Catálogo Geral

thebe
BOMBAS HIDRÁULICAS

TABELA DE PERDAS DE CARGA EM CONEXÕES
(EM METROS DE TUBULAÇÃO EQUIVALENTES)

CONEXÕES	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
registro gaveta	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,40	0,40	0,46	0,65	0,83	1,10	1,40	1,70	2,10
registro globo	4,90	6,70	8,20	11,30	13,40	17,40	21,00	26,00	34,00	43,00	51,00	67,00	85,00	102,00
válvula de retenção	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	6,40	8,10	9,70	12,90	16,10	19,30	25,00	32,00	38,00
curva - 90º	0,32	0,48	0,64	0,79	0,95	1,27	1,59	1,91	2,54	2,80	3,50	4,90	6,00	7,90
cotovelo - 45º	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73	2,16	2,59	3,00	3,80	4,60
cotovelo - 90º Tee	0,69	1,03	1,37	1,71	2,06	2,74	3,43	4,11	5,49	6,86	8,23	9,00	11,30	14,80
válvula de pé	3,60	5,60	7,30	10,00	11,60	14,00	17,00	20,00	23,00	30,00	39,00	52,00	65,00	78,00

Obs.: O comprimento equivalente, para a válvula de retenção, é para o tipo pesado.

Ref.: NB-92/80 (ABNT)

TABELA DE PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES DE PVC, GALVANIZADO E FERRO FUNDIDO (PARA CADA 100 M DE TUBOS)

		Material	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv
		Polegada	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"	
		Interno mm	20,0	16,0	21,6	21,6	27,8	27,2	35,2	35,9	44,0	41,8	53,4	53,0	66,6	68,8
Lts./seg	*Lts./min*	*Q (m3/h)*	VAZÃO													
0,14	*8,3*	*0,5*	1,4	6,2	0,9	1,4		0,5								
0,28	*16,7*	*1*	5,0	22,3	3,4	5,2	1,0	1,7								
0,42	*25,0*	*1,5*	10,5	47,1	7,2	10,9	2,1	3,6	0,7	0,9						
0,56	*33,3*	*2*	17,9	80,2	12,3	18,6	3,6	6,1	1,1	1,6		0,7				
0,69	*41,7*	*2,5*	27,1	121,2	18,6	28,1	5,4	9,1	1,7	2,4		1,0				
0,83	*50,0*	*3*	37,9	169,8	26,1	39,4	7,6	12,8	2,4	3,3		1,5		0,5		
0,97	*58,3*	*3,5*			34,7	52,4	10,1	17,0	3,2	4,4	1,1	1,9		0,7		
1,11	*66,7*	*4*			44,4	67,1	13,0	21,8	4,1	5,6	1,4	2,5	0,5	0,8		
1,25	*75,0*	*4,5*			55,2	83,4	16,1	27,1	5,1	7,0	1,7	3,1	0,7	1,1		
1,39	*83,3*	*5*					19,6	33,0	6,2	8,5	2,1	3,8	0,8	1,3		
1,53	*91,7*	*5,5*					23,4	39,3	7,4	10,2	2,5	4,5	1,0	1,5		
1,7	*100*	*6*					27,5	46,2	8,7	12,0	2,9	5,3	1,1	1,8		0,5
1,8	*108*	*6,5*					31,9	53,6	10,1	13,9	3,4	6,1	1,3	2,1	0,5	0,6
1,9	*117*	*7*					36,6	61,4	11,6	15,9	3,9	7,0	1,5	2,4	0,5	0,7
2,1	*125*	*7,5*							13,2	18,1	4,4	8,0	1,7	2,7	0,6	0,8
2,2	*133*	*8*							14,8	20,4	5,0	9,0	1,9	3,1	0,7	0,9
2,4	*142*	*8,5*							16,6	22,8	5,6	10,1	2,2	3,4	0,7	1,0
2,5	*150*	*9*							18,4	25,3	6,2	11,2	2,4	3,8	0,8	1,1
2,6	*158*	*9,5*							20,4	28,0	6,9	12,4	2,7	4,2	0,9	1,2
2,8	*167*	*10*							22,4	30,8	7,6	13,6	2,9	4,6	1,0	1,3
2,9	*175*	*10,5*							24,5	33,7	8,3	14,9	3,2	5,1	1,1	1,4
3,1	*183*	*11*							26,7	36,7	9,0	16,2	3,5	5,5	1,2	1,5
3,2	*192*	*11,5*							29,0	39,8	9,8	17,6	3,8	6,0	1,3	1,7
3,3	*200*	*12*							31,4	43,1	10,6	19,1	4,1	6,5	1,4	1,8
3,9	*233*	*14*									14,1	25,3	5,5	8,6	1,9	2,4
4,4	*267*	*16*									18,0	32,4	7,0	11,0	2,4	3,1
5,0	*300*	*18*									22,4	40,3	8,7	13,7	3,0	3,8
5,6	*333*	*20*									27,3	49,0	10,6	16,6	3,6	4,7
6,9	*417*	*25*									41,2	74,1	16,0	25,1	5,5	7,1
8,3	*500*	*30*											22,5	35,2	7,7	9,9
9,7	*583*	*35*											29,9	46,9	10,2	13,1
11,1	*667*	*40*											38,3	60,0	13,1	16,8
12,5	*750*	*45*											47,6	74,6	16,2	20,9
13,9	*833*	*50*											57,8	90,6	19,7	25,4
15,3	*917*	*55*													23,5	30,3
16,7	*1.000*	*60*													27,6	35,6
18,1	*1.083*	*65*													32,0	41,3
19,4	*1.167*	*70*													36,7	47,4
20,8	*1.250*	*75*													41,8	53,9
22,2	*1.333*	*80*													47,0	60,7
23,6	*1.417*	*85*													52,6	67,9
25,0	*1.500*	*90*													58,5	75,5
26,4	*1.583*	*95*													64,7	83,4
27,8	*1.667*	*100*													71,1	91,7
33,3	*2.000*	*120*													99,6	

Obs.:
- **Para tubulação de sucção, não utilizar os valores abaixo da linha em negrito para não ultrapassar a velocidade de 1,8 m/s para evitar cavitação e ;**
- **Para tubos usados, acrescentar às perdas 3% a cada ano de uso.**

Cálculo obtido através da equação de Hazen-Williams

$$J = 10{,}643.Q^{1{,}85}.C^{-1{,}85}.D^{-4{,}87}$$ **, sendo:**

J = Perda de Carga Unitária
Q = Vazão em m^3/s
D = Diâmetro em (m)
C = Coeficiente que depende da natureza (material, idade e estado) das paredes do tubo.

