

Vamos iniciar este novo encontro resolvendo exercícios.

38° A instalação de bombeamento a seguir opera com uma bomba cujas curvas são conhecidas e dadas no próximo slide. Sabendo que bombeia água a 28°C, com uma vazão de 3 L/s e que a tubulação antes da bomba (aB) tem um diâmetro nominal de 2" aço 40, pede-se:

- verificar a supercavitação;
- verificar a cavitação através do NPSH;
- Se tiver cavitando proponha alguma solução e comprove que a mesma resolveu o problema.

Dados: leitura barométrica igual a 702 mmHg; comprimento da tubulação antes da bomba igual a 1,7 m; $\Sigma L_{eqs2"} = 15,05$ m; $\Sigma L_{eqs1,5"} = 0,38$ m

AS COTAS ENCONTRAM-SE EM CM

RUDC INDUSTRIA E COMERCIO LTDA
CURVA RF

VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA

POTÊNCIA (CV)

NPSH (METROS)

CCB do exercício anterior!

- a. Resolvendo o exercício aplicando a equação da energia da seção inicial à seção de entrada da bomba:

$$H_{\text{inicial}} = H_{eB} + H_{PaB} \Rightarrow H_{PaB} = H_{p2''} + H_{p1,5''}$$

Q(L/s)	Dint (mm)	2'' A (cm ²)	L (m)	Σleq(m)
3	52,5	21,7	1,7	15,05

Dint (mm)	1,5'' A (cm ²)	L (m)	Σleq(m)
40,8	13,1	0,0	0,3

carga cinética na entrada da bomba

v _{1,5''}	Re _{1,5''}	α	v ² /2g
2,3	111898	1	0,268

água a 28 graus Celsius

ρ (kg/m ³)	v (m ² /s)	ρ _{vapor} (bar) abs	γ (N/m ³)
996,2	8,35E-07	0,03778	9762,76

perda antes da bomba tubulação 2''

f	Hp (m)
0,0222	0,692

perda antes da bomba tubulação 1,5''

f	Hp (m)
0,0226	0,0444

Adotando o PHR no eixo da bomba, temos:

Carga total na seção inicial

z _{inicial} (m)	p _{nicial} /γ (m)	v ² /2g (m)	H _{inicial} (m)
-1,1	0	0	-1,1

Carga total na seção entrada da bomba

z _{final} (m)	p _{final} /γ (m)	v ² /2g (m)	H _{final} (m)
0	pe/9762,76	0,268	(pe/9762,76)+0,268

Cálculo da pressão na seção de entrada da bomba em Pa 20535,98

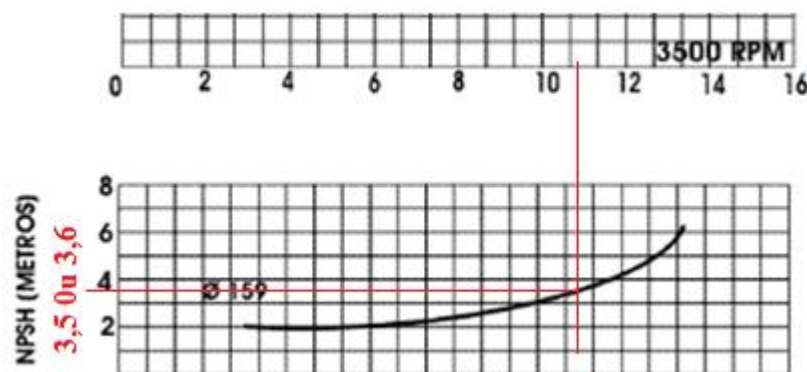
leitura barométrica
(mmHg)
702

Pressão na seção de entrada na escala absoluta (p_{eabs} em Pa) 73026,6

Pressão de vapor em Pa 3778

Como a pressão na seção de entrada na escala absoluta é maior que a pressão de vapor, podemos afirmar que **não ocorre a supercavitação**

- b. Para esta situação devemos ler o $NPSH_{requerido}$ e calcular o $NPSH_{disponível}$, isto para a vazão de trabalho de 3 L/s (10,8 m³/h)



No caso da KSB recomenda adicionar 0,5 m para trabalhar com segurança, portanto teríamos $NPSH_{requerido} = 4,0$ m.

Calculando o $NPSH_{disponível}$ com o PHR no eixo da bomba:

$$NPSH_{disponível} = z_{inicial} + \frac{p_{inicial\ abs} - p_{vapor}}{\gamma} - H_{PaB}$$

$$NPSH_{disponível} = -1,1 + \frac{93562,56 - 3778}{9762,76} - (0,692 + 0,0444)$$

$$NPSH_{disponível} \cong 7,36... \approx 7,3\text{m}$$

$$\text{Reserva contra cavitação} = 7,3 - 4 = 3,3\text{m}$$

Portanto não ocorre o fenômeno de cavitação.



Concurso Público para provimento de vagas de
Engenheiro 01 (Química)

Nome do Candidato: Caderno de Prova '19', Tipo 004
Nº de Inscrição: MODELO
Nº do Caderno: MODELO1

Nº do Documento: 0000000000000000
00001-0001-0001

ASSINATURA DO CANDIDATO

PROVA Conhecimentos Básicos
Conhecimentos Específicos

26^o - Utilize as Figuras 5 e 6 para responder às questões de números 41 e 42.

