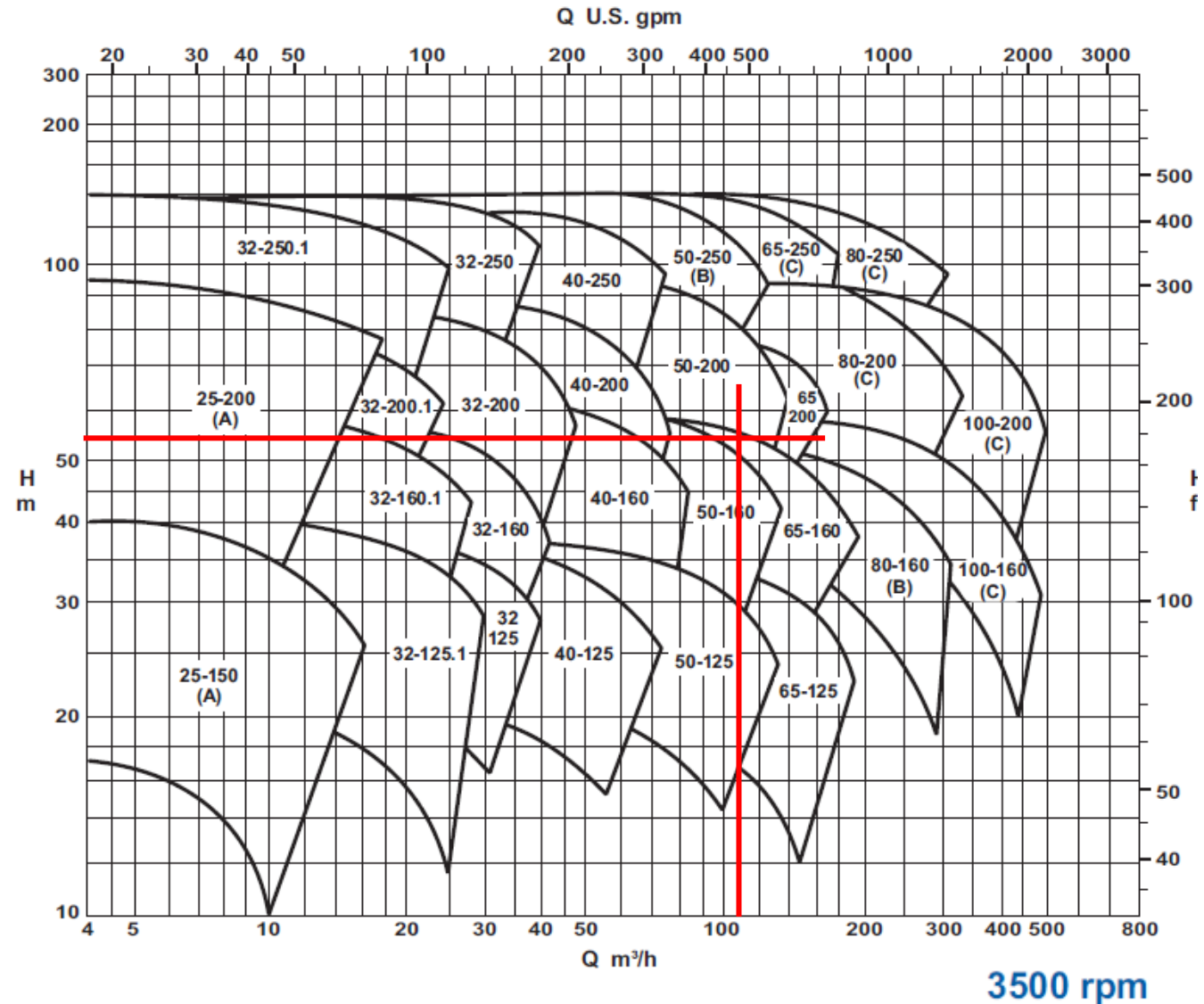
Ilustração ao lado de uma **carta (ou mosaico) de bomba** do grupo KSB.



Escolha de motobomba

Exemplo da seleção de uma motobomba que disponibilize $108 \text{ m}^3/\text{h}$ de água limpa a uma altura manométrica total de $54,32 \text{ mca}$.

Modelo ou tamanho da motobomba selecionada:
65-160

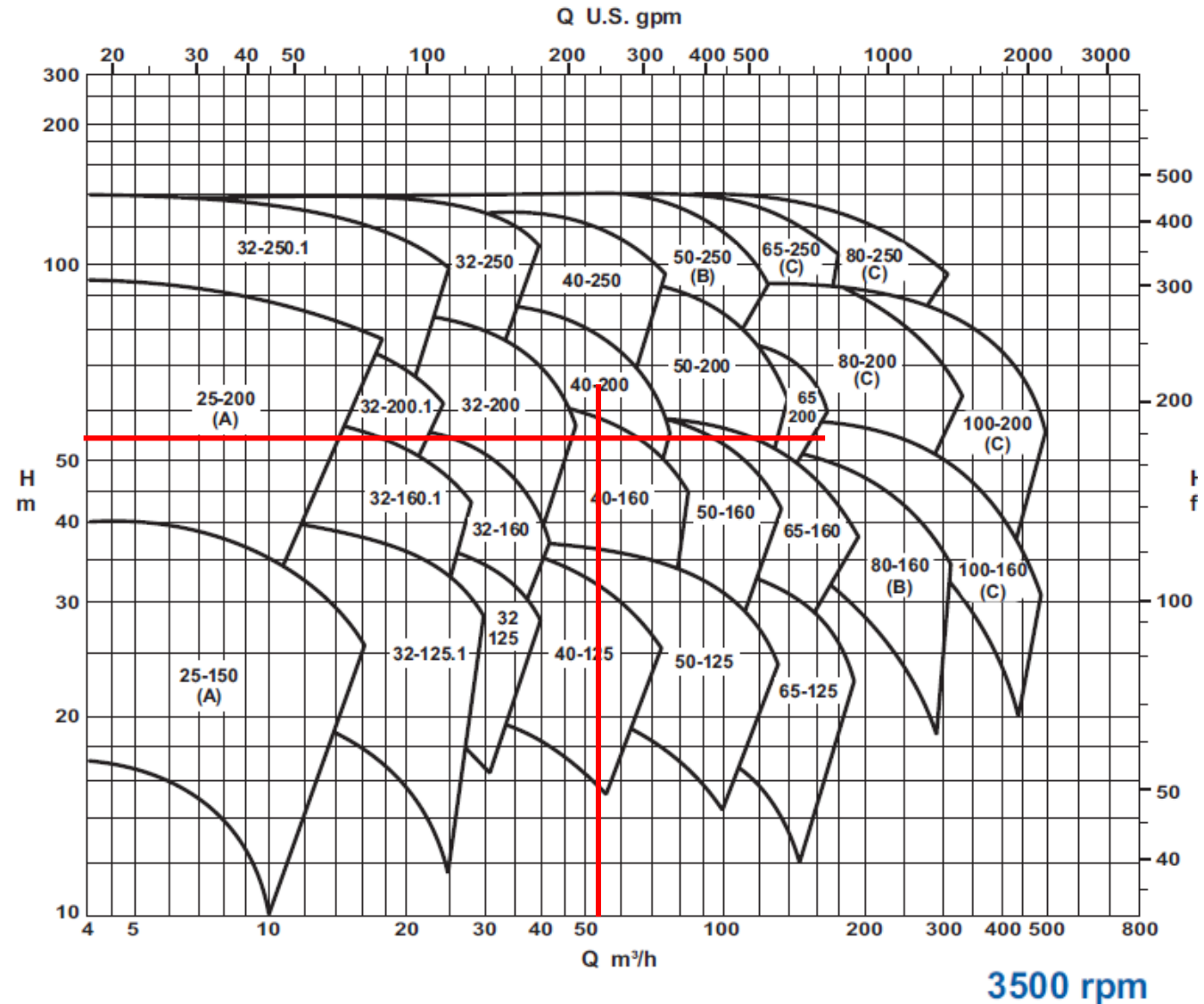


Escolha de motobomba – em paralelo

*Se for optado por
usar **2** (duas)
motobombas para a
mesma demanda,
instaladas em
paralelo, teríamos:*

*Vazão = $54 \text{ m}^3/\text{h}$
Pressão = $54,32 \text{ mca}$.*

*Modelo ou tamanho
das motobombas
selecionadas:
40-160*



Escolha de motobomba – em série

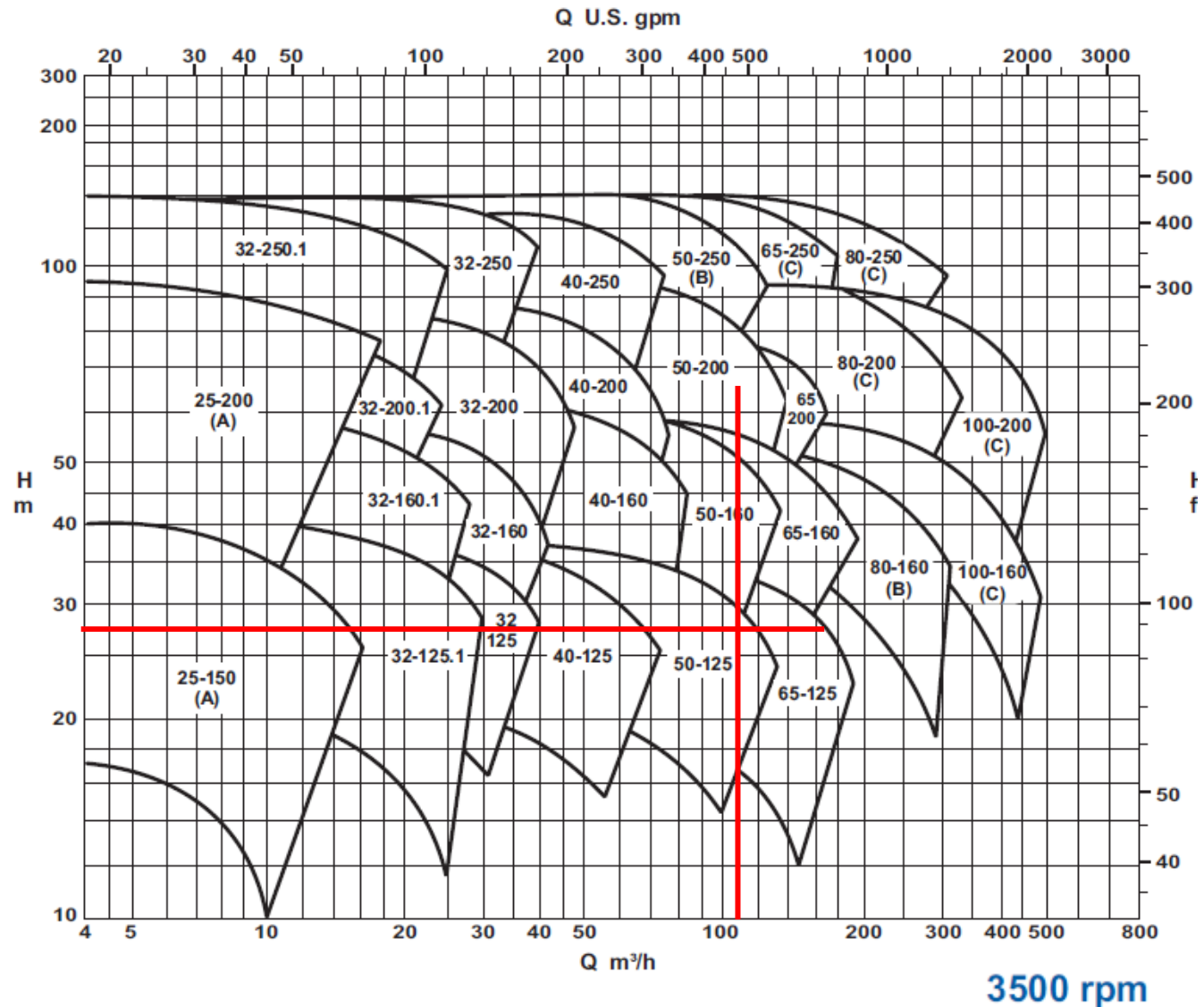
*Agora se a opção for
usar **2** (duas)
motobombas para a
mesma demanda,
instaladas em série,
teríamos:*

Vazão = 108 m³/h

Pressão = 27,16 mca.

*Modelo ou tamanho
das motobombas
selecionadas:*

50-125



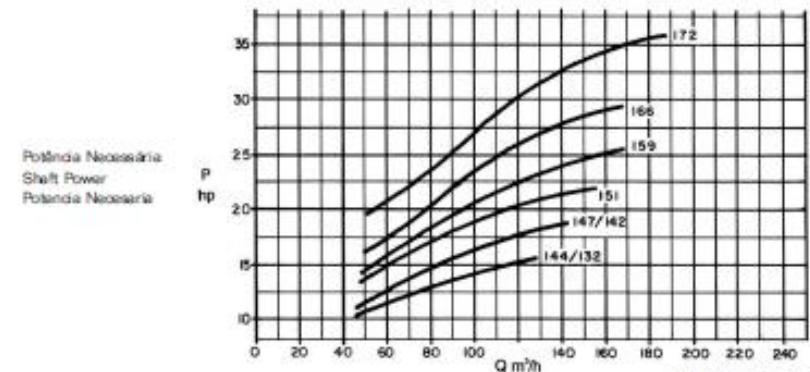
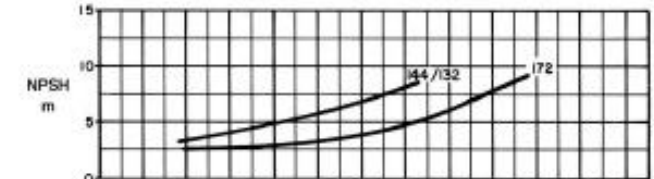
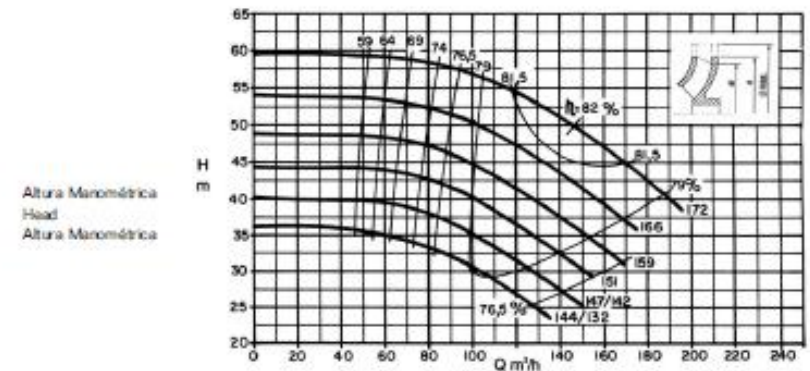
Carta da bomba

Na **curva da bomba**,
ilustração ao lado, deve-se
definir:

- O diâmetro do rotor (Φ),
- O rendimento (η),
- O $NPSH_r$ (requerido), e
- A potência da motobomba

Analisemos por partes:
Para o exemplo em estudo

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB MEGANORM KSB MEGABLOC KSB MEGACHEM KSB MEGACHEM V	Tamanho Size Tamaño	65-160	
Oferta - nº Project - No. Oferta - nº	Item - nº Item - No. Item - nº	Velocidade de Nominal Nom. Rotative Speed Velocidade Nominal	3500 rpm	



Dados técnicos para o fluido de 1 kg/dm³, viscosidade dinâmica de 100 mPa·s.
 Data application density of 1 kg/dm³ and dynamic viscosity of 100 mPa·s.
 Datos técnicos para el fluido de 1 kg/dm³ y viscosidad dinámica de 100 mPa·s.