Considerando:
C p/ PVC = 150
C p/ Galvanizado (DIN 2440 Sem Costura) = 120

TABELA DE PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES DE PVC, GALVANIZADO E FERRO FUNDIDO (PARA CADA 100 M DE TUBOS)

thebe
BOMBAS HIDRÁULICAS

		Material	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv	PVC	Galv
		Polegada	3"		4"		5"		6"		8"		10"		12"	
		Interno mm	75,6	80,8	97,8	105,3	140,0	130,0	160,0	155,4	200,0	206,5	250,0	254,0	300,0	305,0
Lts./seg	Lts./min	Q (m3/h)														
0,14	8,3	0,5														
0,28	16,7	1														
0,42	25,0	1,5														
0,56	33,3	2														
0,69	41,7	2,5														
0,83	50,0	3														
0,97	58,3	3,5														
1,11	66,7	4														
1,25	75,0	4,5														
1,39	83,3	5														
1,53	91,7	5,5														
1,7	100	6														
1,8	108	6,5														
1,9	117	7														
2,1	125	7,5														
2,2	133	8														
2,4	142	8,5														
2,5	150	9														
2,6	158	9,5		0,5												
2,8	167	10	0,5	0,6												
2,9	175	10,5	0,6	0,6												
3,1	183	11	0,6	0,7												
3,2	192	11,5	0,7	0,8												
3,3	200	12	0,8	0,8												
3,9	233	14	1,0	1,1												
4,4	267	16	1,3	1,4												
5,0	300	18	1,6	1,8	0,5	0,5										
5,6	333	20	2,0	2,1	0,6	0,6										
6,9	417	25	3,0	3,2	0,8	0,9										
8,3	500	30	4,1	4,5	1,2	1,2										
9,7	583	35	5,5	6,0	1,6	1,7		0,6								
11,1	667	40	7,0	7,7	2,0	2,1		0,8								
12,5	750	45	8,8	9,6	2,5	2,6		0,9								
13,9	833	50	10,6	11,6	3,0	3,2	0,5	1,1		0,5						
15,3	917	55	12,7	13,9	3,6	3,8	0,6	1,4		0,6						
16,7	1.000	60	14,9	16,3	4,3	4,5	0,7	1,6		0,7						
18,1	1.083	65	17,3	18,9	4,9	5,2	0,9	1,9		0,8						
19,4	1.167	70	19,8	21,7	5,7	6,0	1,0	2,1	0,5	0,9						
20,8	1.250	75	22,5	24,6	6,4	6,8	1,1	2,4	0,6	1,0						
22,2	1.333	80	25,4	27,7	7,2	7,6	1,3	2,7	0,7	1,1						
23,6	1.417	85	28,4	31,0	8,1	8,5	1,4	3,1	0,7	1,3						
25,0	1.500	90	31,6	34,5	9,0	9,5	1,6	3,4	0,8	1,4						
26,4	1.583	95	34,9	38,1	10,0	10,5	1,7	3,8	0,9	1,6						
27,8	1.667	100	38,3	41,9	10,9	11,5	1,9	4,1	1,0	1,7						
33,3	2.000	120	53,7	58,7	15,3	16,2	2,7	5,8	1,4	2,4	0,5	0,6				
38,9	2.333	140	71,5	78,1	20,4	21,5	3,6	7,7	1,9	3,2	0,6	0,8				
44,4	2.667	160	91,5		26,1	27,5	4,6	9,9	2,4	4,1	0,8	1,0				
50,0	3.000	180	113,8		32,5	34,2	5,7	12,3	3,0	5,1	1,0	1,3		0,5		
55,6	3.333	200			39,5	41,6	6,9	14,9	3,6	6,3	1,2	1,6		0,6		
61,1	3.667	220			47,1	49,6	8,2	17,8	4,3	7,5	1,4	1,9	0,5	0,7		
66,7	4.000	240			55,3	58,3	9,6	20,9	5,0	8,8	1,7	2,2	0,6	0,8		
72,2	4.333	260			64,1	67,6	11,2	24,2	5,8	10,2	2,0	2,5	0,7	0,9		
77,8	4.667	280			73,5	77,5	12,8	27,8	6,7	11,6	2,3	2,9	0,8	1,1		
83,3	5.000	300			83,5	88,1	14,6	31,6	7,6	13,2	2,6	3,3	0,9	1,2		0,5
88,9	5.333	320			94,1	99,2	16,4	35,6	8,6	14,9	2,9	3,7	1,0	1,4		0,6
94,4	5.667	340					18,4	39,8	9,6	16,7	3,2	4,2	1,1	1,5		0,6
100,0	6.000	360					20,4	44,2	10,6	18,5	3,6	4,6	1,2	1,7	0,5	0,7
105,6	6.333	380					22,5	48,9	11,8	20,5	4,0	5,1	1,3	1,9	0,6	0,8
111,1	6.667	400					24,8	53,7	12,9	22,5	4,4	5,6	1,5	2,1	0,6	0,8
125,0	7.500	450					30,8	66,8	16,1	28,0	5,4	7,0	1,8	2,6	0,8	1,1
138,9	8.333	500					37,5	81,2	19,6	34,1	6,6	8,5	2,2	3,1	0,9	1,3
166,7	10.000	600					52,5		27,4	47,7	9,2	11,9	3,1	4,4	1,3	1,8

Obs.:

- Para tubulação de sucção, não utilizar os valores abaixo da linha em negrito para não ultrapassar a velocidade de 1,8 m/s para evitar cavitação e ;
- Para tubos usados, acrescentar às perdas 3% a cada ano de uso.

Cálculo obtido através da equação de Hazen-Williams

$J = 10{,}643.Q^{1,85}.C^{-1,85}.D^{-4,87}$, sendo:

J = Perda de Carga Unitária
Q = Vazão em m^3/s
D = Diâmetro em (m)
C = Coeficiente que depende da natureza (material, idade e estado) das paredes do tubo.

Considerando:
C p/ PVC = 150
C p/ Galvanizado (DIN 2440 Sem Costura) = 120

thebe
BOMBAS HIDRÁULICAS

BITOLAS DE FIOS CONDUTORES DE COBRE , PARA LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS MONOFÁSICOS, INSTALADOS EM ELETRODUTOS METÁLICOS, ADMITINDO QUEDA MÁXIMA DE TENSÃO DE 4%

TENSÃO DA REDE (Volts)	DISTÂNCIA DO MOTOR AO QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO (Metros)													
110	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150
220	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
380	35	52	69	86	104	138	173	207	242	276	311	345	432	518
440	40	60	80	100	120	160	200	240	280	320	360	400	500	600
CORRENTE (A)	**BITOLA DO FIO OU CABO (condutor em mm²)**													
7	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	10	10	10	16
9	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	10	16	16
11	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	10	16	16	25
14,5	1,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	16	16	16	25	25
19,5	2,5	4	4	6	6	10	10	16	16	16	25	25	25	35
26	2,5	4	6	10	10	10	16	16	25	25	25	35	35	50
34	4	6	10	10	10	16	25	25	25	35	35	35	50	70
46	6	10	10	16	16	25	25	35	35	50	50	50	70	95
61	6	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	70	95	120
80	10	16	16	25	25	35	50	70	70	70	95	95	120	150
99	10	16	25	25	35	50	70	70	95	95	120	120	150	185
119	16	25	25	35	50	70	70	95	95	120	120	150	185	240
151	16	25	35	50	50	70	95	120	120	150	185	185	300	400
182	25	35	50	50	70	95	120	150	150	185	240	240	400	500
210	25	35	50	70	70	95	120	150	185	240	300	300	500	-
240	25	50	70	70	95	120	150	185	240	300	300	400	-	-
273	35	50	70	95	95	150	185	240	300	300	400	500	-	-
321	35	70	70	95	120	150	240	300	400	400	-	-	-	-
367	50	70	95	120	150	185	300	400	400	-	-	-	-	-
438	50	95	95	150	185	240	300	500	-	-	-	-	-	-
502	70	95	120	150	185	300	400	-	-	-	-	-	-	-
578	70	95	150	185	240	300	500	-	-	-	-	-	-	-
669	95	120	185	240	300	500	-	-	-	-	-	-	-	-
767	95	150	240	300	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BITOLAS DE FIOS CONDUTORES DE COBRE , PARA LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS, INSTALADOS COM CONDUTORES AÉREOS, ADMITINDO QUEDA MÁXIMA DE TENSÃO DE 4%

TENSÃO DA REDE (Volts)	DISTÂNCIA DO MOTOR AO QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO (Metros)													
110	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150
220	20	20	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
380	35	52	69	86	104	138	173	207	242	276	311	345	432	518
440	40	40	80	100	120	160	200	240	280	320	360	400	500	600
CORRENTE (A)	**BITOLA DO FIO OU CABO (condutor em mm²)**													
7	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	6	10	10
9	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	10	16
10	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	10	10	10	16	16
13,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	16	16	16	25
18	1,5	2,5	4	4	6	10	10	10	16	16	16	16	25	25
24	2,5	4	4	6	10	10	16	16	16	25	25	25	35	35
31	4	4	6	10	10	16	16	16	25	25	25	35	35	50
42	4	6	10	10	16	16	25	25	25	35	35	50	50	70
56	6	10	10	16	16	25	25	35	35	50	50	70	70	95
73	10	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	70	95	120
89	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	95	95	120	150
108	10	16	25	25	35	50	70	70	95	95	95	120	150	185
136	16	25	25	35	50	70	70	95	95	120	150	150	185	240
164	16	25	35	50	50	70	95	95	120	150	185	185	240	400
188	16	25	50	50	70	95	95	120	150	185	185	240	300	400
216	25	35	50	70	70	95	120	150	185	185	240	300	400	-
245	25	35	70	70	70	95	150	185	185	240	300	400	500	-
286	25	50	70	70	95	120	150	185	240	300	400	400	-	-
328	35	50	70	95	95	150	185	240	300	400	500	-	-	-
390	35	70	95	95	120	185	240	300	400	500	-	-	-	-
447	50	70	95	120	150	240	300	400	500	-	-	-	-	-
514	50	95	120	150	185	240	400	500	-	-	-	-	-	-
593	70	95	185	185	240	300	500	-	-	-	-	-	-	-
679	70	120	185	185	240	400	-	-	-	-	-	-	-	-

BITOLAS DE FIOS CONDUTORES DE COBRE, PARA LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS, INSTALADOS EM ELETRODUTOS NÃO METÁLICOS, ADMITINDO QUEDA MÁXIMA DE TENSÃO DE 4%

TENSÃO DA REDE (Volts)	DISTÂNCIA DO MOTOR AO QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO (Metros)													
110	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150
220	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
380	35	52	69	86	104	138	173	207	242	276	311	345	432	518
440	40	60	80	100	120	160	200	240	280	320	360	400	500	600
CORRENTE (A)	**BITOLA DO FIO OU CABO (condutor em mm^2)**													
7	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	6	10	10
9	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	10	16
10	1,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	6	10	10	10	16	16
13,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	16	16	16	25
18	1,5	2,5	4	4	6	10	10	10	16	16	16	16	25	25
24	2,5	4	4	6	10	10	16	16	16	25	25	25	35	35
31	4	4	6	10	10	16	16	16	25	25	25	35	35	50
42	4	6	10	10	16	16	25	25	25	35	35	50	50	70
56	6	10	10	16	16	25	25	35	35	50	50	70	70	95
73	10	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	70	95	120
89	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	95	95	120	150
108	10	16	25	25	35	50	70	70	95	95	95	120	150	185
136	16	25	25	35	50	70	70	95	95	120	150	150	185	240
164	16	25	35	50	50	70	95	95	120	150	185	185	240	400
188	16	25	35	50	70	95	95	120	150	185	185	240	300	400
216	25	35	50	70	70	95	120	150	185	185	240	300	400	-
245	25	35	50	70	70	95	150	185	185	240	300	400	500	-
286	25	50	70	70	95	120	150	185	240	300	400	400	-	-
328	35	50	70	95	95	150	185	240	300	400	500	-	-	-
390	35	70	95	95	120	185	240	300	400	500	-	-	-	-
447	50	70	95	120	150	240	300	400	500	-	-	-	-	-
514	50	95	120	150	185	240	400	500	-	-	-	-	-	-
593	70	95	120	185	240	300	500	-	-	-	-	-	-	-
679	70	120	150	185	240	400	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: Considerado temperatura ambiente de 30°C