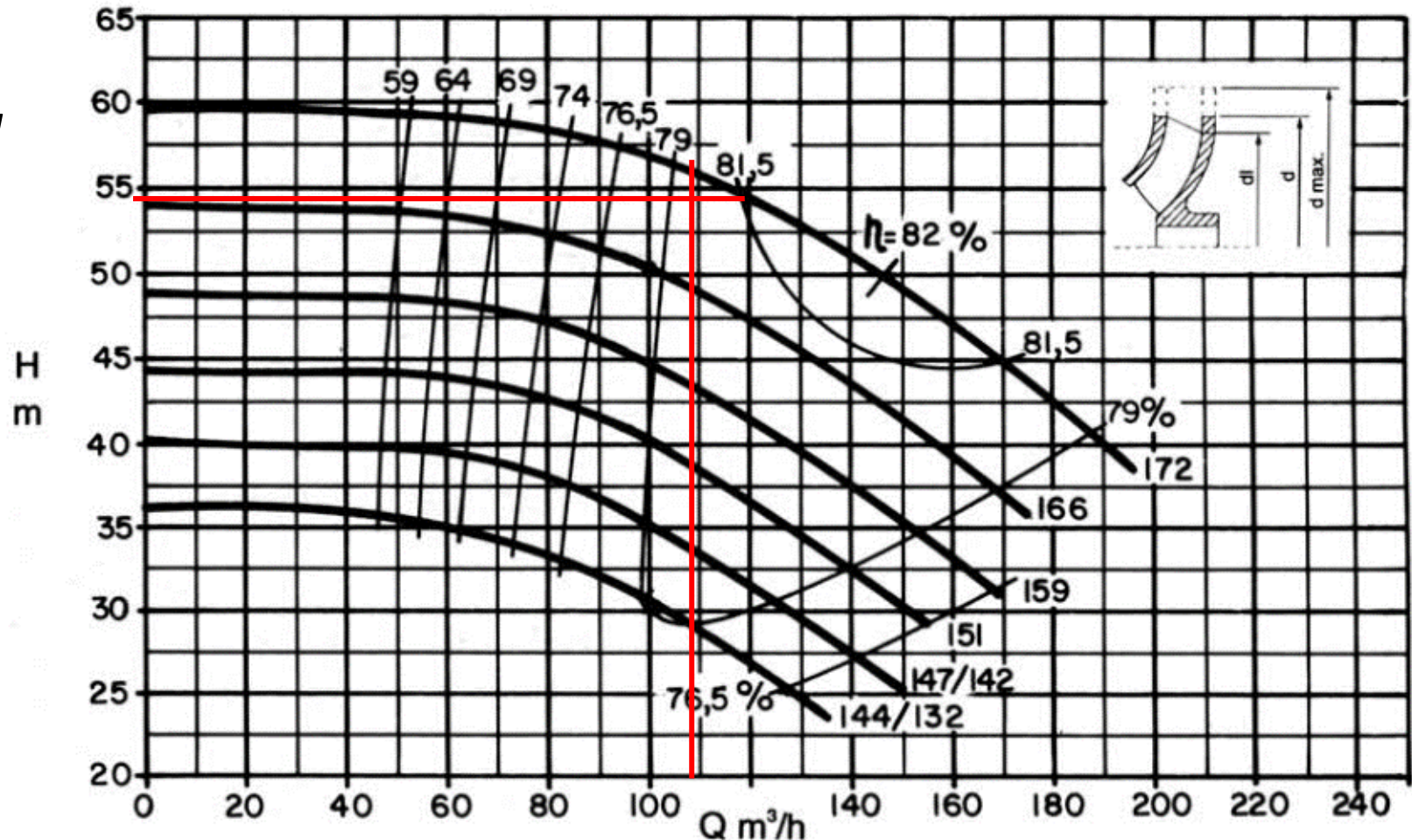
Quantidade máxima de sucção recomendada em 5000 RPM é de 10 m.
 Quantity of suction recommended at 5000 RPM is 10 m.
 Cantidad máxima de succión recomendada en 5000 RPM es de 10 m.

Diâmetro do rotor e eficiência do conjunto

Para o caso de:
Vazão = $108 \text{ m}^3/\text{h}$
Pressão = $54,32 \text{ mca}$

$\Phi = 172 \text{ mm}$
 $\eta \approx 80\%$

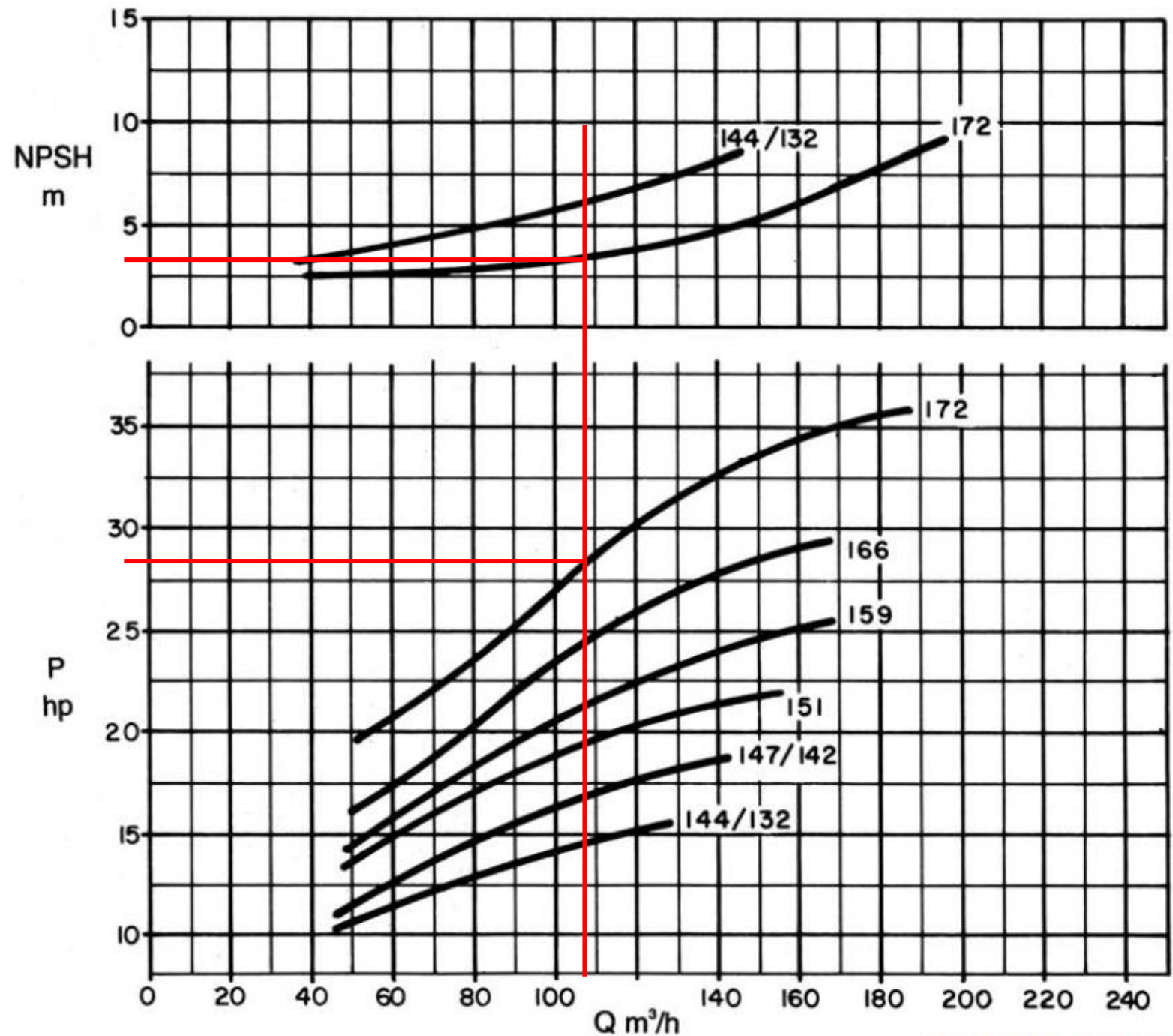
Observação: adotar rotor da intersecção ou acima, ou ainda realizar o processo de usinagem do rotor.



NPSHr e Potência

Para o caso de:
Vazão = $108 \text{ m}^3/\text{h}$
Pressão = $54,32 \text{ mca}$

$NPSH_r \approx 3,00 \text{ mca}$
 $Pot \approx 28 \text{ hp (cv)}$
Comercial 30 cv



Relação de semelhança

Alterações nas condições de funcionamento de bombas

Equações válidas para bombas geometricamente semelhantes

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$

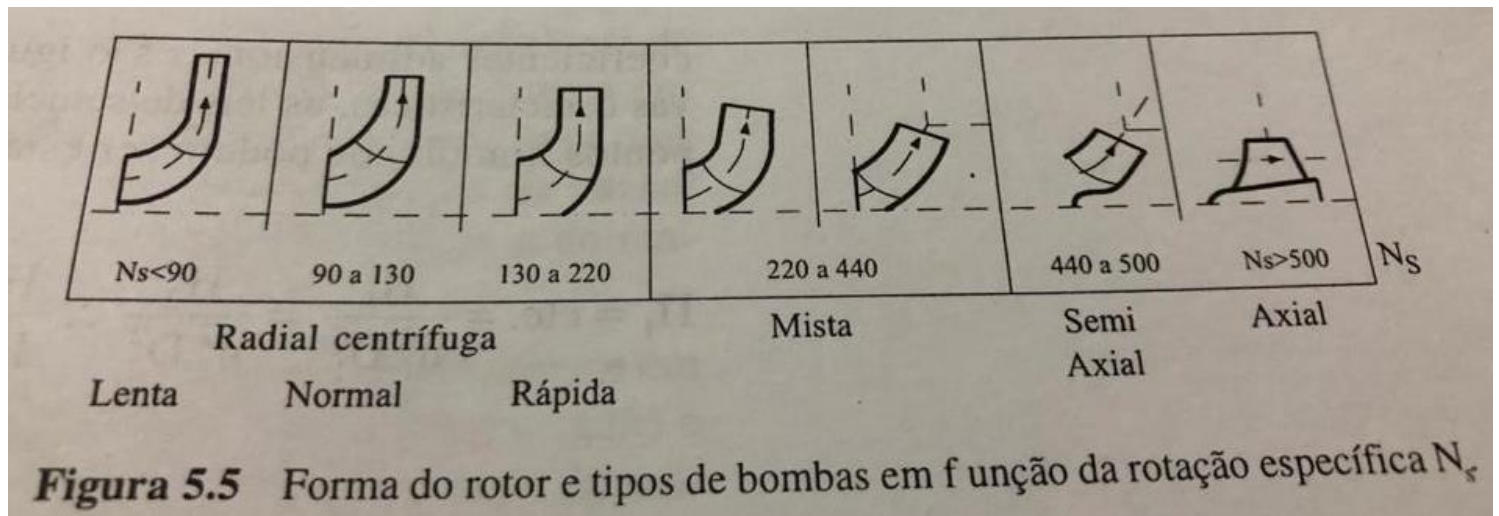
$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5$$

Rotação ou velocidade específica

$$N_s = 3,65 \times n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}}$$

Usar Q e H para a máxima eficiência da curva do rotor escolhido.




Fonte: Porto (2006) – Hidráulica Básica. Rodrigo de Melo Porto.

Onde: Q – vazão, m^3/s ; H – pressão, mca; P – potência, cv; n – rotação, rpm; D – diâmetro, m; N_s – rotação ou velocidade específica, adimensional.

1.7.3 Rotação Específica


Para comparar o comportamento da altura, vazão e rotação de bombas distintas, imagine-se fazê-las funcionar em um mesmo ponto de trabalho dado por $H = 1 \text{ m}$ e $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$. A velocidade de rotação de qualquer bomba neste ponto de trabalho é chamada de rotação específica, N_q , e das leis de afinidade prova-se que esta rotação é dada por:

<p>Rotação Específica</p> $N_q = \frac{NQ^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (1.37)$		<p>N = Rotação da bomba (RPM). H = Altura manométrica (m). Q = Vazão (m^3/s).</p>
--	---	---

N_q é conhecida como rotação específica e pode ser entendida como a velocidade com que a bomba unidade ($H = 1 \text{ m}$ e $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$) deve girar para que seja equivalente a uma bomba qualquer de grandezas Q_1, H_1 e N_1 .

1.7.4 Velocidade Específica

Na prática da engenharia, é comum utilizar um conjunto de unidades não coerentes para Q , H e N , no cálculo de N_q , que passa a ser chamada de velocidade específica, N_s :

<p>Velocidade Específica</p> $N_s = 3,65 \frac{NQ^{1/2}}{H^{3/4}} = 3,65N_q \quad (1.38)$		<p>N = Rotação da bomba (RPM). H = Altura manométrica (m). Q = Vazão (m^3/s). N_q = Rotação específica.</p>
--	---	---

Sobre a rotação específica

Fonte: Porto (2006) – Hidráulica Básica. Rodrigo de Melo Porto:

Na prática de projetistas de máquinas hidráulicas, usando-se a mesma denominação de rotação específica ou velocidade específica, costuma-se utilizar coeficientes dimensionais, portanto dependentes do sistema de unidades usado, que são simplificações das Equações 5.19 e 5.20, baseados na seguinte definição: *rotação específica* corresponde à rotação (em rpm) de um rotor de uma bomba, de uma série homóloga de bombas geometricamente semelhantes, que eleva uma unidade de vazão sob uma altura manométrica total unitária, ou como a rotação de um rotor de uma bomba, de uma série homóloga de bombas geometricamente semelhantes, que desenvolve uma unidade de potência sob uma altura manométrica total unitária. Desta forma, as velocidades específicas, relativas à vazão e à potência, passam a ser adaptadas das Equações 5.19 e 5.20, respectivamente:

$$N_s [\text{rpm}, \text{cv}, \text{m}] = 1,17 \cdot N_s [\text{rpm}, \text{kW}, \text{m}]$$

com n (rpm), Q (m³/s), Pot (cv) e H (m)

$$N_q = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (5.19)$$

$$N_s = \frac{n \sqrt{Pot}}{H^{5/4}} \quad (5.20)$$

Para água ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)

$$N_s = 3,65 \cdot \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$




No Manual de Hidráulica o N_s é dados por:

Fonte: Azevedo Netto et al. (1998).

Apesar dos autores apresentares outros valores para classificação, no cálculo do coef. cavitação de Thomas deve-se usar a equação apresentada por Porto (2006).

$$N_s = N \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Classificação:

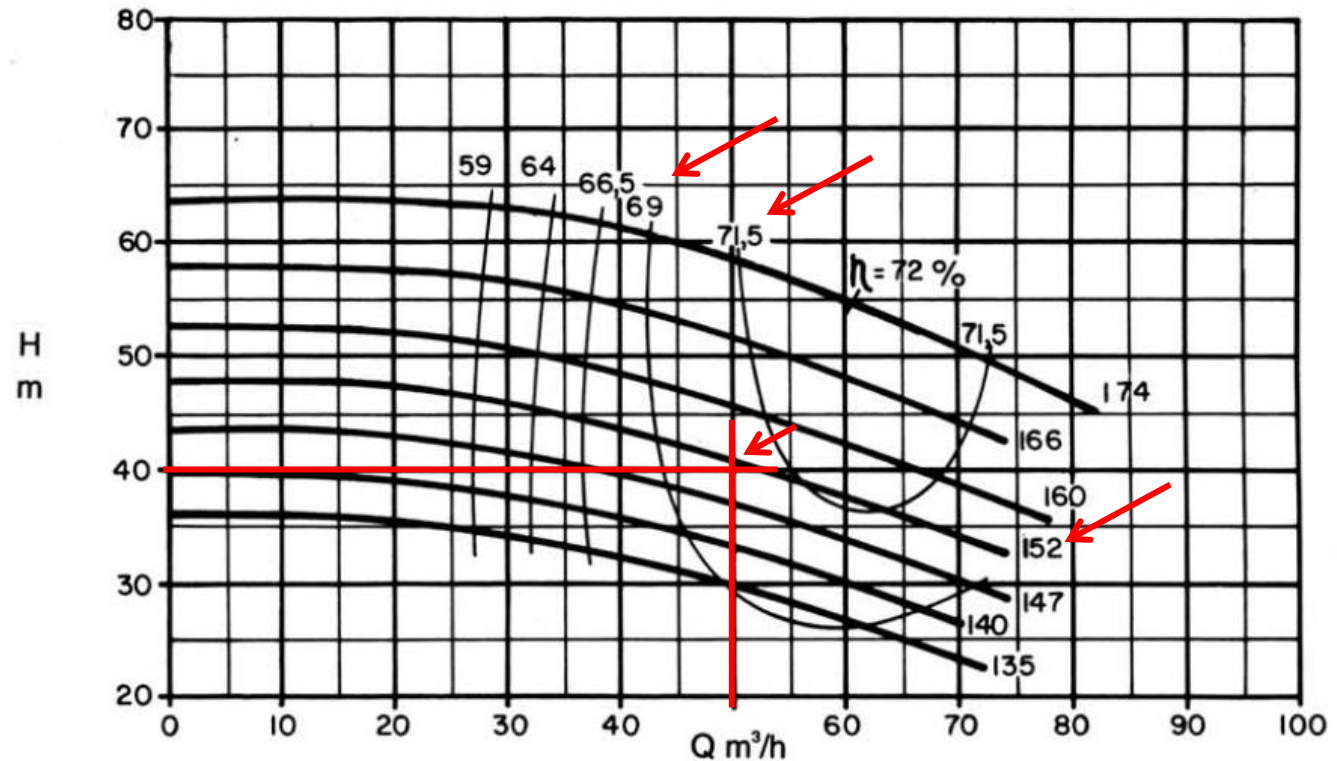
	Bombas estáticas	$N_s < 10$
	Bombas dinâmicas	N_s de 10 a 500
	Escoamento	
	Radial	$N_s = 10$ até 40
	Misto	$N_s = 35$ até 85
	Diagonal	$N_s = 80$ até 150
	Axial	$N_s = 125$ até 500

Escolha de motobomba

Para o caso de:
Vazão = $50 \text{ m}^3/\text{h}$
Pressão = 40 mca

$\Phi = 152 \text{ mm}$
 $\eta \approx 70\%$

Observação adotar diâmetro interceptado ou acima do ponto de intersecção das linhas.



O processo de usinagem (desgaste) do rotor é necessário para adaptá-lo ao valor definido.

Fórmulas **Equivalência:** $Q_1/Q_2 \approx (\Phi_1/\Phi_2)^3$
 $H_1/H_2 \approx (\Phi_1/\Phi_2)^2$

Usual: $Q_1/Q_2 \approx (\Phi_1/\Phi_2)$
 $H_1/H_2 \approx (\Phi_1/\Phi_2)^2$

Alterações nas condições de funcionamento de bombas

Processo de usinagem

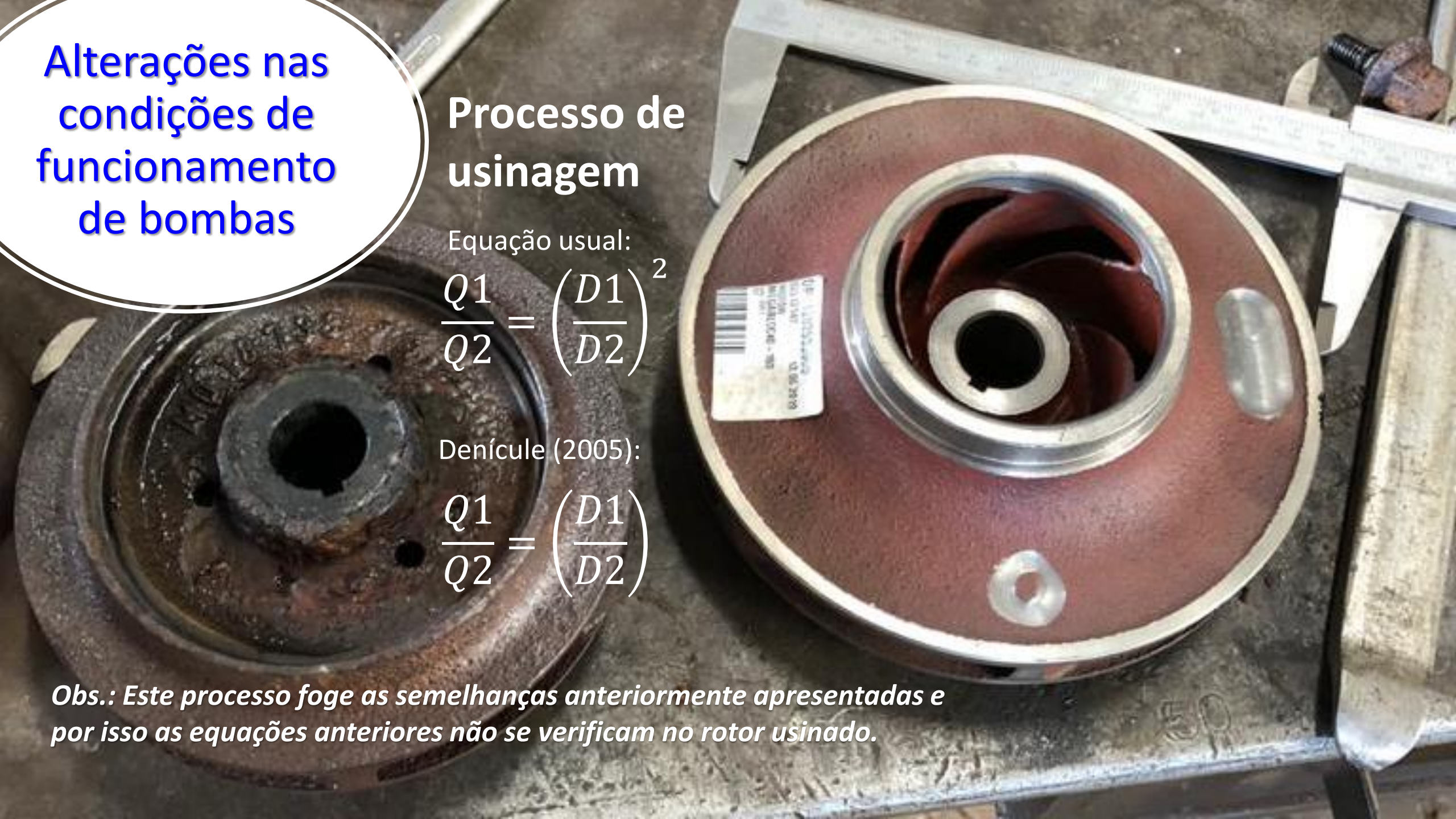
Equação usual:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

Denícule (2005):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)$$

Obs.: Este processo foge as semelhanças anteriormente apresentadas e por isso as equações anteriores não se verificam no rotor usinado.



Alterações nas condições de funcionamento de bombas

Processo de usinagem

Se adotado:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3$$

Recomenda-se a correção do quadro ao lado



Quadro 6 - Correção de Stepanoff para a equação de J. Karassik

Relação calculada

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
-------------------------------------	------	------	------	------	------	------	------


Relação necessária

$\frac{D_1}{D_2}$	0,71	0,73	0,78	0,83	0,87	0,915	0,955
-------------------	------	------	------	------	------	-------	-------

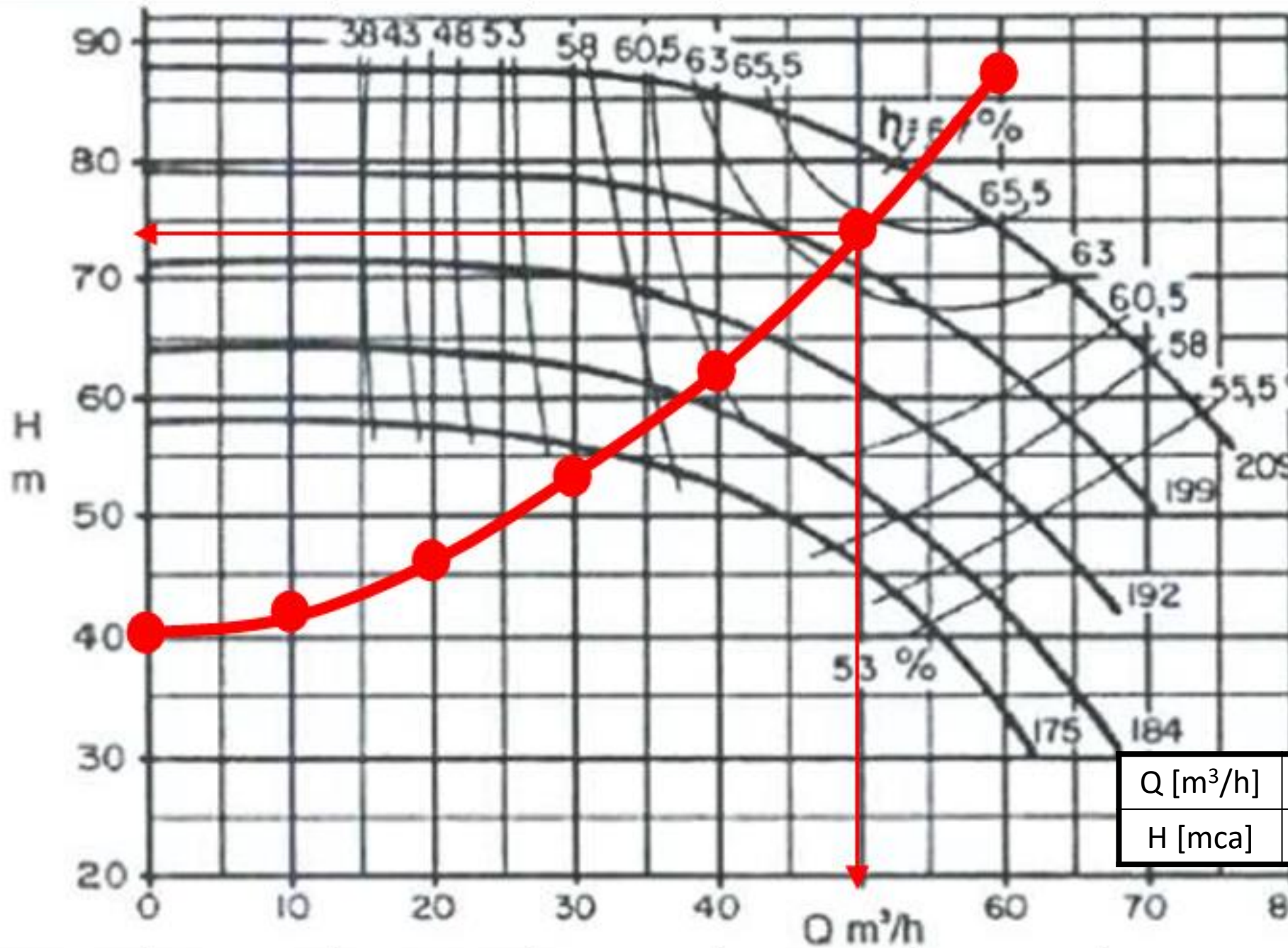
Se, por exemplo, D_2 for igual a 200 mm e a relação calculada (D_1/D_2) igual a 0,80, o Quadro 6 fornecerá, para a relação necessária:

$$\frac{D_1}{D_2} = 0,83 \therefore D_1 = 166 \text{ mm (diâmetro do rotor usinado).}$$

Fonte: Denícule (2005).

Aprofundamento no tema no anexo ( clique aqui).

Exemplo de usinagem de rotor de bomba



$Q_1 = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
 $H_1 = 74 \text{ mca}$
 $D_1 = ?$

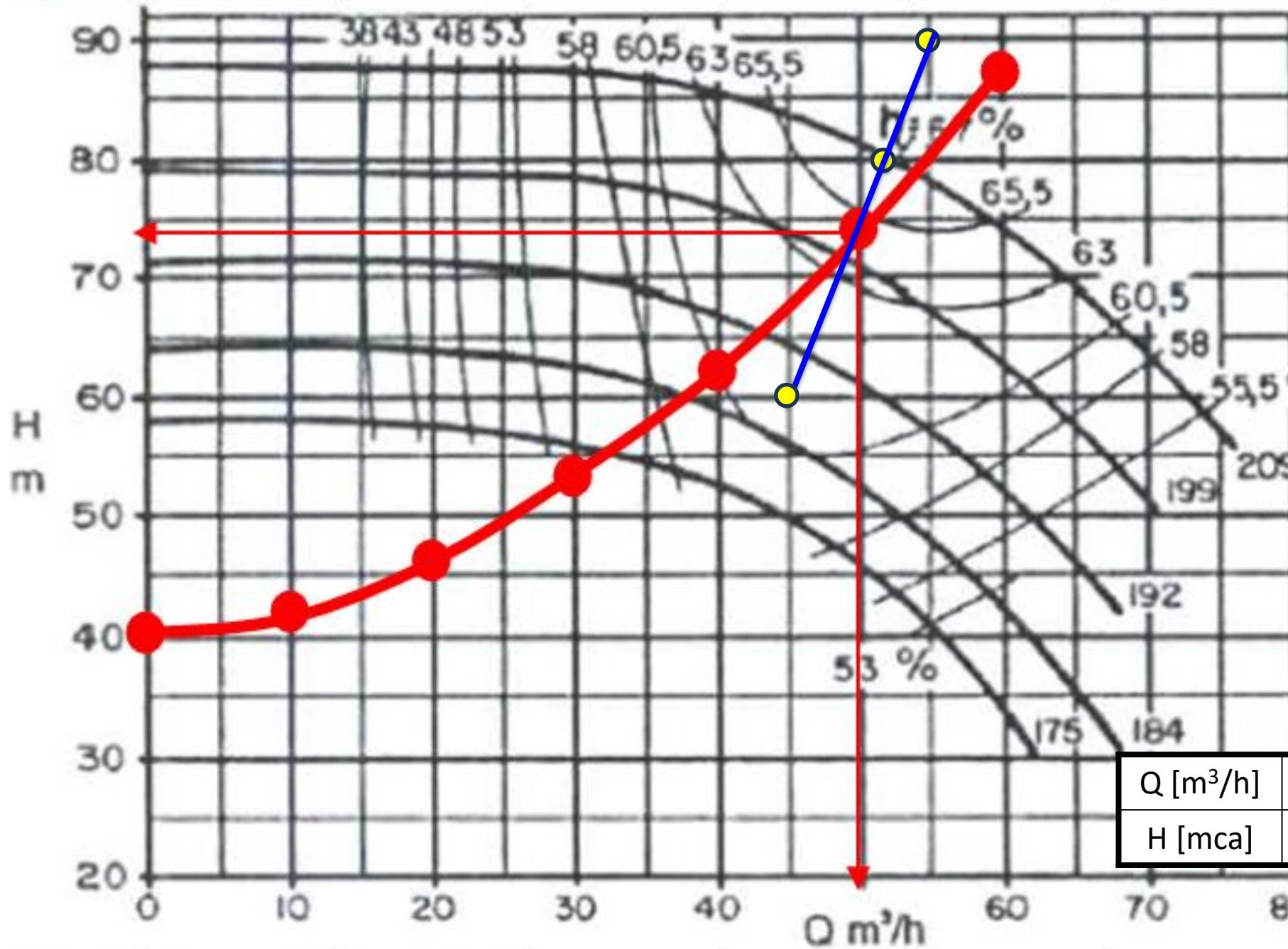
Fórmula Empírica (1):
 $(1) H_1/H_2 = (Q_1/Q_2)^2$

Reorganiz. tem-se:
 $H_2 = H_1/Q_1^2 * Q_2^2$
 $H_2 = 74/50^2 * Q_2^2$
 $(1a) H_2 = 0,0296 * Q_2^2$
 Com: $Q - \text{m}^3/\text{h}; H - \text{mca}$

↓
 Tomando-se valores de Q_2 e aplicando-se a eq. (1a) gera-se a tabela abaixo:

Q [m³/h]	45	50	52	55
H [mca]	59,9	74,0	80,0	89,6

Plotam-se os dados no gráfico:



$Q_1 = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
 $H_1 = 74 \text{ mca}$
 $D_1 = ?$

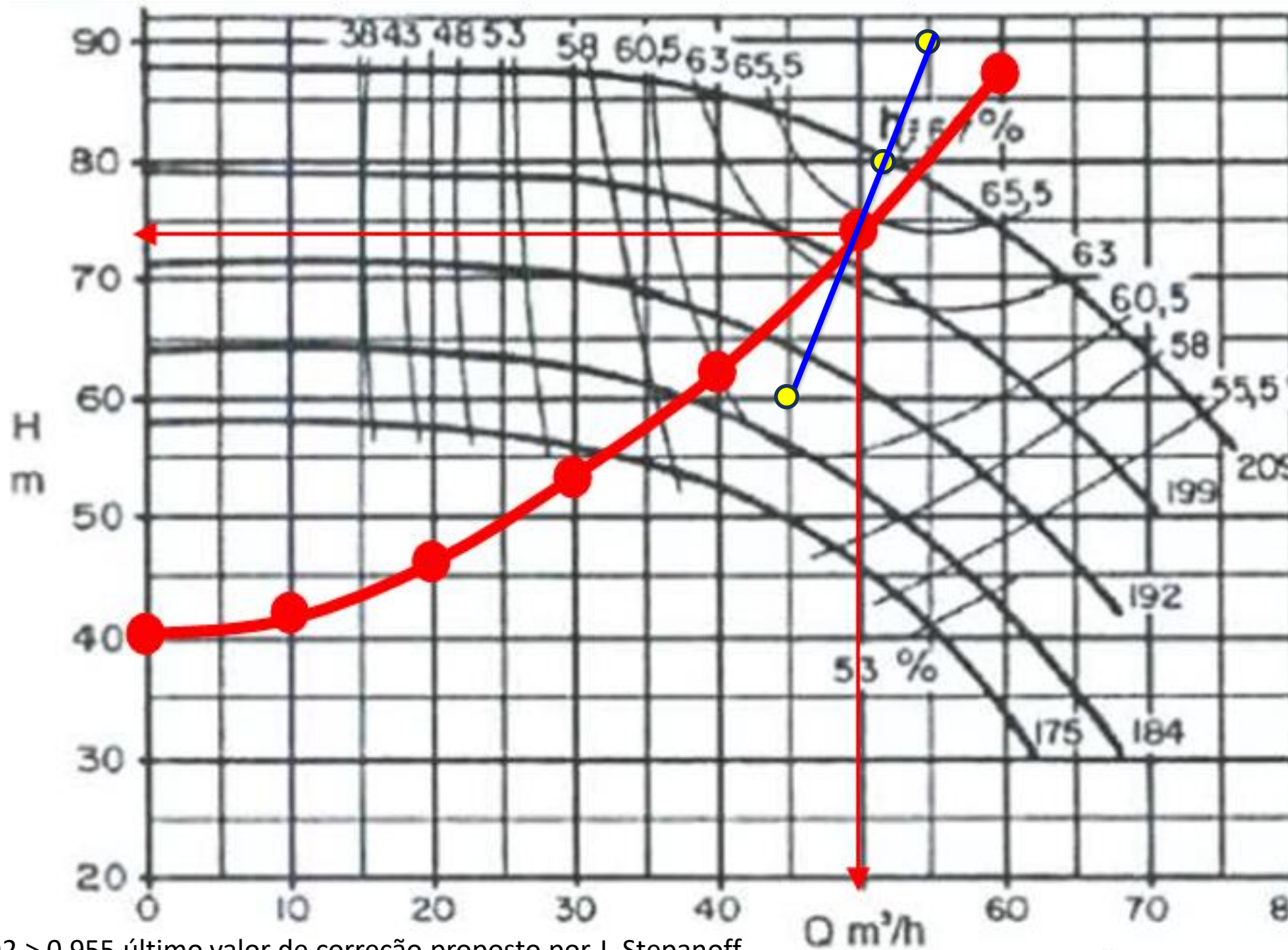
Fórmula Empírica (1):
 $(1) H_1/H_2 = (Q_1/Q_2)^2$