CONVERSÃO DE UNIDADES DE MEDIDA

GRANDEZA	PARA CONVERTER / PARA OBTER	SÍMBOLO	MULTIPLICAR POR → / DIVIDIR POR ←	SÍMBOLO	PARA OBTER / PARA CONVERTER
COMPRIMENTO	Metros	m	3,281	ft	Pés
	Polegadas	"	25,4	mm	Milímetros
	Quilômetros	Km	0,6215	mile	Milhas
ÁREA	Alqueires do Norte	-	27.255	m²	Metros Quadrados
	Alqueires Mineiro	-	48.400	m²	Metros Quadrados
	Alqueires Paulista	-	24.200	m²	Metros Quadrados
	Ares	a	100	m²	Metros Quadrados
	Hectares	ha	10.000	m²	Metros Quadrados
	Metros Quadrados	m²	0,0001	ha	Hectares
	Quilômetros Quadrados	Km²	0,3861	miles²	Milhas Quadradas
	Quilômetros Quadrados	Km²	100	ha	Hectares
	Quadra Quadrada	-	17.424	m²	Metros Quadrados
	Quadra	-	132	m	Metros
VOLUME	Litros	L	0,2642	Us/gal	Galões Americanos
	Litros	L	0,0353	ft/cu	Pés Cúbicos
	Metros Cúbicos	m³	264,2	Us/gal	Galões Americanos
	Metros Cúbicos	m³	35,31	ft/cu	Pés Cúbicos
	Metros Cúbicos	m³	1.000	L	Litros
VAZÃO	Litros por Segundo	L/s	3.600	L/h	Litros por Hora
	Litros por Minuto	L/min	0,0353	ft/cu/min	Pés Cúbicos por Minutos
	Litros por Hora	L/h	0,00059	ft/cu/min	Pés Cúbicos por Minutos
	Litros por Segundo	L/s	15,85	gal/min	Galões por Minuto
	Litros por Minuto	L/min	0,264	gal/min	Galões por Minuto
	Metros Cúbicos por Hora	M³/h	0,59	ft/cu/min	Pés Cúbicos por Minutos
	Metros Cúbicos por Hora	M³/h	4,403	gal/min	Galões por Minuto
	Metros Cúbicos por Hora	M³/h	1.000	L/h	Litros por Hora
PRESSÃO	Atmosferas	atm.	1,033	Kgf/cm²	Quilogramas por Centímetro Quadrado
	Metros de Coluna D'Água	mca	3,281	ft	Pés
	Metros de Coluna D'Água	mca	0,1	Kgf/cm²	Quilogramas por Centímetro Quadrado
	Libras Por Polegada Quadrada	Lb/Pol.²(PSI)	0,703	mca	Metros de Coluna D'Água
	Quilogramas por Centímetro Quadrado	Kgf/cm²	14,22	Lb/Pol.²(PSI)	Libras Por Polegadas Quadradas
	Quilogramas por Centímetro Quadrado	Kgf/cm²	10	mca	Metros de Coluna D'Água
	Bar	Bar	10,2	mca	Metros de Coluna D'Água
	Mega Pascal	Mpa	101,971	mca	Metros de Coluna D'Água
	Mega Pascal	Mpa	10,1971	Kgf/cm²	Quilogramas por Centímetro Quadrado
MASSA	Libras	Lb	0,4536	Kg	Quilogramas
	Quilogramas	Kg	2,2046	Lb	Libras
VELOCIDADE	Metros por Segundo	M/s	3,281	ft/sec.	Pés por Segundo
	Metros por Segundo	M/s	3,6	Km/h	Quilômetros por Hora
	Metros por Minuto	M/min.	0,03728	mile/h	Milhas por hora
	Quilômetros por Hora	Km/h	0,91134	ft/sec.	Pés por Segundo
	Quilômetros por Hora	Km/h	0,27778	M/s	Metros por Segundo
POTÊNCIA	Cavalos Vapor	CV	0,7355	KW	Kilowatts
	Cavalos Vapor	CV	0,9863	HP	Horse Power
	Cavalos Vapor	CV	735,5	W	Watts
	Kilowatts	KW	1.000	W	Watts
	Megawatts	MW	100.000	W	Watts
	Kilowatts	KW	1,341	HP	Horse Power
	Kilowatts Hora	KW/h	3.412,98	BTU	BTU
TEMPERATURA	Graus Celsius + 17.78	°C	1,8	°F	Graus Fahrenheit
	Graus Celsius + 273	°C	1,0	ºK	Graus Kelvin

1- Mudança de rotações:

As variações das características de uma bomba centrífuga em função da variação da rotação, podem ser resumidas como a seguir: A vazão varia diretamente proporcional com a variação da rotação, a altura manométrica varia proporcionalmente com o quadrado e a potência varia proporcionalmente com o cubo da variação da rotação, ou seja:

$$Q_f = Q_i * \left(\frac{n_f}{n_i}\right)$$

$$H_f = H_i * \left(\frac{n_f}{n_i}\right)^2$$

$$P_f = P_i * \left(\frac{n_f}{n_i}\right)^3$$

Os índices i e f se referem à valores de inicio e fim, ou seja, inicio se referem à rotação original e final à rotação que quer trabalhar. Ex.: Bombas dimensionadas para trabalhar com 1750 rpm (inicio) (60 Hz) e quer trabalhar com 1495 rpm (final) (50 Hz).

Variação de rotação a partir de 1750 rpm										
1500	**1600**	**1800**	**2000**	**2200**	**2300**	**2400**	**2500**	**2600**	**3000**	**3500**
Q x 0.86	Q x 0.91	Q x 1.03	Q x 1.14	Q x 1.26	Q x 1.31	Q x 1.37	Q x 1.43	Q x 1.48	Q x 1.71	Q x 2.00
H x 0.73	H x 0.83	H x 1.06	H x 1.30	H x 1.58	H x 1.73	H x 1.88	H x 2.04	H x 2.20	H x 2.94	H x 4.00
P x 0.63	P x 0.76	P x 1.09	P x 1.49	P x 1.98	P x 2.27	P x 2.58	P x 2.91	P x 3.28	P x 5.04	P x 8.00

Variação de rotação a partir de 3500 rpm									
1500	**1600**	**1800**	**2000**	**2200**	**2300**	**2400**	**2500**	**2600**	**3000**
Q x 0.43	Q x 0.45	Q x 0.51	Q x 0.57	Q x 0.63	Q x 0.66	Q x 0.68	Q x 0.71	Q x 0.74	Q x 0.86
H x 0.18	H x 0.21	H x 0.26	H x 0.32	H x 0.39	H x 0.43	H x 0.47	H x 0.51	H x 0.55	H x 0.73
P x 0.08	P x 0.095	P x 0.136	P x 0.186	P x 0.25	P x 0.28	P x 0.32	P x 0.36	P x 0.41	P x 0.63

Exemplo:

Dados	Rotação 1750 rpm (inicio)	Rotação desejada 2400 rpm (final)
Q = vazão [m^3/h]	Qi = 50 [m^3/h]	Qf = Qi x 1.37 = 68.5 [m^3/h]
H = Alt. Manom. Total [mca]	Hi = 18 [mca]	Hf = Hi x 1.88 = 33.8 [mca]
P = Potência [cv]	Pi = 4.2 [cv]	Pf = Pi x 2.58 = 10.8 [cv]

2- Mudança no diâmetro (corte no rotor):

Existem situações em que, os diâmetros padrão em que as bombas são montadas não atendem às condições impostas por projetos (ponto fixos) do cliente. Para estas situações são feitos os devidos ajustes no rotor (usinagem), para que obtenhamos um rotor intermediário e atenda às exigências do cliente.

Os cálculos para obtenção do diâmetro desejado, obedecem a lei da similaridade, ou seja:

$$Q_f = Q_i * \left(\frac{D_f}{D_i}\right)$$

$$H_f = H_i * \left(\frac{D_f}{D_i}\right)^2$$

$$P_f = P_i * \left(\frac{D_f}{D_i}\right)^3$$

Os índices i e f se referem à valores de inicio e fim, ou seja, inicio se referem ao rotor original e final ao rotor que quer trabalhar.

Obs.: Os valores obtidos, para o diâmetro, adotar a média do valor calculado entre a vazão e pressão.

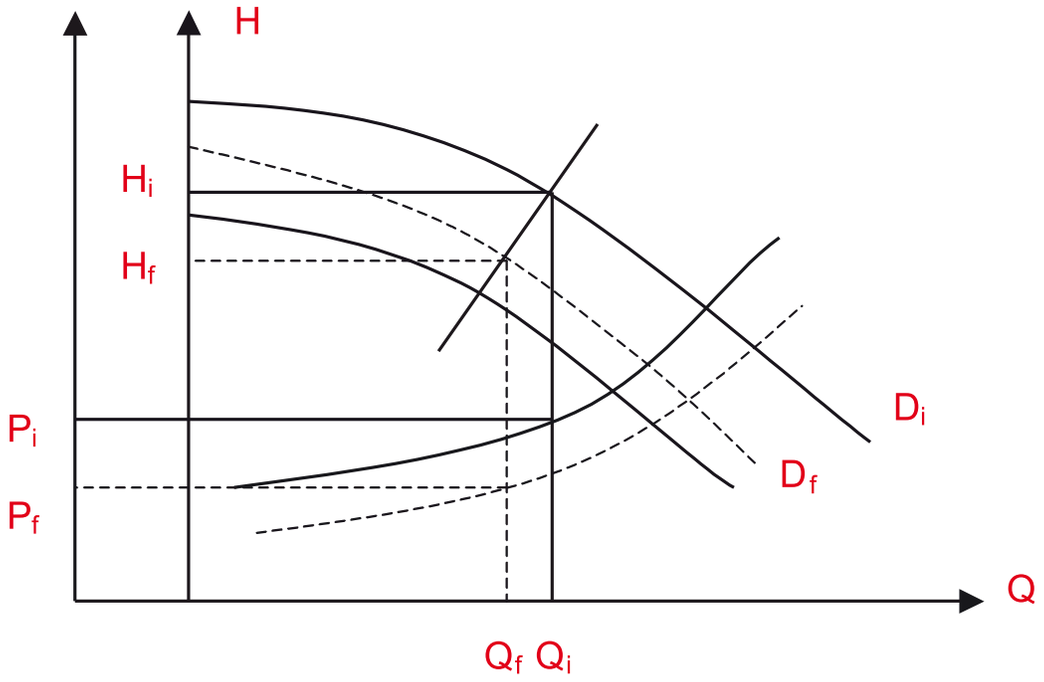


Fig. 4 Esquema referente a redução do diâmetro do rotor.

1 - Introdução

Cavitação é o fenômeno de formação de bolhas de vapor, que ocorre no interior de sistemas hidráulicos como venturis, bombas (turbomáquinas) hidráulicas, etc., em função de má instalação e/ou variação do nível da água na sucção.

Se a pressão absoluta abaixar até atingir a pressão de vapor (ou tensão de vapor) do líquido, na temperatura em que este se encontra, inicia-se um processo de vaporização do mesmo. Inicialmente, nas regiões mais rarefeitas, formam-se pequenas bolsas, bolhas ou cavidades (daí o nome de cavitação) no interior das quais o líquido se vaporiza. Devido ao escoamento, estas bolhas são arrastadas para locais de maior pressão, onde se condensam violentamente, gerando um choque inelástico do líquido com as partes internas da máquina (como rotores, carcaças, caixa espiral). Este choque ocasiona um arrancamento de partículas do metal, o que se denomina de erosão cavital. O desgaste pode assumir proporções tais que pedaços de metal podem soltar-se das peças.

Além de provocar corrosão, desgastando, removendo partículas e destruindo rotores e tubos de sucção, junto à entrada da bomba, a cavitação também afeta a performance da bomba provocando:

- Queda do rendimento;
- Aumento da potência de eixo;
- Marcha irregular, trepidação e vibração das máquinas, pelo desbalanceamento que acarreta;
- Ruído, provocado pelo fenômeno de implosão das bolhas.

2 - Estudo da linha de sucção

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 sucção

A altura geométrica de sucção de uma bomba, é definido como sendo a distancia 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 convenciona-se de altura de sucção negativa, enquanto que na fig. 2, o nível do liquido está acima do centro da bomba, e convenciona-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.