Reorganiz. tem-se:
 $H_2 = H_1/Q_1^2 * Q_2^2$
 $H_2 = 74/50^2 * Q_2^2$
 $(1a) H_2 = 0,0296 * Q_2^2$
 Com: $Q - \text{m}^3/\text{h}; H - \text{mca}$

↓
 Tomando-se valores de Q_2 e aplicando-se a eq. (1a) gera-se a tabela abaixo:

Q [m³/h]	45	50	52	55
H [mca]	59,9	74,0	80,0	89,6

Plotam-se os dados no gráfico:

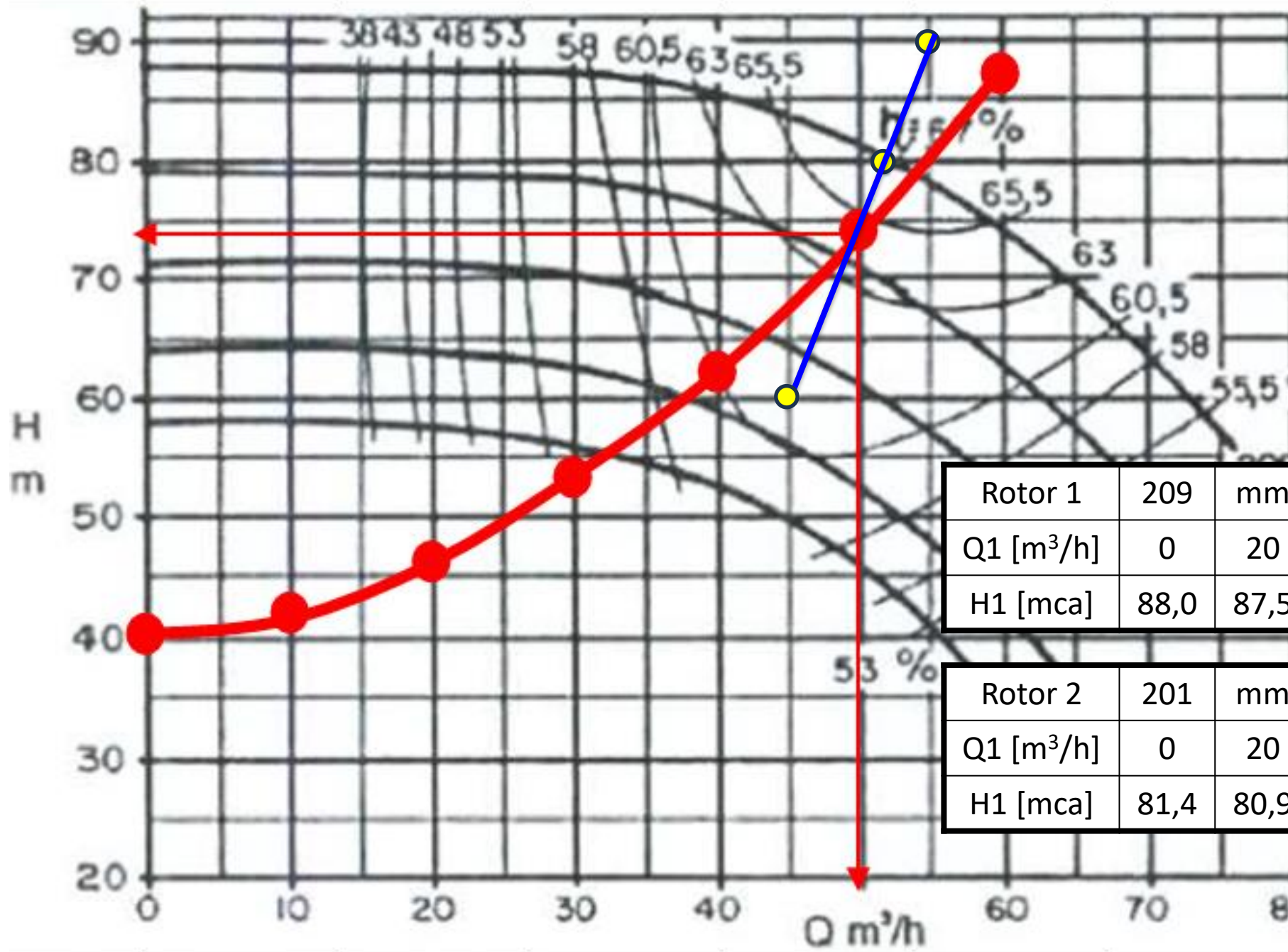


Q1 = 50 m³/h
 H1 = 74 mca
 D1 = ?

A linha intercepta a curva do rotor 209 mm no ponto:
 Q2 = 52 m³/h
 H2 = 80 mca
 D2 = 209 mm

Equação empírica (2):
 (2) $Q1/Q2 = D1/D2$
 Reorganiz. tem-se:
 $D1 = D2 * Q1/Q2$
 Logo: $(Q1/Q2 = 0,961)^*$
 $D1 = 209 * 50/52$
D1 = 201 mm
 $U = (209-201)/2 = 4 \text{ mm}$
Usinagem = 4 mm

* $Q1/Q2 > 0,955$ último valor de correção proposto por J. Stepanoff

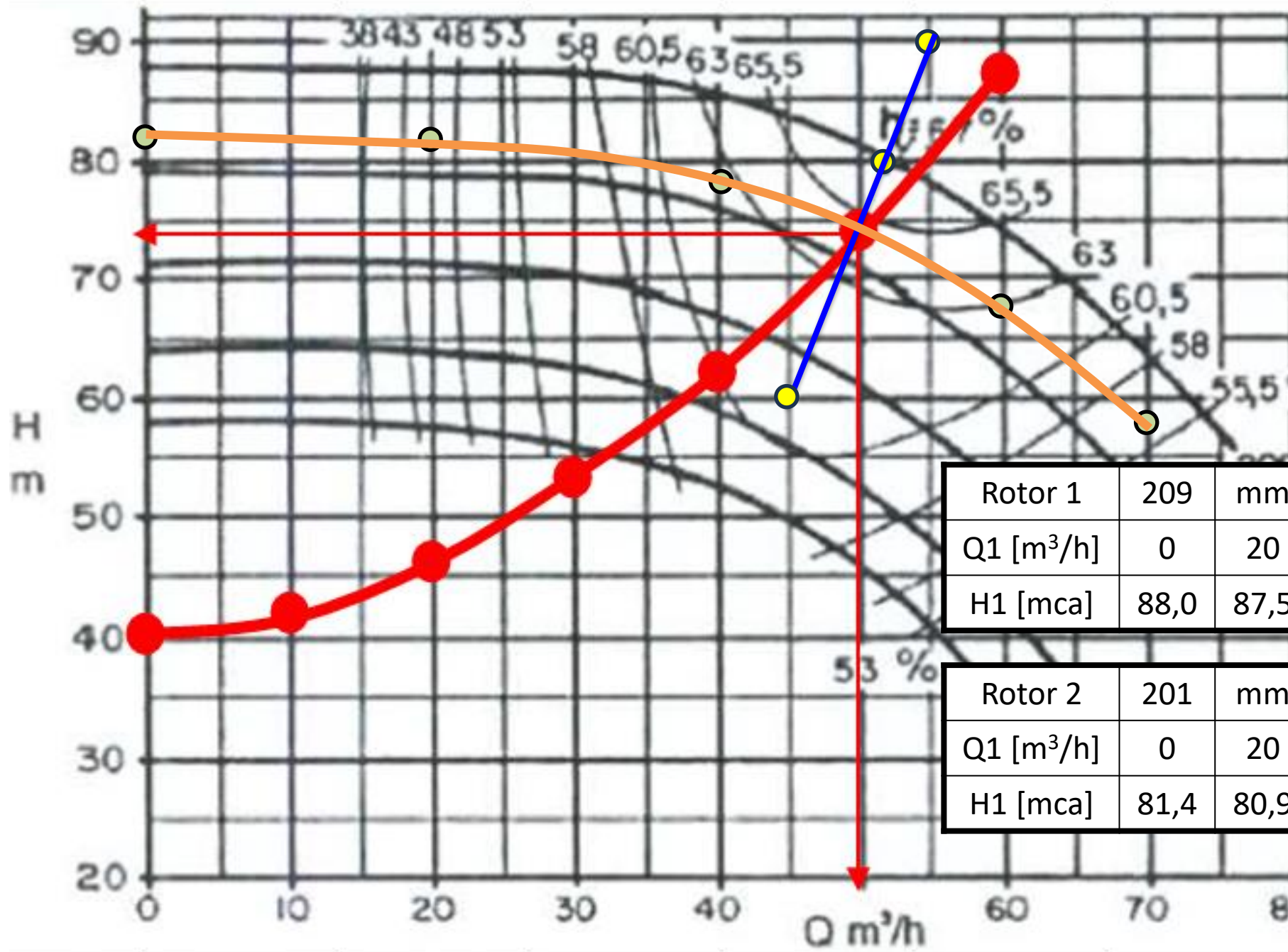


Para gerar a curva do novo rotor deve-se tomar valores de Q e H do rotor de 209 e corrigi-los com a fórmula de equivalên.:
 $H_1/H_2 = (D_1/D_2)^2$
 Reorganiza. tem-se:
 $H_2 = H_1 * (D_2/D_1)^2$

Rotor 1	209	mm				
Q1 [m³/h]	0	20	40	50	60	70
H1 [mca]	88,0	87,5	85,0	81,0	74,0	63,0

Rotor 2	201	mm				
Q1 [m³/h]	0	20	40	50	60	70
H1 [mca]	81,4	80,9	78,6	74,9	68,4	58,3

Plotam-se os dados no gráfico:



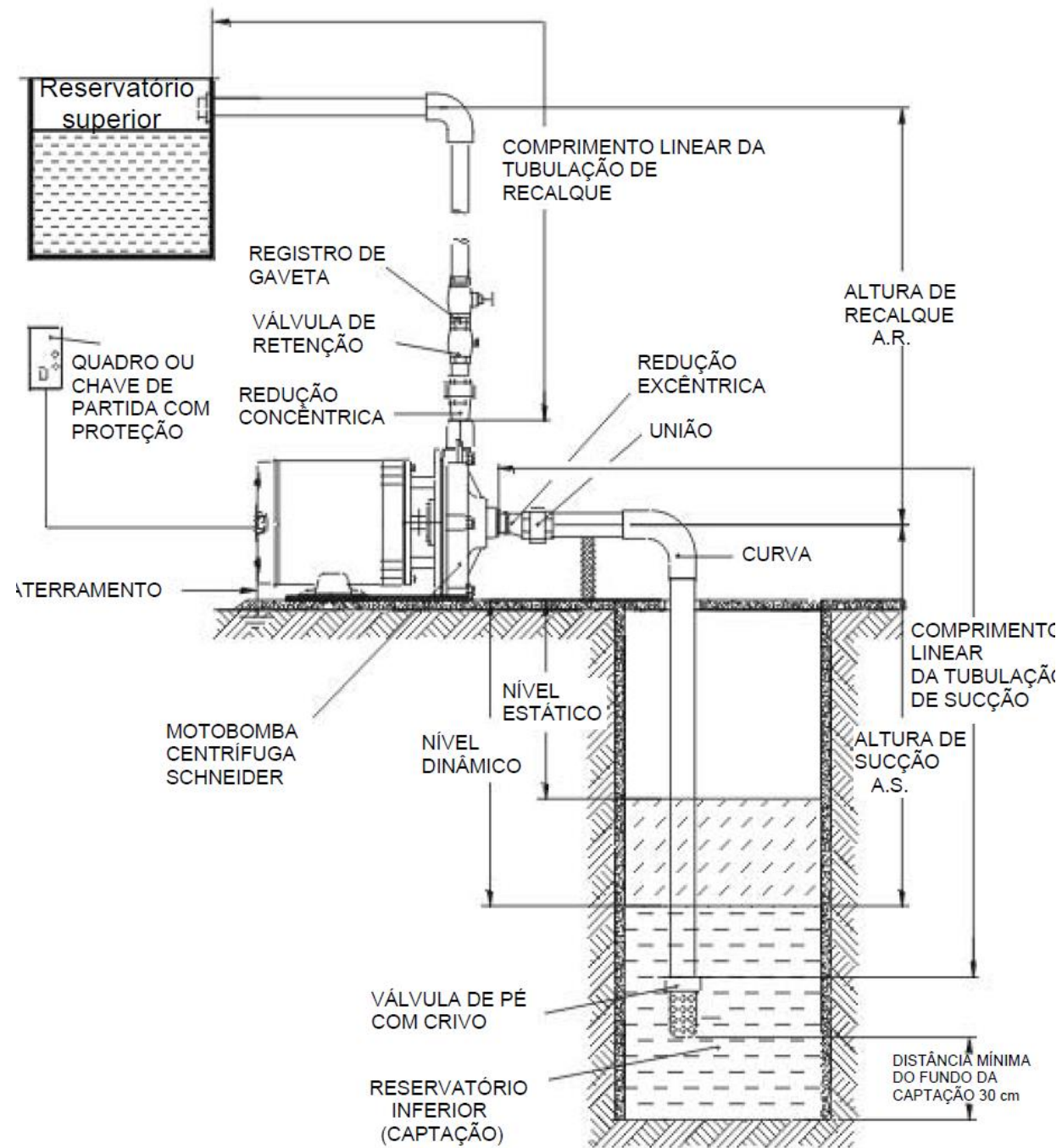
Para gerar a curva do novo rotor deve-se tomar valores de Q e H do rotor de 209 e corrigi-los com a fórmula de equivalên.:
 $H1/H2 = (D1/D2)^2$
 Reorganiza. tem-se:
 $H2 = H1*(D2/D1)^2$

Rotor 1	209	mm				
Q1 [m³/h]	0	20	40	50	60	70
H1 [mca]	88,0	87,5	85,0	81,0	74,0	63,0

Rotor 2	201	mm				
Q1 [m³/h]	0	20	40	50	60	70
H1 [mca]	81,4	80,9	78,6	74,9	68,4	58,3

Plotam-se os dados no gráfico:

Instalação típica de motobomba



Sobre a Sucção

A área mínima de um poço de sucção individual (isolado) deve ser 12,5 vezes a área da seção de entrada na tubulação. A área da seção de escoamento na parte inicial do poço (BC) deve ser pelo menos 10 vezes a área da seção de entrada na tubulação de sucção (Fig. 11.11).

Sob o ponto de vista exclusivamente hidráulico, a altura mínima de água acima da boca de sucção deveria ser

$$h = \frac{v^2}{2g} + 0,20\text{m}$$

sendo v a velocidade na tubulação de sucção (Fig. 11.9).

Na prática adotam-se valores mínimos mais elevados para evitar a formação de vórtices.

$$h > 1,5 D$$

(a contar do plano do rotor, no caso das bombas verticais do tipo axial) e

$$h > 3D$$

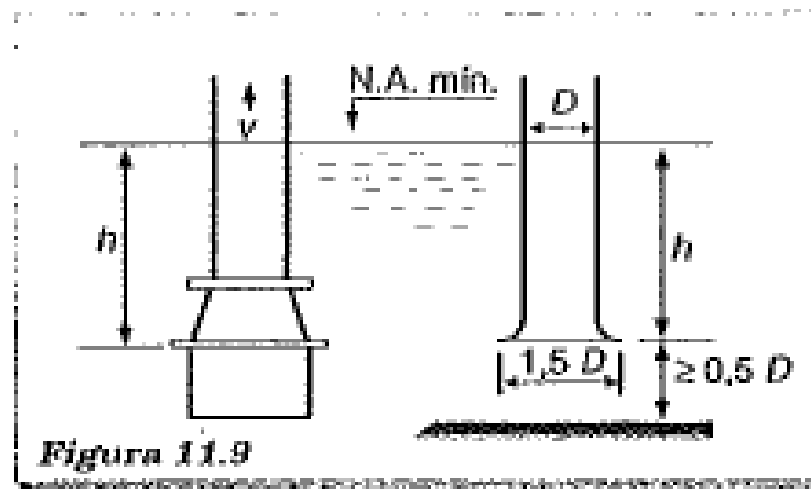
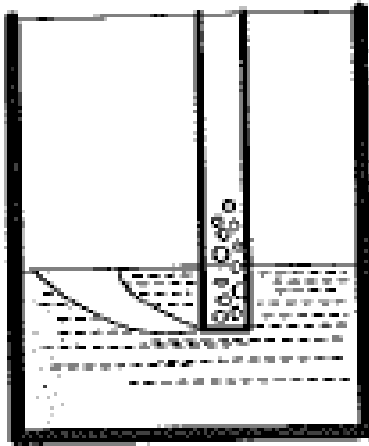


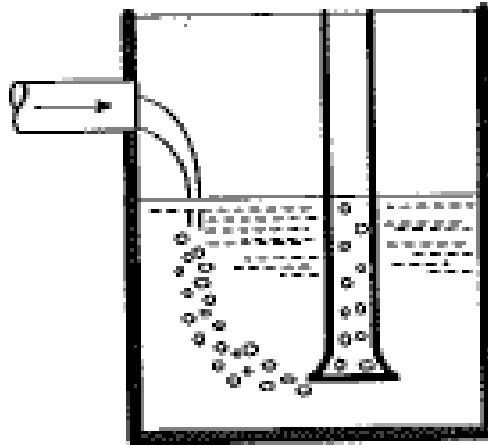
Figura 11.9

Sobre a Sucção

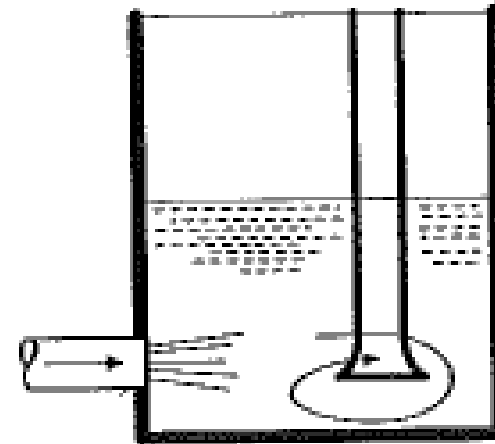
Defeitos mais comuns



Nível muito baixo

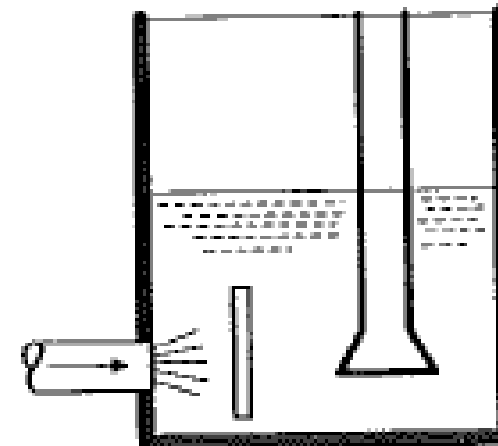
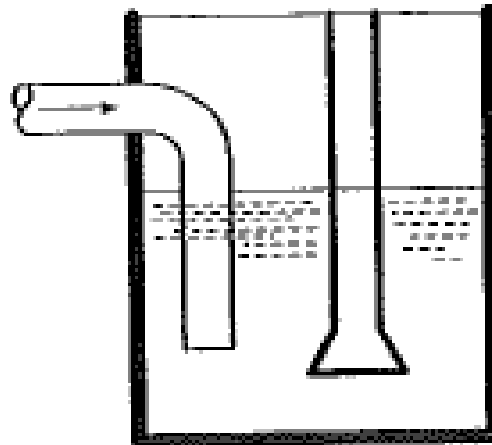
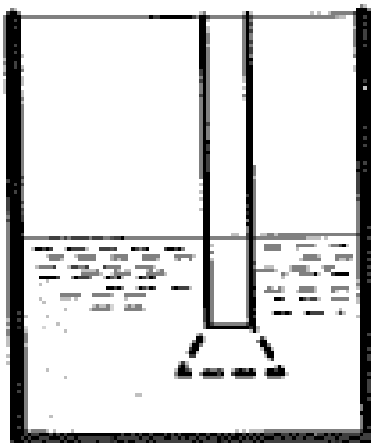


Descarga superior com introdução de ar



Entrada excêntrica causando rotação

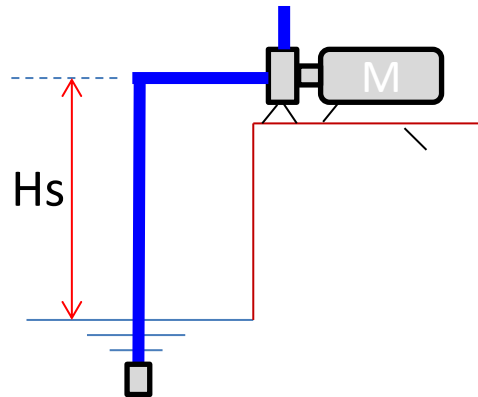
Soluções possíveis



Cavitação

“É a vaporização do fluido que acontece quando a pressão de escoamento diminui, por qualquer motivo, e alcança a pressão de vapor, correspondente a sua temperatura” (Santos, 2007).

Para evitar a cavitação deve-se instalar o conjunto motobomba a uma altura adequada em relação ao nível da água de captação. Tal altura pode ser obtida pela expressão abaixo:



V – velocidade, m/s; g – aceleração da gravidade, m/s².

$$H_{sM\acute{a}x} = P_{atm} - P_v - \Delta H_s - NPSH_r - \frac{V^2}{2 \times g} - \text{Folga}$$

Em que: $H_{s_{m\acute{a}x}}$ – máxima altura de sucção, m; P_{atm} – pressão atmosférica local, mca; P_v – pressão de vapor, mca; ΔH_s – perda de carga na sucção, mca; $NPSH_r$ – net positive suction head (valor positivo da carga de sucção) requerido, mca. Quando não se conhece $NPSH_r$ pode-se usar o coef. Thomas

Rotores danificados pela cavitação



Coeficiente de cavitação de Thomas

$$\sigma_c = 2 \times 10^{-4} \times N_s^{4/3}$$

N_s – rotação específica

$$NPSH_r = H_{man} \times \sigma_c$$

Fonte: Porto (2006) – Hidráulica Básica.

1.8.4 O Coeficiente de Thoma

Na ausência da curva de NPSHr fornecida pelo fabricante, pode-se estimá-lo através do coeficiente de cavitação ou de Thoma, σ , que é definido como:

Coeficiente de Thoma

$$\sigma = \frac{\text{NPSH}_r}{H} \quad (1.43)$$



H = Altura manométrica (m).

NPSH_r = NPSH requerido (m).

N_q = Rotação específica.

k_σ = Coeficiente empírico (Quadro 1.13).

$$\sigma = k_\sigma N_q \quad (1.44)$$

Quadro 1.13 - Valores de k_σ em função do tipo de bomba

Tipo	k_σ
Bombas centrífugas sucção simples	0,0011
Bombas centrífugas sucção dupla	0,0007
Bombas helicoidais e hélico-axiais	0,0013
Bombas axiais	0,0014

Estimando o NPSH_r através do coeficiente de Thoma (σ) e da rotação específica (N_q):

Quando não se dispõe das curvas da bomba, pode-se estimar seu NPSH_r através de σ e N_q , conforme mostrado a seguir:

1. Calcula-se N_q e N_s através das Equações 1.37 e 1.38, respectivamente.

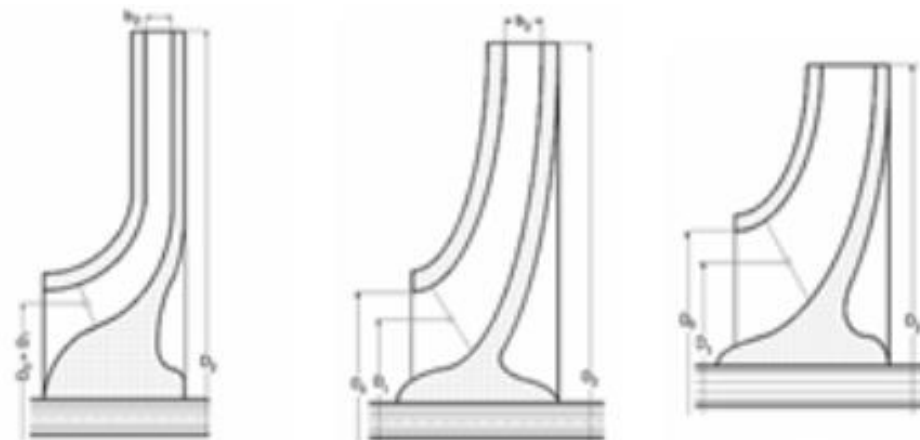
$$N_q = \frac{NQ^{1/2}}{H^{3/4}} \quad \text{e} \quad N_s = 3,65N_q$$

2. Através da Figura 1.24 identifica-se o tipo de bomba.
3. Identificado o tipo de bomba, pelo Quadro 1.13, seleciona-se o coeficiente k_σ .
4. Substitui-se k_σ e N_q na expressão (1.44) e obtém-se σ :

$$\sigma = k_\sigma N_q$$

5. Finalmente, o NPSH pode ser calculado pela Equação (1.43):

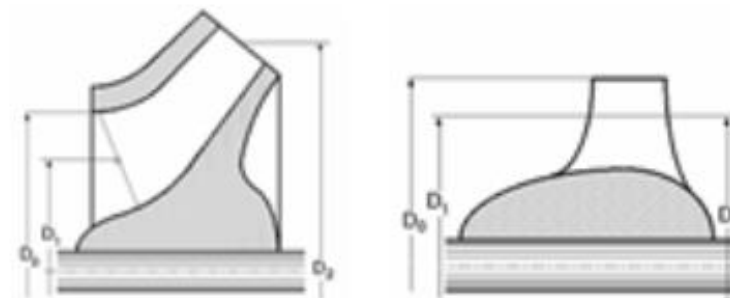
$$\text{NPSH}_r = \sigma H$$



Centrífuga lenta
 $N_s \leq 80$
 $2,2 \leq D_2/D_1 \leq 3,5$

Centrífuga normal
 $80 \leq N_s \leq 150$
 $1,8 \leq D_2/D_1 \leq 2,2$

Centrífuga rápida
 $150 \leq N_s \leq 365$
 $1,3 \leq D_2/D_1 \leq 1,8$



Hélicocentrífuga
 $365 \leq N_s \leq 547$
 $1,1 \leq D_2/D_1 \leq 1,3$

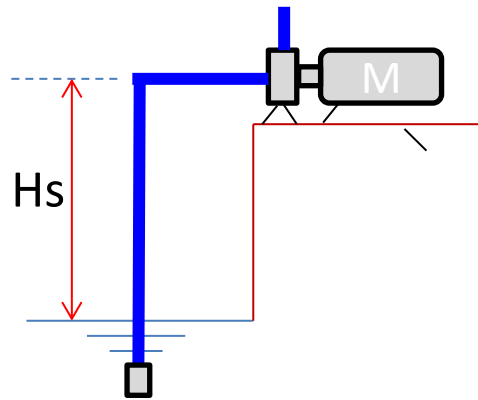
Hélice
 $547 \leq N_s \leq 1095$
 $D_2/D_1 = 1$

Figura 1.24 - Forma dos rotores em função da velocidade específica e relação de seus diâmetros (saída/entrada) em unidades métricas, N_s

Cavitação

$$H_{S_{Máx}} = P_{atm} - P_v - \Delta H_s - \frac{V^2}{(2 \times g)} - NPSH_r - \text{Folga}$$

$$NPSH_d = P_{atm} - P_v - \Delta H_s - H_s - V^2/(2 * g) - \text{Folga}$$



g – aceleração da gravidade, m/s^2 ; V – velocidade, m/s .

Em que: $H_{s_{máx}}$ – máxima altura de sucção, m; P_{atm} – pressão atmosférica local, mca; P_v – pressão de vapor, mca; ΔH_s – perda de carga na sucção, mca; $NPSH_r$ – net positive suction head (valor positivo da carga de sucção) requerido, mca. $NPSH_d$ – disponível, mca; **Folga $\approx 0,50$ m.**

Ex. Determine $H_{máx}$:

Local: Petrolina/PE

$T_{máx.} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

Alt. = 420 m

$Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

$D = 97,60 \text{ mm}$

$NPSH_r = 2,50 \text{ mca}$

$L_{sucção} = 12,50 \text{ m}$

Folga = 50 cm.

Consultar as tabelas seguintes para obtenção de P_{atm} e P_v

Pressão atmosférica e tensão de vapor

Fórmulas:

$$P = 101,3 \times \left[\frac{(293 - 0,0065 \times Z)}{293} \right]^{5,26}$$

$$P_v = 0,6108 \times e^{\left[\frac{17,27 \times T}{(T+237,3)} \right]}$$

Fonte: Sousa (2012). PROCAL_ETo.

Em que:

P – Pressão atmosférica, kPa

Z – Altitude, m

P_v – Pressão de vapor, kPa

T – Temperatura, °C (média).

Nota: A T_{máx} pode ser adotada por segurança.

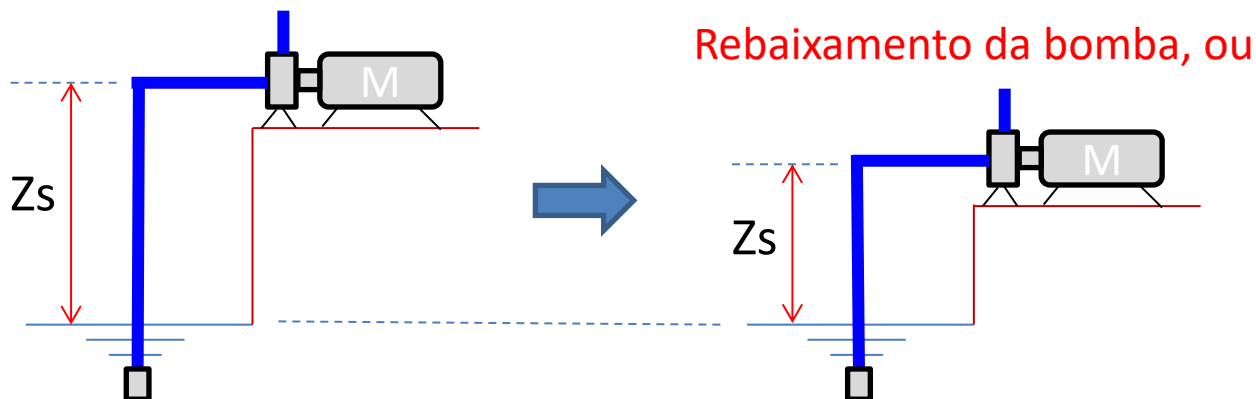
Altitude	Pressão atmosférica		Temp.	Tensão vapor	
	m	kPa		mca	°C
0	101,30	10,33	0	0,61	0,06
100	100,12	10,21	5	0,87	0,09
200	98,96	10,09	10	1,23	0,13
300	97,80	9,97	15	1,71	0,17
400	96,66	9,85	20	2,34	0,24
420	96,43	9,83	25	3,17	0,32
500	95,53	9,74	30	4,24	0,43
600	94,41	9,62	35	5,62	0,57
700	93,29	9,51	40	7,38	0,75
800	92,19	9,40	45	9,58	0,98
900	91,10	9,29	50	12,34	1,26
1.000	90,02	9,18	60	19,93	2,03
1.500	84,78	8,64	70	31,22	3,18
2.000	79,79	8,13	80	47,52	4,85
2.500	75,04	7,65	90	70,52	7,19
3000	70,51	7,19	100	102,22	10,42

Cavitação

$$NPSH_d = P_{atm} - P_v - \Delta H_s - H_s - V^2/2g - \text{Folga}$$

Para evitar a cavitação o
 $NPSH_d > NPSH_r$

Em caso de cavitação



Em que: $NPSH_d$ – disponível; $NPSH_r$ – requerido, mca; P_{atm} – pressão atmosférica local, mca; P_v – pressão de vapor, mca; ΔH_s – perda de carga na sucção, mca; H_s – altura de sucção, m;

Em caso de cavitação o rebaixamento da motobomba pode ser uma solução simples. O aumento do diâmetro da tubulação ou a redução das vazões bombeadas também podem ajudar.

Outra solução seria inserir rotores indutores extras no eixo do(s) rotor(es) principal(is). Maiores detalhes desta alteração em Santos (2007) – Bombas e Instalações Hidráulicas.