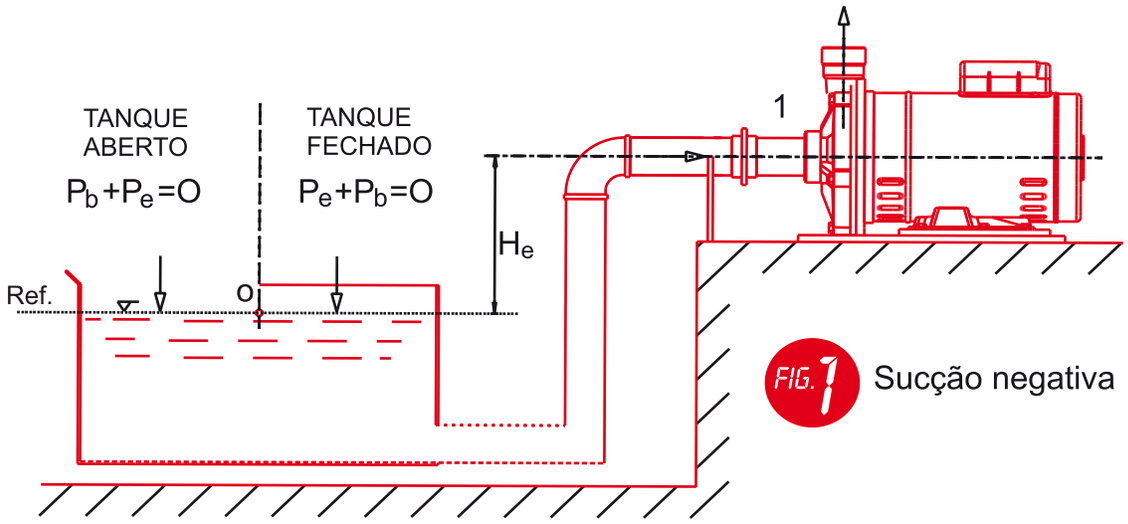


FIG. 1 Sucção negativa

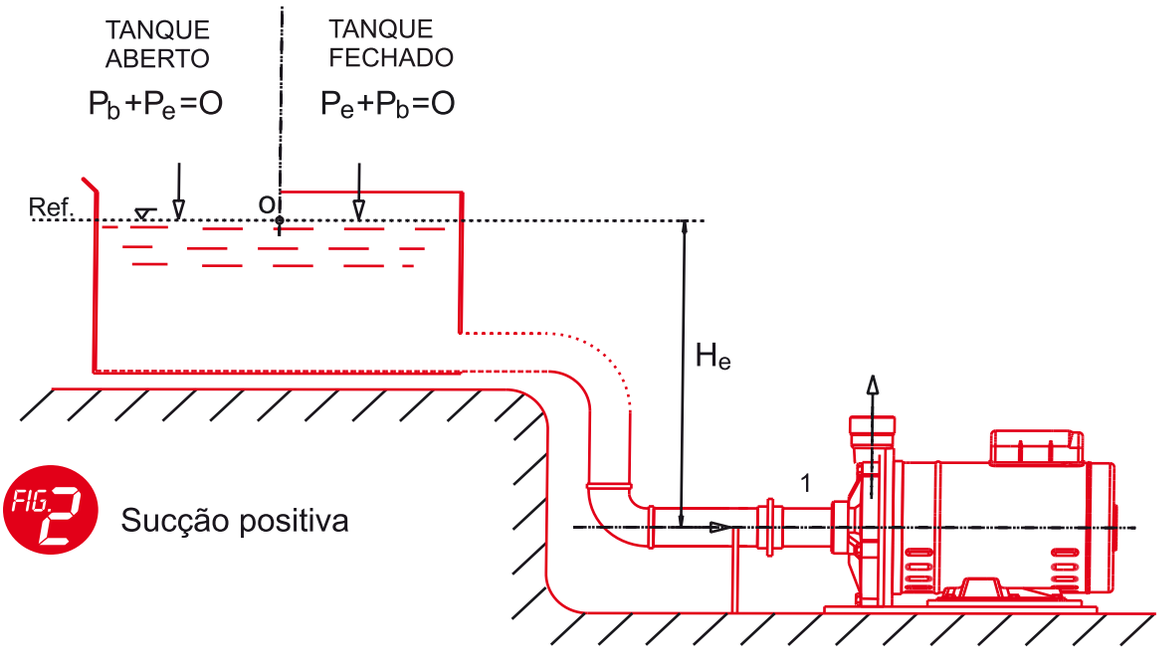


FIG. 2 Sucção positiva

2.2 - Expressão geral da altura de sucção (Hs)

Para que a bomba não cavite, demonstra -se que a altura geométrica de sucção é:

$$H_s = (H_b + H_e) - H_v - H_{din} - H_{ps} - H_{Lp} \quad [m] \quad (1)$$ → Altura de sucção

$$H_b = \frac{p_b}{r * g} \quad [m]$$ → Altura referente a pressão barométrica ou atmosférica local.

Ou

$$H_b = 10 - 0.00122 * A \quad [m]$$ → A altitude local

$H_e = \frac{p_e}{r * g}$ [m] → Altura referente à pressão estática no reservatório de sucção.

$H_v = \frac{p_v}{r * g}$ [m] → Altura referente a pressão de vapor do liquido (ver tabela).

$H_{din} = \frac{v_s^2}{2 * g}$ [m] → Altura referente a velocidade média do liquido na linha de sucção.

H_{ps} [m] → Altura referente a perda de carga na sucção.

$H_{Lp} = s * H$ [m] → Altura referente as perdas localizadas de pressão e inico de cavitação.

$s = 2.87 * 10^{-4} * n_{qA}^{\frac{4}{3}}$ → Coeficiente de cavitação de Thoma, segundo Stepanoff.

$n_{qA} = 10^3 * \frac{n * \sqrt{Q}}{(H * g)^{\frac{3}{4}}}$ → Rotação específica da bomba (adimensional).

H [m] → Altura manométrica da bomba.

n [rps] → Rotação nominal da bomba

Q [m^3/s] → Vazão nominal da bomba

Tabela 1
Pressão de vapor
e densidade da água

Temperatura °C	Pressão de vapor		Densidade
	mmHg	mca	
15	12.7	0.174	0.999
20	17.4	0.238	0.998
25	23.6	0.322	0.997
30	31.5	0.429	0.996
35	41.8	0.572	0.994
40	54.9	0.750	0.992
45	71.4	0.974	0.990
50	92.0	1.255	0.988
55	117.5	1.602	0.986
60	148.8	2.028	0.983
65	186.9	2.547	0.981
70	233.1	3.175	0.978
75	288.5	3.929	0.975
80	354.6	4.828	0.972
85	433.0	5.894	0.969
90	525.4	7.149	0.965
95	633.7	8.620	0.962
100	760.0	10.333	0.958
105	906.0	12.320	0.955
110	1075.0	14.609	0.951
115	1269.0	17.260	0.947
120	1491.0	20.270	0.943

Obs.: Na equação de Hs, o sinal menor ou igual, refere-se:

= inicio de cavitação

< não cavita

ou seja, a altura geométrica de sucção deve ser sempre menor que a calculada.

2.3 - NPSH (Net Positive Suction Head- Altura líquida positiva de sucção)

Da equação (1), separando as grandezas que dependem das condições locais da instalação e aquelas que dependem das condições particulares da bomba, tem-se:

$$H_b \pm H_s - H_v - H_{ps}^{3} H_{din} + H_{Lp}$$ **(2)** → supondo tanque aberto

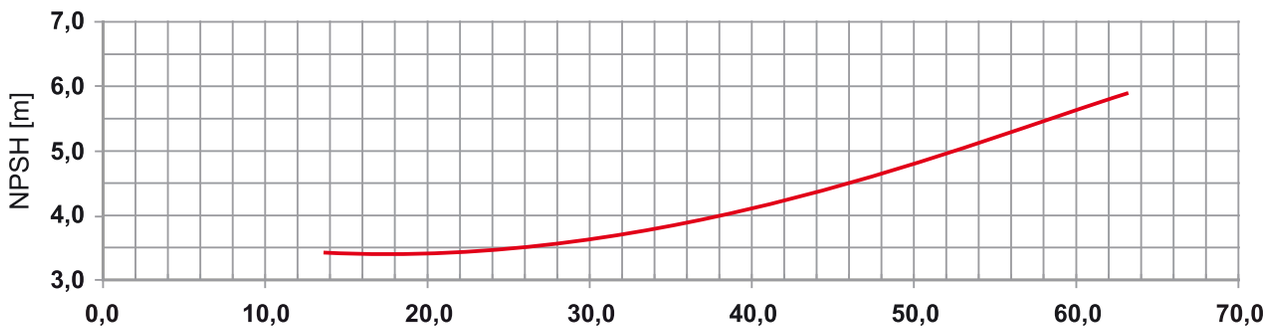
A parcela que depende das condições locais da instalação, é o $NPSH_d$ (disponível) e a parcela que dependa das condições particulares da bomba, é o $NPSH_r$ (requerido), ou seja:

$$NPSH_d = H_b \pm H_s - H_v - H_{ps}$$ [m] → NPSH disponível na instalação.

$$NPSH_r = H_{din} + H_{Lp} = H_{din} + s * H$$ [m] → NPSH requerido pela bomba.