Defeitos no bombeamento
possíveis causas

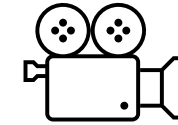
Defeitos no bombeamento

possíveis causas

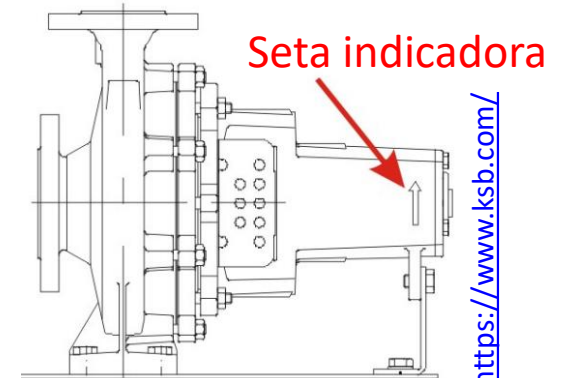
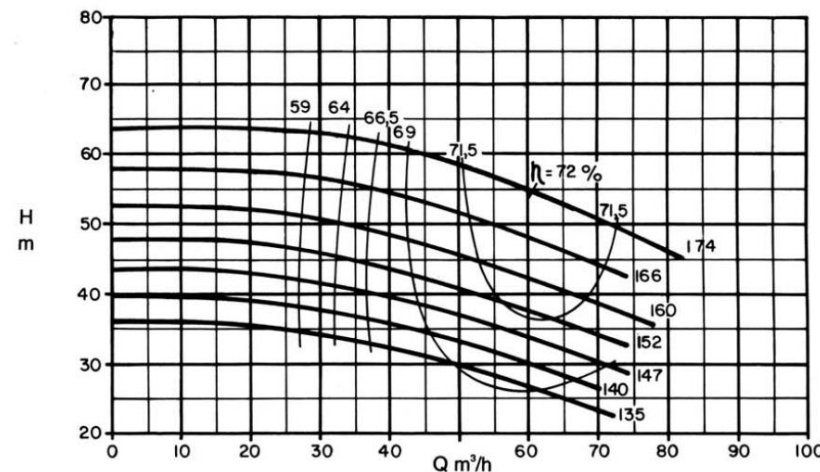
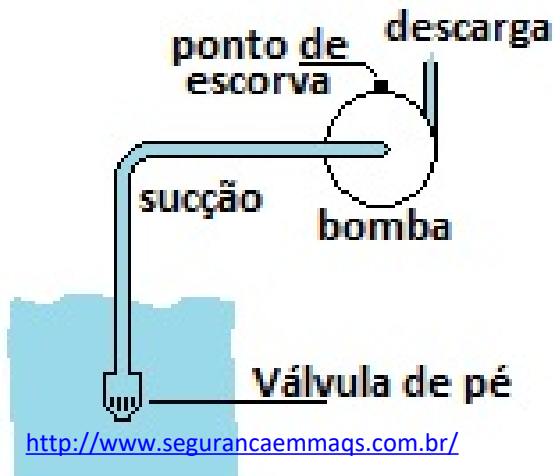
Se o líquido não é recalcado

- a bomba pode não estar escorvada (ar ou gás na sucção);
- a rotação pode estar abaixo da especificada;
- a altura manométrica é superior à prevista;
- a altura de sucção está acima da permitida;
- o rotor pode estar completamente entupido;
- o rotor ou engrenagens podem estar rodando em sentido contrário;
- a tubulação de sucção está obstruída;
- a válvula de segurança (se houver) está desajustada ou aberta, pela presença de um material estranho.

Identificação sentido do giro do rotor



<https://www.youtube.com/watch?v=mMYd6SBpZSA>



Sentido correto da rotação –
comumente sentido horário
vendo de trás do motor.

Defeitos no bombeamento

possíveis causas

Se o líquido recalcado é insuficiente

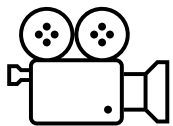
- existe entrada de ar na tubulação de sucção ou na caixa de gaxetas;
- a rotação está abaixo da especificada;
- a altura manométrica é superior à prevista;
- a altura de sucção está acima da permitida;
- o rotor está parcialmente obstruído;
- a válvula-de-pé está obstruída;
- a válvula-de-pé ou extremidade da sucção está pouco imersa no líquido;
- o engaxetamento tem defeito;
- a tubulação de sucção está parcialmente obstruída;
- o líquido bombeado está com viscosidade acima da prevista.



Pedras
no
rotor



Retirado e limpeza do
rotor da motobomba



<https://www.youtube.com/watch?v=ogDu1L9QJIQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=cUldLeFltsY>

Defeitos no bombeamento

possíveis causas

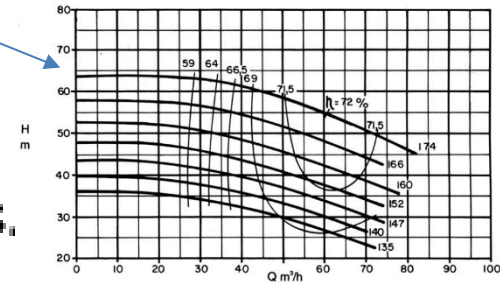


Defeitos no bombeamento

possíveis causas

Se a pressão é insuficiente

- a) a rotação está abaixo da especificada;
- b) pode haver ar ou gases no líquido (na tubulação ou na bomba);
- c) os anéis de vedação estão demasiadamente gastos;
- d) o rotor está avariado ou com diâmetro pequeno;
- e) o engaxetamento está defeituoso;
- f) as engrenagens gastas ou com folgas demasiadas.



Se a bomba funciona por algum tempo e depois perde a sucção

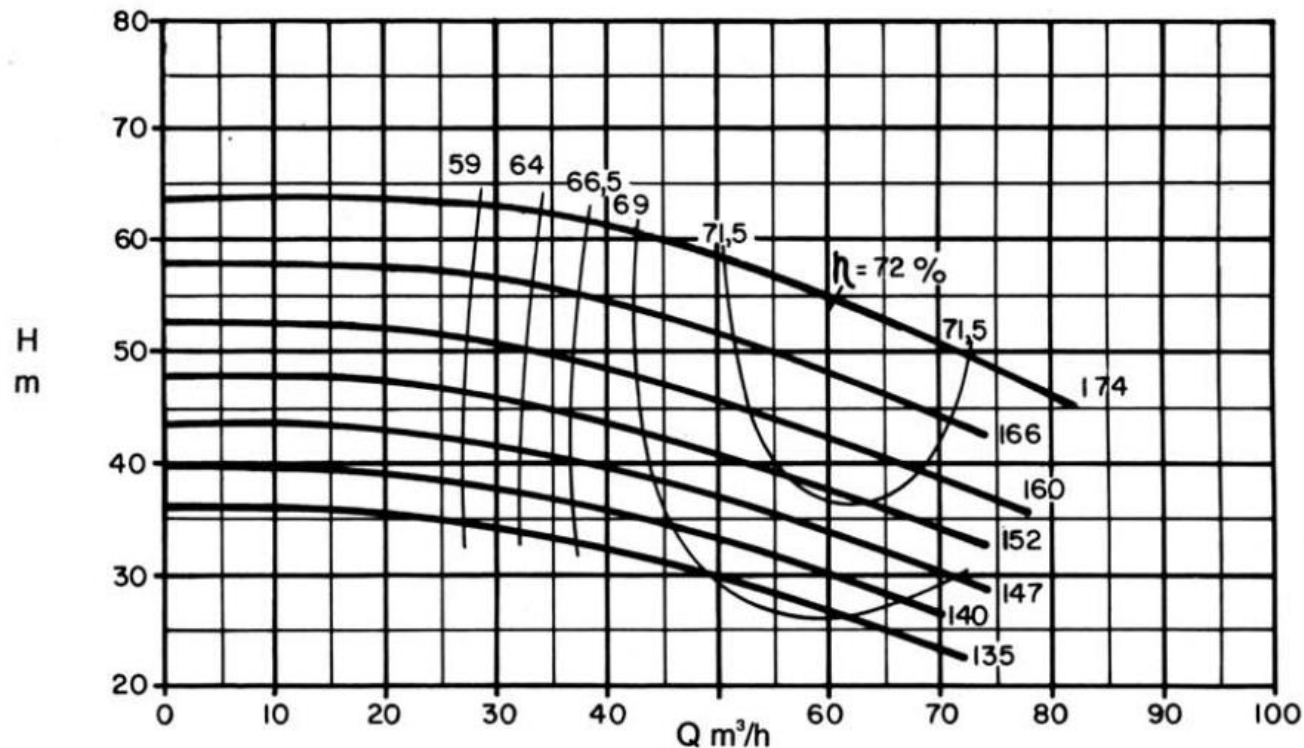
- a) há vazamento na linha de sucção;
- b) há entupimento parcial na linha de sucção;
- c) a altura de sucção está acima da permitida;
- d) existe ar ou gases no líquido, na linha de sucção ou na caixa das gaxetas.

Defeitos no bombeamento

possíveis causas

Se a bomba sobrecarrega o motor

- a rotação está muito alta; \longrightarrow Efeito Joule.
- a altura manométrica é inferior à prevista (vazão cresce);
- o líquido tem peso específico ou viscosidade superior à prevista;
- há defeitos mecânicos, tais como: eixo torto, engrupamento das partes rotativas, rolamento defeituoso, gaxetas muito apertadas, etc.



Extra - Escolha da bitola de fios

Exemplo: é necessário fio com bitola de 10 mm² para motor trifásico de 10 cv distanciado de 50 m do quadro de força.

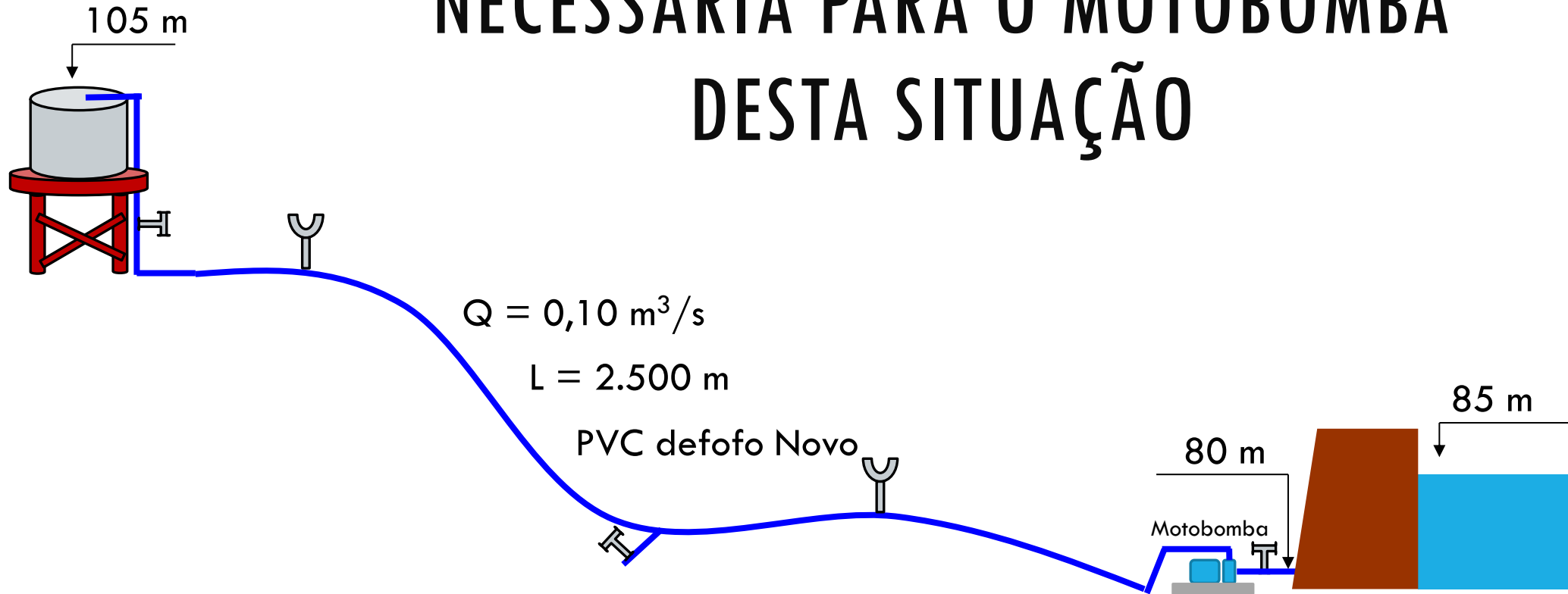
Bitolas de fios condutores de COBRE, para ligação de motores elétricos TRIFÁSICOS, admitindo queda máxima de tensão de 4%, conforme NBR 5410.		Distância do motor ao quadro geral de distribuição (m)															
Tensão da rede (V)	Potência do motor (cv)	10	20	30	40	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
		Bitola do fio condutor (mm ²)															
220	1/3, 1/2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	10	16
	3/4, 1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	6	10	10	10	10	16	16
	1,5, 2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	10	10	16	16	16	16	25	25
	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	25	25	35
	4	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	25	35	35	50
	5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	10	16	16	25	25	35	35	35	50	50
	7,5	2,5	2,5	4	6	6	10	16	25	25	35	35	50	50	70	70	95
	10	6	6	6	6	10	16	16	25	35	50	50	70	70	95	95	120
	12,5	6	6	6	10	10	16	25	35	50	50	70	70	95	120	120	150
	15	10	10	10	10	10	16	25	35	50	70	70	95	120	120	150	185
	20	16	16	16	16	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	240	400
	25	25	25	25	25	25	35	35	70	95	120	150	185	240	300	400	-
	30	25	25	25	25	25	35	50	70	120	150	185	240	300	400	500	-
	40	50	50	50	50	50	50	70	120	185	240	400	500	-	-	-	-
	50	70	70	70	70	70	70	70	95	150	240	400	500	-	-	-	-
380	1/3, 1/2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	4
	3/4, 1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	4	6
	1,5, 2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	6	10
	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	10
	4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	6	10	10	10	10	16	16
	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	10	10	10	10	16	16	16
	7,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	10	10	16	16	16	25	25	25
	10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	10	10	16	16	25	25	25	25	35
	12,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	6	10	16	16	25	25	25	35	35	50
	15	4	4	4	4	4	6	10	10	16	25	25	25	35	35	35	50
	20	6	6	6	6	6	10	10	16	25	25	35	35	50	50	70	70
	25	10	10	10	10	10	10	16	25	25	35	35	50	70	70	95	95
	30	10	10	10	10	10	10	16	25	35	35	50	70	70	95	120	185
	40	16	16	16	16	16	16	25	35	50	70	70	95	95	120	120	185
	50	25	25	25	25	25	25	25	35	70	70	95	120	120	150	185	240

- Para certificar-se da correta instalação elétrica do motor, consulte um profissional especializado.

<https://schneider.ind.br/>

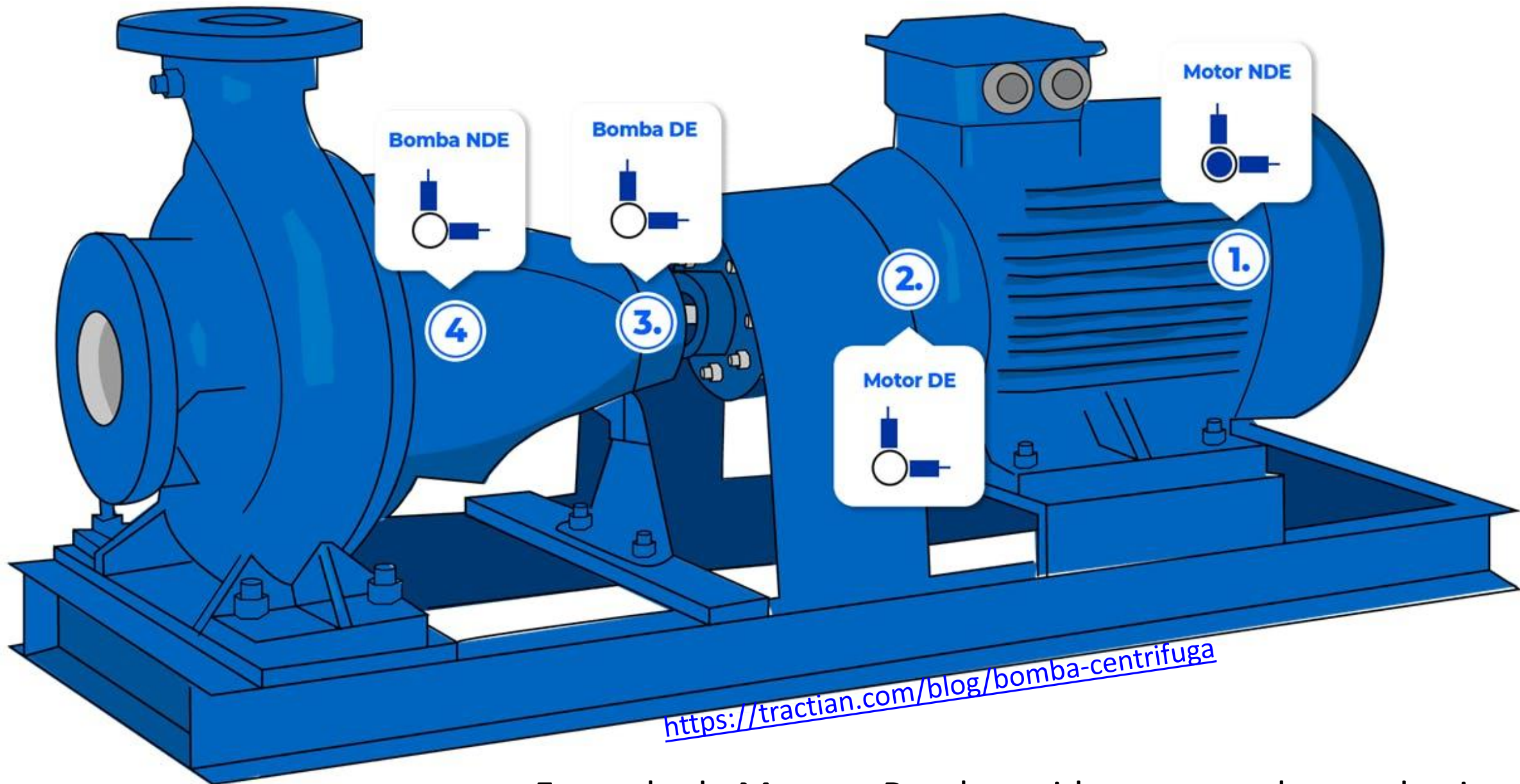


EXERCÍCIO: CALCULAR A POTÊNCIA NECESSÁRIA PARA O MOTOBOMBA DESTA SITUAÇÃO



Fim





Exemplo de Motor e Bomba unidos por acoplagem de eixos.

Exemplo de motobomba

Plaqueta de
identificação do
motor



Será mostrada
nos slides
seguintes

Antes veremos
um motor

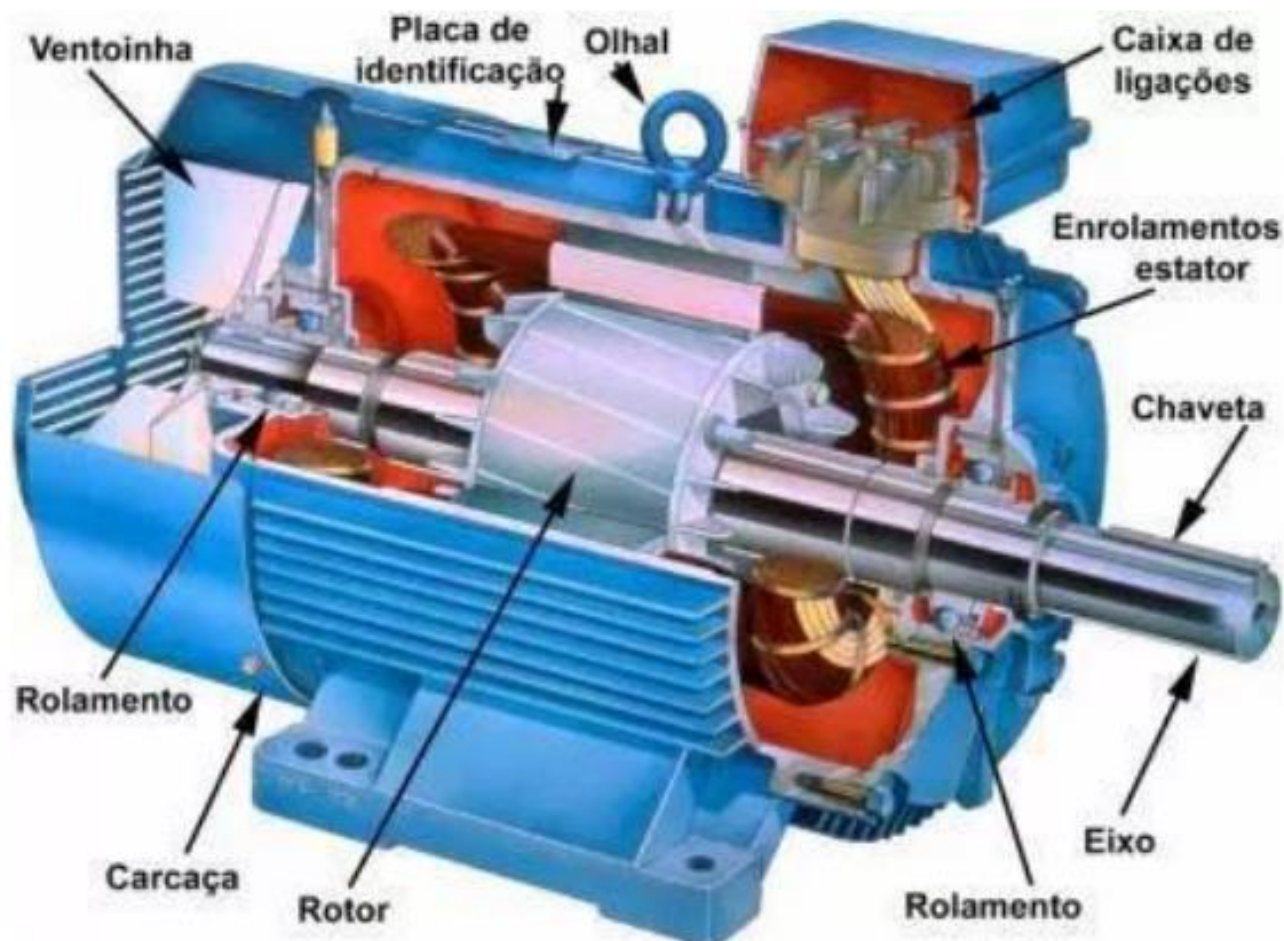


Plaqueta de
identificação da
bomba

https://www.meritocomercial.com.br/bomba-centrifuga-schneider-bc-21-r-2-5-cv-trifasica-220v380v440v760v-20320084331-p1022511?tsid=42&gclid=CjwKCAjw5P2aBhAlEiwAAAdY7dFkK-ki7LIY1FmbH_3gt9S1Rle-mXdr5ISiG8BlwfX6WzlwycW9oBoC10IQAvD_BwE

Detalhes de um motor

[LOM3203-1F1-2019: Motor Elétrico](#)



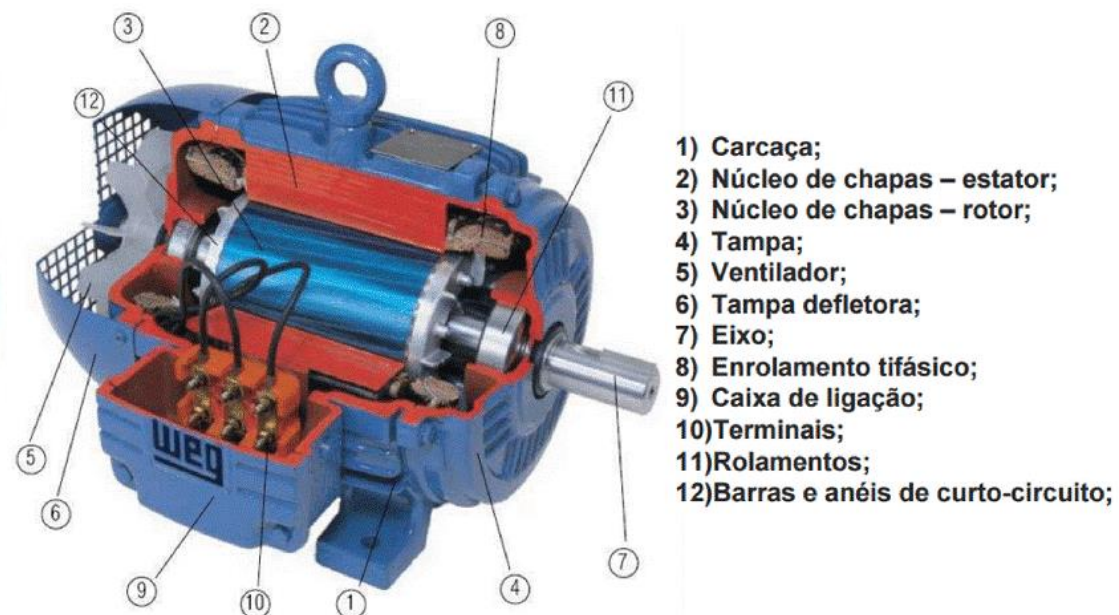
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4566615/mod_resource/content/1/A2%20Motor%20El%C3%A9trico.pdf

Motor Weg -

<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/>

Motor Siemes -

<https://www.siemens.com/br/pt/produtos/d rives/motores.html>



<https://souzabombas.com.br/motor-trifasico/>

Sobre o grau (ou índice) de proteção

Categorias n
motores elé

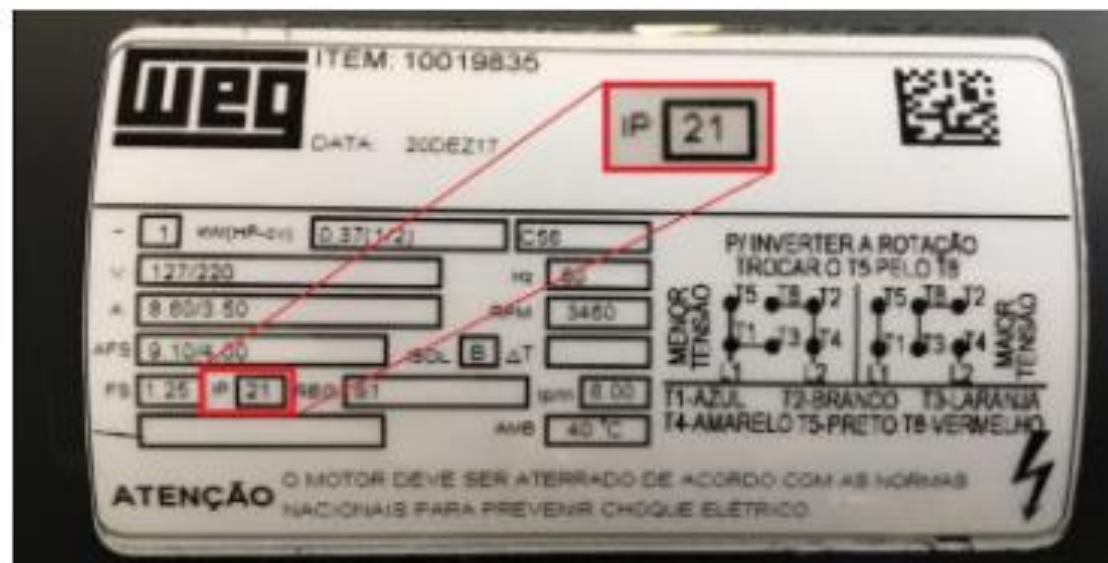
> IP 21: mo

> IP 44: mo

> IP 55 ou

IP

O grau IP é informado na plaqueta do motor, é uma informação obrigatória:



Placa de informações do motor WEG monofásico

Esse tipo de informação é muito útil para saber se o motor estará de acordo para trabalhar nas condições do serviço. Por exemplo, um equipamento para trabalhar em uma serralheria com IP21 não é uma boa ideia, pois poderá entrar muito pó de madeira dentro da carcaça, dificultando a troca de calor e contribuindo para a queima do motor.

Da mesma forma que um compressor de um consultório odontológico não precisa de um motor com IP55, pois isso só deixará o equipamento mais caro desnecessariamente.

Fonte:

<https://blog.kimotor.com.br/ip-grau-de-protecao/>

dígito mostra
proteção
dos



8

Protegido contra a
imersão contínua em
água

Medida de Elevação de Temperatura do Enrolamento

- É muito difícil medir a temperatura do enrolamento com termômetros ou termopares, pois a temperatura varia de um ponto a outro e nunca se sabe se o ponto da medição está próximo do ponto mais quente.
- O método mais confiável de se medir a temperatura de um enrolamento é através da variação de sua resistência ôhmica com a temperatura.
- Fórmula ao lado:

$$\Delta t = t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

onde: Δt = é a elevação de temperatura;
 t_1 = a temperatura do enrolamento antes do ensaio, praticamente igual a do meio refrigerante, medida por termômetro;
 t_2 = a temperatura dos enrolamentos no fim do ensaio;
 t_a = a temperatura do meio refrigerante no fim do ensaio;
 R_1 = Resistência do enrolamento antes do ensaio;
 R_2 = Resistência do enrolamento no fim do ensaio.

Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevação de temperatura (método da resistência)	°C	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4566615/mod_resource/content/1/A2%20Motor%20El%C3%A9trico.pdf

 ALTO Plus RENDIMENTO 			
~ 3 132S 25MAR04 BM20035			
MOTOR INDUCAO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz 60	CAT N
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760	
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K	lp/ln 7.8
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A	
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
REND.%= 91.0		COSφ= 0.82	SFA
			
 → 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM → 6207-ZZ		64 Kg	
 PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO			

Nas duas primeiras fileiras encontram-se informações sobre a natureza do motor elétrico:

1	~ 3 132S	25MAR04	BM20035
	MOTOR INDUCAO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE	Hz 60	CAT N

① Tipo de ligação (~3)

Indica se o motor é trifásico (~3) ou monofásico (~1)

② Tipo de carcaça (132 S)

Indica a carcaça em que o motor foi montado, esta informação é importante para verificar se as dimensões físicas de fixação da base ou flange estão de acordo com o esperado

③ Data de fabricação e lote (25/MAR/04 BM20035)

Informa quando o motor foi fabricado e o lote do fabricante

④ Tipo de motor (Motor de Indução - Gaiola)

Este é o tipo de motor que você verá em praticamente qualquer bomba, compressor, lavadoras e equipamentos em geral

⑤ Frequência elétrica (60Hz)

Indica a frequência de operação, no Brasil toda a rede elétrica é estruturada em 60Hz, no Paraguai é 50Hz, por exemplo.

⑥ Categoria (N)

Categoria do conjugado de partida do motor.

Em outras palavras, indica para que tipo de máquina é indicado o motor. A maioria dos motores encontrados no mercado é categoria N, que seria o tipo de partida normal.

Equipamentos com uma inércia de partida muito grande, como elevadores, utilizam a categoria D geralmente. Existe diversos tipos de categoria, você pode encontrar mais informações [nesse post](#).

WEG ALTO *Plus* RENDIMENTO **CE** NBR7094

1 ~ 3 132S 25MAR04 BM20035

MOTOR INDUCAÇÃO - CAIXOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N

2 kW(HP-cv) 7.5(10) RPM min⁻¹ 1760

TS SF 1.15 ISOL INSL B Δ† K lp/ln 7.8 IP55

220/380/440 V 26.4/15.3/13.2 A

3 REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m

REND.%= 91.0 COSφ= 0.82 SFA

4 220 V 380 V 440 V

Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

5 → 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg

→ 6207-ZZ

00293 **PROCEL** NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO **INMETRO**

Estas informações organizam os dados elétricos e de funcionamento do motor.

kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ† K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A

⊙ **Potência 7,5 (10)**

Esta é a potência disponível na ponta do eixo do motor.

O valor de fora é exibido em kW (quilo Watts) e o valor em parênteses indica a potência em CV ou HP (vulgo "cavalos").

$$1 \text{ CV} = 735 \text{ W} = 0,735 \text{ kW}$$

⊙ **Rotação (1760)**

Rotações por minuto (rpm) indica quantos giros o motor dá em 1 minuto, neste caso 1760rpm.

As opções mais comuns de rotação são:

- 2 Polos: rotação aproximada de 3550 rpm
- 4 Polos: rotação aproximada de 1750 rpm
- 6 Polos: rotação aproximada de 1150 rpm
- 8 Polos: rotação aproximada de 850 rpm

Comercialmente os modelos 6 e 8 polos são considerados motores de aplicação especial, são mais difíceis de encontrar e bem mais caros, ao passo que os modelos de 2 e 4 polos são os mais comuns de mercado sendo popularmente chamados de alta rotação (2 polos) e baixa rotação (4 polos)

 ALTO RENDIMENTO 		
~ 3 132S 25MAR04 BM20035		
MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		
Hz	60	CAT N
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760
FS SF 1.15	ISOL INSL B Δ† K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A
REG DUTY S1	MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
REND.%= 91.0	COSφ= 0.82	SFA
		
 → 6308-ZZ  → 6207-ZZ		MOBIL POLYREX EM 64 Kg
 PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO		

Estas informações organizam os dados elétricos e de funcionamento do motor.

kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760
FS SF 1.15	ISOL INSL B Δ† K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A

⦿ Fator de Serviço (1,15)

FS (Fator de Serviço) ou SF (Service Factor) indica em quanto o motor pode trabalhar acima da potência nominal, neste caso 1,15 (15% a mais), ou seja, este motor pode trabalhar oferecendo uma potência de até:

$$7,5CV \times 1,15 = 8,6CV \text{ de potência}$$

Esse não é um regime de operação que deve funcionar sempre, apenas em eventualidades. Nos motores em que o FS é 1,00 não se deve exceder a potência nominal sob o risco de queima das bobinas.

⦿ Classe de Isolamento (B K)

Indica qual a temperatura máxima que os isolantes elétricos do motor pode suportar.

No caso da categoria B esta temperatura é de 130°C. A categoria é selecionada de acordo com as condições em que o motor deverá operar.

WEG ALTO *Plus* RENDIMENTO **CE** NBR7094

~ 3 132S 25MAR04 BM20035

MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N

kW(HP-cv) 7.5(10) RPM min⁻¹ 1760

TS SF 1.15 ISOL INSL B Δ† K lp/lh 7.8 IP55

220/380/440 V 26.4/15.3/13.2 A

REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m

REND.%= 91.0 COSφ= 0.82 SFA

220 V 380 V 440 V

Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg

6207-ZZ

00293 **PROCEL** NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO **INMETRO**

Estas informações organizam os dados elétricos e de funcionamento do motor.

kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760	
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K lp/lh 7.8	IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A	

CLASSE DE ISOLAMENTO	A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	40	40	40	40	40
Δt = Elevação de Temperatura (método de resistência)	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	5	5	10	10	15
Total: Temperatura do ponto mais quente	105	120	130	155	180

<https://eletricaparaconcursos.wordpress.com/2016/06/10/classe-de-isolamento/>

A temperatura nos enrolamentos pode ser obtida da relação entre a resistência ôhmica com a temperatura. Equação no anexo.