Desta forma, pode-se afirmar que, em uma instalação de bombeamento, a bomba não cavitará se:

$$NPSH_d > NPSH_r$$



O NPSHd é uma preocupação do usuário ou projetista da instalação, enquanto que o NPSHr é fornecido pelo fabricante da bomba.

Obs.: O sinal +/ - da equação (2) representa: **+** → bomba afogada

- → bomba não afogada

2.4 - Considerações importantes

Quando a bomba for de vários estágios, a altura geométrica de sucção é calculada para o primeiro estágio, assim a altura manométrica da bomba será dividida pelo número total de estágios;

Quando a bomba for de dupla sucção, a altura geométrica de sucção é calculada para um lado do rotor, desta forma a vazão será dividida ao meio;

A maioria dos fabricantes de bombas, trazem em seus catálogos o NPSHr.

2.5 - Representação gráfica do NPSH

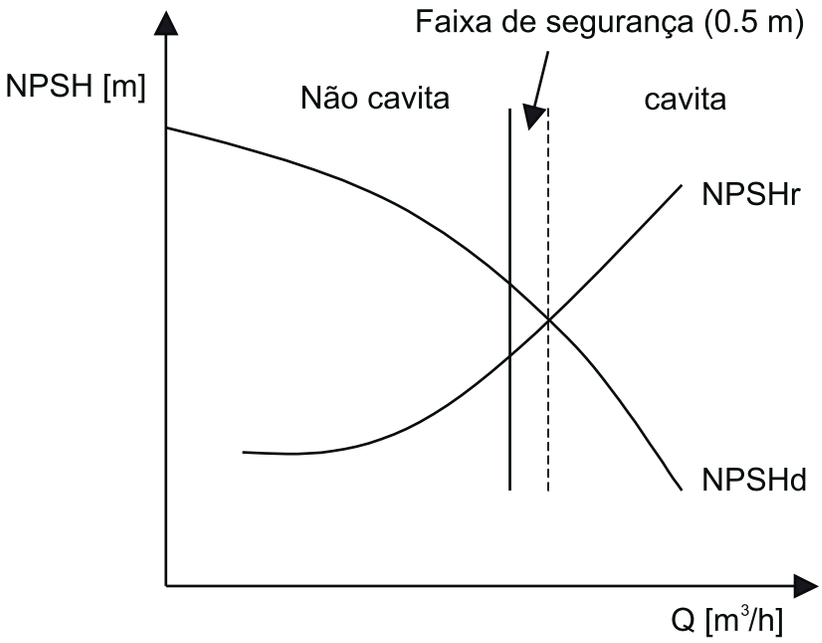


Fig. 3
Gráfico de NPSH
(disponível e requerido)

2.6 - Medidas destinadas a dificultar o aparecimento da cavitação

Quando a instalação apresenta um NPSHd insuficiente para uma seleção ótima da bomba, existem vários modos de se lidar com o problema. Podemos encontrar meios para aumentar o NPSHd ou reduzir o NPSHr, ou ambos.

Aumento do NPSHd

Elevar o nível do líquido no tanque de sucção;
Abaixar a bomba;
Reduzir as perdas na linha de sucção (aumento da bitola do tubo);
Resfriar o líquido.

Redução do NPSHr

Impor velocidades mais lentas na bomba;
Utilizar rotor de dupla sucção;
Utilizar uma maior área no olhal do rotor;
Utilizar uma bomba sobredimensionada;
Utilizar várias bombas menores em paralelo.

Vazão insuficiente da bomba

Causas prováveis	Possíveis soluções
Contrapressão muito alta (altura manométrica elevada)	Aumentar a rotação. Se isso não for possível, em caso de acoplamento a motor elétrico, então é necessário colocar um rotor de diâmetro maior ou escolher uma bomba maior.
A bomba não é bem escorvada (tirar o ar)	Escorvar novamente a bomba e a tubulação e deixar o ar sair completamente.
Entupimento do tubo de sucção (verificar internamente o mangote) ou do rotor	Limpar o tubo de sucção (ou trocar), eventualmente desmontar o rotor.
Formação de bolsas de ar nas tubulações	Sendo sucção positiva (sucção abaixo da bomba), deve ser verificado se a tubulação de sucção está com aclive no sentido da bomba. Quando for sucção negativa (afogada), deve ser verificado o declive da tubulação em relação à bomba. Também se a redução, na boca de sucção, é do tipo excêntrica e com a parte horizontal no plano superior.
Pressão de sucção insuficiente (no caso de afluência (afogada)	Verificar o nível de água no reservatório de afluência, verificar se as perdas de carga na tubulação de sucção não são excessivas, verificar se os registros estão completamente abertos.
Altura de sucção muito elevado.	Limpar a válvula de pé e a tubulação de sucção, eventualmente aumentar a bitola do tubo de sucção. Verificar se a válvula de pé abre bem (recomenda-se colocar uma bitola acima com relação ao tubo). Deve ser calculado o NPSH disponível da instalação e comparado com o NPSH requerido da bomba. Se necessário, diminuir a altura de sucção.
Insuficiente altura de sucção negativa (afogada) bombeando água quente.	Deve ser verificado se a água quente não está se convertendo em vapor. Use um manômetro, se a água se move descompassadamente (pressão instável) é sinal de formação de vapor. A baixa pressão no flange de sucção pode fazer com que a água converta em vapor a uma temperatura consideralvemente mais baixa que a normal, com a conseqüente diminuição de altura geométrica de sucção positiva, podendo-se tornar-se nula. A pressão requerida depende da temperatura da água, capacidade da bomba e tipo de rotor, por isso a bomba deverá Ter as características necessárias ao serviço de água quente. Calcular o NPSH disponível (da instalação) e comparar com o NPSH requerido (da curva da bomba).
Entrada de ar na tubulação de sucção.	Deve ser verificado o alinhamento da tubulação e o estado das conexões quanto à entrada de ar.
Entrada de ar na bomba, através da caixa de gaxeta.	Deve ser ajustado o aperta-gaxeta até fluir o liquido bombeado. Deve ser trocada a gaxeta, se necessário. Deve verificar as tubulações auxiliares (refrigeração).
Válvula de pé sub-dimensionada	Deve ser verificado o estado da válvula quanto a entupimento. A área útil de passagem deverá ser de uma e meia vez a área do tubo. Usando-se filtro, ou crivo, a área útil de passagem deverá ser três a quatro vez a área do tubo de sucção.
Insuficiente submergencia na tubulação de sucção	Se o tubo de sucção não puder ser rebaixado ou se houver redemoinho na zona de aspiração causando a entrada de ar, deve ser feito uma proteção com uma prancha de madeira. Isto elimina o turbilhonamento.
Rotação muito baixa	Se a bomba a plena rotação não fornece a vazão exigida, bastará eventualmente colocar um rotor de diâmetro maior. Caso contrário, a bomba terá que ser substituída por uma maior. Quando ao acionamento for por motor de combustão interna, a rotação do mesmo pode ser regulada em certos limites. No acionamento por correia, a rotação insuficiente pode ser ocasionado pelo escorregamento da correia. Neste caso, esticar a correia. Eventualmente escolher outras polias.
Forte desgaste das peças internas.	Abrir e verificar as folgas das peças sujeitas ao desgaste (anéis de vedação e o rotor). Substitui-las se for o caso.