 ALTO Plus RENDIMENTO 		
~ 3 132S 25MAR04 BM20035		
MOTOR INDUCAO - CAIOLA / INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		
Hz	60	CAT N
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760
FS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K Ip/In 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A
REG DUTY S1	MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
REND.%= 91.0	COSφ= 0.82	SFA
		
 → 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM → 6207-ZZ		64 Kg
 PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO		

Estas informações organizam os dados elétricos e de funcionamento do motor.

kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760
FS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K Ip/In 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A

⊙ **Fator de Serviço (1,15)**

FS (Fator de Serviço) ou SF (Service Factor) indica em quanto o motor pode trabalhar acima da potência nominal, neste caso 1,15 (15% a mais), ou seja, este motor pode trabalhar oferecendo uma potência de até:

$$7,5CV \times 1,15 = 8,6CV \text{ de potência}$$

Esse não é um regime de operação que deve funcionar sempre, apenas em eventualidades. Nos motores em que o FS é 1,00 não se deve exceder a potência nominal sob o risco de queima das bobinas.

⊙ **Classe de Isolamento (B K)**

Indica qual a temperatura máxima que os isolantes elétricos do motor pode suportar. No caso da categoria B esta temperatura é de 130°C. A categoria é selecionada de acordo com as condições em que o motor deverá operar.

⊙ **Corrente de pico (Ip/In 7.8)**

Indica quantas vezes a corrente de pico (Ip) é maior que a corrente nominal (In), neste caso a corrente de pico é 7,8x maior que a corrente nominal. Esta corrente é atingida na partida do motor.

WEG ALTO *Plus* RENDIMENTO **CE** NBR7094

~ 3 132S 25MAR04 BM20035

MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N

kW(HP-cv) 7.5(10) RPM min⁻¹ 1760

TS SF 1.15 ISOL INSL B Δ† K lp/ln 7.8 IP55

220/380/440 V 26.4/15.3/13.2 A

REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m

REND.η= 91.0 COSφ= 0.82 SFA

220 V 380 V 440 V

Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

→ 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg
→ 6207-ZZ

00293 **PROCEL** NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO **INMETRO**

Estas informações organizam os dados elétricos e de funcionamento do motor.

kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760	
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A	

⊕ **Grau de Proteção IP (IP 55)**

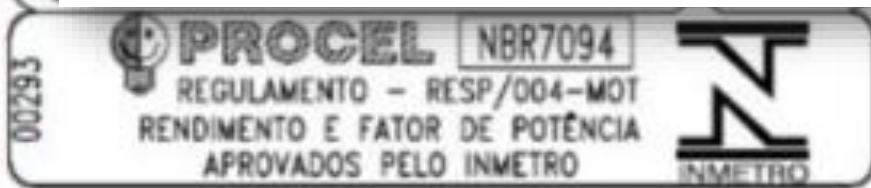
IP (Índice de Proteção) é o tipo de proteção a entrada de material sólido e água dentro do motor, temos um post só sobre isso, você pode acessar [clikando aqui](#).



~ 3 132S 25MAR04 BM20035
MOTOR INDUCAO - CAIXA INDUCTION MOTOR-SOLIBREI CAGE Hz 60 CAT N

Categorias normalmente encontradas em motores elétricos mono e trifásicos:

- IP 21: motor aberto
- IP 44: motor fechado
- IP 55 ou IP 56: motor blindado



Estas informações organi:

IP

O primeiro dígito mostra o nível de proteção contra objetos sólidos

O segundo dígito mostra o nível de proteção contra líquidos

Dígito	Descrição	Ícone
0	Sem Proteção	
1	Protegido contra objetos sólidos até 50mm	
2	Protegido contra objetos sólidos até 12mm	
3	Protegido contra objetos sólidos até 2.5mm	
4	Protegido contra objetos sólidos até 1mm	
5	Protegido contra poeira, entrada limitada	
6	Total proteção contra poeira	
0	Sem Proteção	
1	Protegido contra gotas que caem na vertical	
2	Protegido contra gotas verticais com corpo inclinado a 15°	
3	Protegido contra borriço de água	
4	Protegido contra jorro de água	
5	Protegido contra jatos de água	
6	Protegido contra jatos potentes de água	
7	Protegido contra imersão temporária em água de até 1 metro por 30 minutos	
8	Protegido contra a imersão contínua em água	

o motor,

WEG ALTO *Plus* RENDIMENTO **CE** NBR7094

~ 3 132S 25MAR04 BM20035

MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N

kW(HP-cv) 7.5(10) RPM min⁻¹ 1760

TS SF 1.15 ISOL INSL B Δ† K lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V 26.4/15.3/13.2 A

REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m

REND.η= 91.0 COSφ= 0.82 SFA

220 V 380 V 440 V

Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg
6207-ZZ

00293 **PROCEL** NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO **INMETRO**

Estas informações organizam os dados elétricos e de funcionamento do motor.

kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760	
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A	

⊙ **Grau de Proteção IP (IP 55)**

IP (Índice de Proteção) é o tipo de proteção a entrada de material sólido e água dentro do motor, temos um post só sobre isso, você pode acessar [clikando aqui](#).

⊙ **Faixa de tensão de operação (220 / 380 / 440 V)**

Esta são as tensões em que este motor pode ser ligado.

⊙ **Corrente nominal de operação (26.4 / 15.6 / 13.2 A)**

E estas são as respectivas correntes para cada tensão informada acima.

Por exemplo: em 380V a corrente do motor será de 15,6A

$$I_n[A] = \frac{Pot [W]}{(tensão [V] \times \sqrt{N^\circ \text{ de fases}} \times \cos\phi \times \eta)}$$

$$I_n[A] = \frac{7500 W}{(220 V \times \sqrt{3} \times 0,82 \times 0,91)} = 26,4 A$$

WEG ALTO *Plus* RENDIMENTO **CE** NBR7094

~ 3 132S 25MAR04 BM20035

MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N

kW(HP-cv) 7.5(10) RPM min⁻¹ 1760

TS SF 1.15 ISOL INSL B Δ† K lp/ln 7.8 IP55

220/380/440 V 26.4/15.3/13.2 A

REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m

REND.%= 91.0 COSφ= 0.82 SFA

220 V 380 V 440 V

Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

→ 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg
→ 6207-ZZ

00293 **PROCEL** NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO **INMETRO**

Aqui você encontra as condições de operações do motor

3

REG DUTY S1	MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
REND.%= 91.0	COSφ= 0.82	SFA

⊙ Regime de Operação (S1)

Indica o tempo e a frequência de partidas a que o motor pode funcionar.

O regime S1 é indicado para equipamentos que acionam e ficam um tempo ligado antes de desligar e ligar novamente, como os compressores.

⊙ Temperatura Ambiente Máxima (40°C)

Instalar o motor em um local com temperatura superior a informada fará com que sua ventilação fique comprometida, desencadeando um sobreaquecimento e posterior queima do motor.

⊙ Altitude Máxima de Funcionamento (1000m)

A altitude está associado a quantidade de ar disponível, altitudes mais altas tem menos ar (rarefação do ar) e portanto menor quantidade de ar que o ventilador do motor pode prover para esfriá-lo. Instalar em altitudes superior ao indicado poderá surtir os mesmo efeitos que instalar em um local mais quente que o permitido, pois não haverá troca de calor o suficiente para manter o motor refrigerado, podendo levá-lo à queima por sobrecarga térmica.

O regime de operação vai do S1 até o S10 e após ainda existem regimes especiais. Ver: [LOM3203-1F1-2019: Motor Elétrico](#). Normalmente o S1 é usado para fins de irrigação (carga constante durante o tempo inteiro de funcionamento).

 ALTO Plus RENDIMENTO 			
~ 3 132S 25MAR04 BM20035			
MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		Hz 60	CAT N
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ⁻¹ 1760	
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ†	K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A	
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
REND.%= 91.0		COSφ= 0.82	SFA
			
 → 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM → 6207-ZZ		64 Kg	
 PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO			

Aqui você encontra as condições de operações do motor

3	REG DUTY S1	MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
	REND.%= 91.0	COSφ= 0.82	SFA

⊕ **Rendimento ou eficiência (% = 91.0)**

O motor sempre consome mais energia do que ele consegue entregar, o rendimento indica o quão bem ele consegue transformar essa energia.

O motor do exemplo tem 10kW e eficiência de 91%, significa que:

Potência que ele consumiu = $10\text{kW} / 0,91 = 10,9\text{kW}$

Ele consome 10,9kW de potência elétrica para entregar 10kW de potência mecânica no eixo, o restante é dissipado como calor, vibração e ruídos.

⊕ **Fator de Potência (cosφ = 0,82)**

FP (Fator de Potência) indica o quanto de energia as bobinas do motor precisam recircular para manter o campo magnético, na prática significa que o motor puxa uma corrente maior do que a que ele realmente consome para manter o campo magnética ativo. Esta corrente adicional não é consumida e, portanto, não é contabilizada no consumo de energia elétrica, porém é importante para fazer a correção do fator de potência na instalação elétrica.

 ALTO Plus RENDIMENTO 		
~ 3 132S 25MAR04 BM20035		
MOTOR INDUCAO - CAIOLA / INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE		
Hz	60	CAT N
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ¹ 1760
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ† K	lp/ln 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A
REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m		
REND.%= 91.0		COSφ= 0.82 SFA
		
Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA		
 → 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM → 6207-ZZ		64 Kg
 PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO		

Aqui você encontra as condições de operações do motor

3	REG DUTY S1	MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
	REND.%= 91.0	COSφ= 0.82	SFA

O cálculo de potência para motores trifásico é dado por:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \phi * \eta$$

P de potência mecânica (a informada na placa): 7,5 kW

U de tensão de alimentação: 220V

I de corrente na tensão informada: 26,4A

cosφ do fator de potência: 0,82

η de rendimento ou eficiência: 91% = 0,91

Para o motor do exemplo a conta fica:

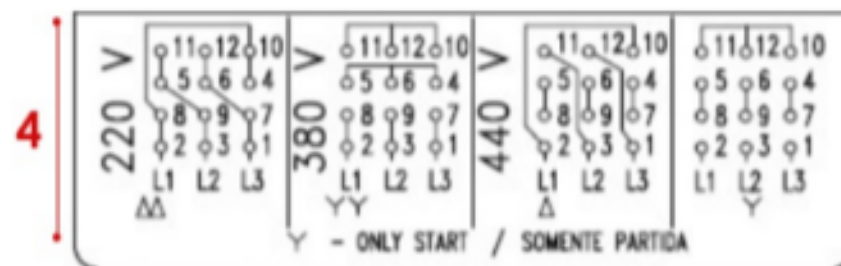
$$P = \sqrt{3} * 220 * 26,4 * 0,82 * 0,91$$

$$P = 7.506W \text{ ou } 7,5kW$$

Casando exatamente com o valor informado na placa de 7,5kW ou 10CV. Esta é uma fórmula especialmente útil para descobrir um dos valores quando se tem os demais.

 ALTO Plus RENDIMENTO 		
~ 3 132S 25MAR04 BM20035		
MOTOR INDUCAO - CAIOLA / INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N		
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min ¹ 1760
TS SF 1.15	ISOL INSL B Δ† K	lp/lm 7.8 IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C ALT 1000 m
REND.%= 91.0 COSφ= 0.82		SFA
		
 → 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM		64 Kg
 → 6207-ZZ		
00293  PROCEL NBR7094		
REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO		
		

O esquema de ligação elétrica do motor mostra como os cabos de saída do motor devem ser ligados para operar na tensão informada.



Em motores monofásicos é comum encontrar apenas a indicação de “tensão menor” e “tensão menor” indicando ser 110V ou 220V, por exemplo.

As letras L1, L2, L3 indicam as linhas de entrada, ou seja, onde os cabos da energia elétrica trifásica deverão ser ligados.

As letras Y e Δ indicam o tipo de ligação:

Y = ligação estrela / YY = dupla estrela

Δ = ligação triângulo / ΔΔ = duplo triângulo

Estes esquemas de ligação são especialmente importante para reduzir o efeito do pico de corrente na partida.

O motor do exemplo conta com 12 pontas de saída, mas é possível ter apenas 6 ou até mesmo 3 fios na saída em motores monofásico que vão operar apenas em uma tensão.

WEG ALTO *Plus* RENDIMENTO **CE** NBR7094

~ 3 132S 25MAR04 BM20035

1 MOTOR INDUCAO - CAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE Hz 60 CAT N

2 kW(HP-cv) 7.5(10) RPM min¹ 1760

TS 1.15 ISOL INSL B Δ† K lp/ln 7.8 IP55

220/380/440 V 26.4/15.3/13.2 A

3 REG DUTY S1 MAX AMB 40°C ALT 1000 m

REND.η= 91.0 COSφ= 0.82 SFA

4

220 V 380 V 440 V

11 12 10 5 6 4 8 9 7 2 3 1 L1 L2 L3 Δ

11 12 10 5 6 4 8 9 7 2 3 1 L1 L2 L3 Y Y

11 12 10 5 6 4 8 9 7 2 3 1 L1 L2 L3 Δ

11 12 10 5 6 4 8 9 7 2 3 1 L1 L2 L3 Y

Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

5

→ 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg

→ 6207-ZZ

00293

PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO

INMETRO

→ 6308-ZZ MOBIL POLYREX EM 64 Kg

→ 6207-ZZ

00293

PROCEL NBR7094 REGULAMENTO - RESP/004-MOT RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO

INMETRO

O rodapé da placa exibe o tipo de rolamento utilizado nos mancais do motor, no exemplo:

- Rolamento dianteiros: 6308 ZZ
- Rolamento traseiro: 6207 ZZ

O tipo de graxa para lubrificar os mancais, no exemplo:

- Mobil Polyrex EM

O peso do motor: 64kg

E o selo da Inmetro da portaria de eficiência energética e a respectiva norma com a qual foi avaliado (NBR7094)

Medida de Elevação de Temperatura do Enrolamento

- É muito difícil medir a temperatura do enrolamento com termômetros ou termopares, pois a temperatura varia de um ponto a outro e nunca se sabe se o ponto

$$R_2 - R_1$$

Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevação de temperatura (método da resistência)	°C	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

Sobre o grau de proteção IP

1º NUMERAL	PROTEÇÃO	2º NUMERAL	PROTEÇÃO
0	Não protegido	0	Não protegido
1	Objetos sólidos maiores de 50mm	1	Quedas verticais de gotas d'água
2	Objetos sólidos maiores de 10mm	2	Quedas de gotas d'água para inclinação de 15°
3	Objetos sólidos maiores de 2,5mm	3	Água aspérgica
4	Objetos sólidos maiores de 1mm	4	Projeções de água de todas as direções
5	Poeira	5	Jatos d'água
6	Totalmente Protegido contra poeira	6	Protegido contra jatos potentes d'água
		7	Imersão
		8	Submersão
		9	Jatos de água de alta pressão e alta temperatura

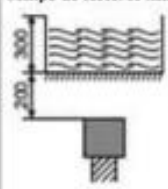
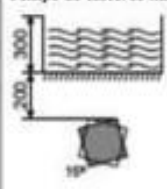
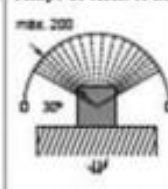
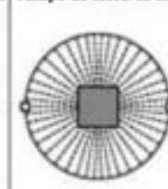
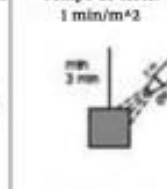
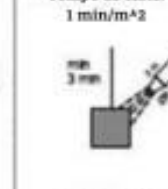
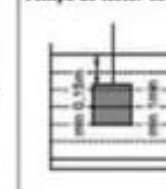
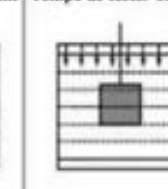
Exemplo



NEMA x IEC

NEMA	IP20	IP22	IP54	IP55	IP66	IP67
1	●					
2		●				
3				●		
3R		●				
4					●	
4X					●	
6						●
12			●			
13			●			

2º Numeral Grau de proteção contra água

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água p/ uma inclinação máxima de 15°	Protegido contra água aspergida de um ângulo de ± 69°	Protegido contra projeções de água	Protegido contra jatos d'água	Protegido contra jatos potentes d'água	Protegido contra imersão temporária	Protegido contra submersão
	Tempo de teste: 10 min	Tempo de teste: 10 min	Tempo de teste: 10 min	Tempo de teste: 10 min	Tempo de teste: 1 min/m²	Tempo de teste: 1 min/m²	Tempo de teste: 30min	Tempo de teste: 30min
								

1º Numeral Grau de proteção contra objetos sólidos

Não protegido	0	IP 00	IP 01	IP 02	IP 33	IP 34			
Protegido contra objetos sólidos com ø maior que 50mm	1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13				
Protegido contra objetos sólidos com ø maior que 12mm	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23				
Protegido contra objetos sólidos com ø maior que 2,5mm	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34			
Protegido contra objetos sólidos com ø maior que 1mm	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46	
Protegido contra poeira depressão: 200mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro	5					IP 54	IP 55	IP 56	
Totalmente protegido contra a poeira	6						IP 65	IP 66	IP 67 IP 68

Categorias normalmente encontradas nos motores elétricos:
IP 21 – motor aberto
IP 44 – motor fechado
IP 55 ou **IP 56** – motor blindado