Pressão excessiva da bomba

Causas prováveis	Possíveis soluções
Rotação muito alta	Verificar exatamente a rotação. Se a redução da mesma for impossível, o rotor deverá ser rebaixado (ajustado).

Pressão insuficiente da bomba

Causas prováveis	Possíveis soluções
Rotação muito baixa	Deve ser verificado se o motor está devidamente ligado á linha e recebendo a voltagem correta. O motor pode estar com uma fase aberta ou a freqüência da rede demasiadamente baixa.
Sentido de rotação invertida	Deve ser com o sentido de rotação da seta localizada na bomba. Se estiver errada, inverter duas fases da alimentação elétrica ao motor.
Anéis de desgastes gastos	Devem ser substituídos os anéis e verificado o estado do rotor.
Rotor danificado	Deve ser reparado ou substituído o rotor, assim como verificar e corrigir possíveis avarias.
Junta do corpo da bomba defeituosa, permitindo vazamento	Deve ser substituída a junta de acordo com a especificação do fabricante.

Bomba perde escorvamento depois da partida

Causas prováveis	Possíveis soluções
Altura de sucção muito elevada	Devem ser verificadas as perdas de carga na tubulação de sucção. Deve ser calculado o NPSH disponível e comparado com o NPSH requerido pela bomba. Se necessário diminuir a altura de sucção.
Bolsa de ar na Tubulação de sucção	Sendo sucção positiva, deve ser verificado se a tubulação de sucção está com aclive no sentido da bomba. Quando for sucção negativa, deve ser verificado o declive da tubulação em relação a bomba. Também se a redução, na entrada da bomba na sucção é do tipo excêntrica e está com sua parte horizontal na parte superior.
Entrada de ar na tubulação de sucção	Deve ser verificado o alinhamento da tubulação e o estado das conexões quanto à entrada de ar.
Entrada de ar na bomba, através da caixa de gaxetas	Deve ser ajustado o aperta-gaxeta até fluir o liquido bombeado. Deve ser trocada a gaxeta, se necessário. Deve verificar as tubulações auxiliares de refrigeração.
Insuficiente submergencia da tubulação de sucção	Se o tubo de sucção não puder ser rebaixado ou se houver redemoinho na zona de aspiração, causando a entrada de ar, deve ser feita uma proteção com prancha de madeira, isto elimina o turbilhonamento.

Vazamento excessivo pela caixa de gaxetas

Causas possíveis	Prováveis soluções
Excesso de pressão na câmara de gaxeta	Deve ser verificada a tubulação de equilíbrio da pressão. Idem para as vedações internas de acesso à câmara de gaxeta.
Prensa-gaxeta posicionado erradamente na caixa de gaxetas	Deve ser reposicionado corretamente.
Ligação do liquido de selagem/lubrificação das gaxetas ou sem passagem de liquido	Deve ser verificado e limpo o tubo ou deve ser regulada a válvula de controle do fluxo.
Eixo empenado	Deve ser corrigido e/ou substituído, de acordo com a necessidade.

Bomba sobrecarrega o motor	
Causas possíveis	**Prováveis soluções**
Rotação muito alta	Deve ser verificado se a rotação do motor com a do sistema (a potência requerida por uma bomba centrifuga varia com o cubo da rotação).
Altura manometrica do sistema menor do que aquela à qual a bomba foi fornecida	Deve ser reduzido o diâmetro do rotor à medida devidamente calculada ou de acordo com indicações da curva características da bomba. Pode-se ajustar a vazão através do registro de recalque.
Peso específico do fluido diferente daquele para o qual a bomba foi fornecida	Deve ser substituído o motor de acordo com a nova carga hidráulica.
Viscosidade do liquido diferente para a qual a bomba foi fornecida	Deve ser substituído o motor de acordo com a nova curva de carga hidráulica.
Corpos estranhos no rotor	A bomba deve ser desmontada e o rotor totalmente limpo.
Desalinhamento	Deve ser verificado e corrigido o alinhamento da bomba e do rotor.
Eixo empenado	Deve ser corrigido e/ou substituído o eixo, de acordo com a deformação sofrida.
Rotor raspando na carcaça	A carcaça pode ter sido deformada pelo peso da tubulação indevidamente apoiada. Eixo empenado poderá ser a causa. Corrija ou substitua a parte danificada e corrija as causas.
Anéis de desgastes gastos	Devem ser substituídos os anéis, verificando o estado do rotor.
Engaxetamento erroneamente instalado	Verifique o estado das gaxetas. Deve ser feito o engaxetamento corretamente e/ou recolocado adequadamente.
Aperta-gaxeta muito apertado, impedindo a lubrificação do engaxetamento	Deve ser ajustado o aperta-gaxeta, o necessário para fazer a água de lubrificação fluir (pingar) nas gaxetas.

090501

THEBE BOMBAS HIDRÁULICAS LTDA
Av. Manoel Gomes Casaca, 840 - Parque Industrial
CEP 13880-970 Vargem Grande do Sul - SP
CP-72 Tel: (19) 3641-9100 Fax: (19) 3641-5555
thebe@thebe.com.br
www.thebe.com.br