32

The image shows a sample of a public exam form for a Chemistry Engineer position. It includes fields for candidate name, registration number, document number, and signature. Below the form, the word "PROVA" is prominently displayed, followed by the exam content: "Conhecimentos Básicos" and "Conhecimentos Específicos". A speech bubble points to a specific question (26^o) that refers to figures 5 and 6 and asks for answers to questions 41 and 42. A small drawing of a man's face is visible in the bottom left corner. The number 32 is in the bottom right corner.

Para os cálculos adotar $g = 10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ e massa específica da água igual a $1.000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

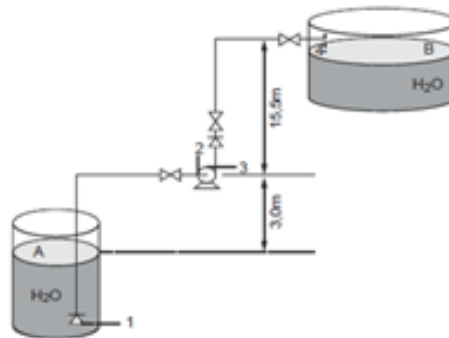


Figura 5 – Representação esquemática de um sistema utilizado para transferir água do tanque A para o tanque B.

53

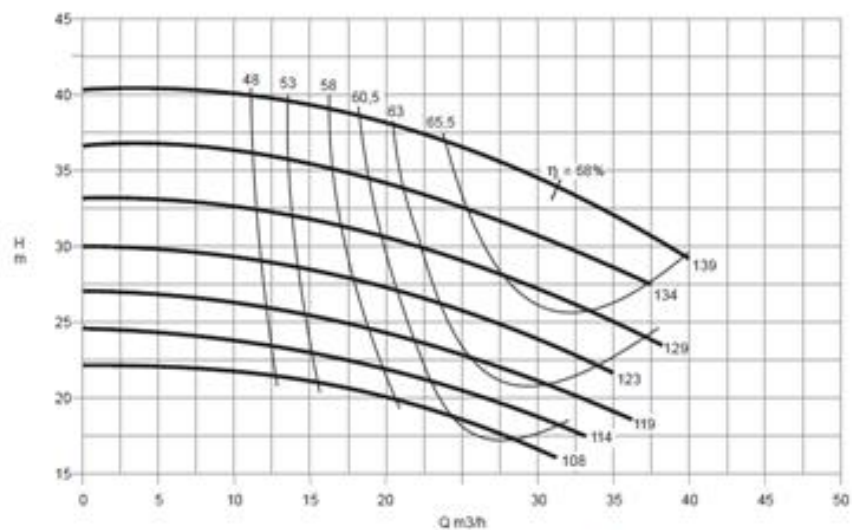


Figura 6: Curva característica das bombas Megabloc, Meganorm e Megachem do catálogo de bombas da KSB.

54

41. Admitindo-se a pressão de vapor da água igual a 10.000 Pa e a pressão atmosférica de 100.000 Pa, o NPSH disponível ou altura manométrica disponível na sucção da bomba é de:

- (A) 6,0 m.c.a.
- (B) 5,0 m.c.a.
- (C) 1,0 m.c.a.
- (D) 4,0 m.c.a.
- (E) 11,0 m.c.a.

42. Na instalação da Figura 5 deseja-se bombear água a 20 °C na vazão de 30 m³/h. A perda de carga na tubulação na sucção (trecho 1 a 2) é de 10,0 J . kg⁻¹. Já a perda de carga na tubulação no recalque (trecho 3 a 4) é de 3,0 m.c.a. Será utilizado a bomba KSB Megabloc modelo 32-125 com rotação de 3.500 rpm, no gráfico a altura manométrica (H) é dada em m.c.a., a vazão da água (Q) em m³/h e os diâmetros dos rotores em mm. Desprezar a variação de energia cinética. O menor diâmetro do rotor que atenderá a instalação é de:

- (A)139 mm;
- (B)119 mm;
- (C)123 mm;
- (D)129 mm;
- (E)134 mm.

Hoje só estou propondo a questão 42



33

Resolvendo o 41

Analisando a unidade da perda de carga antes da bomba J/kg, concluímos que a mesma está sendo considerada como energia por unidade de massa.

Desejando transformá-la por unidade de peso basta dividi-la pela aceleração da gravidade que no caso foi considerada igual a 10 m/s²:

$$\frac{J}{kg} = \frac{N \times m}{kg} = \frac{N \times m}{kg} \times \frac{s^2}{m} = \frac{kg}{kg} \times m = m$$

$$H_{paB} = \frac{10}{10} = 1m$$

Calculando o NPSH_{disponível}:

$$NPSH_{disponível} = z_i + \frac{P_{iabs} - P_{vapor}}{\gamma} - H_{paB}$$

PHR no eixo da bomba :

$$NPSH_{disponível} = -3 + \frac{100000 - 10000}{10000} - 1$$

$$NPSH_{disponível} = 5m = 5mca \Rightarrow (B)$$

Resolvendo o 42

Vamos resolvê-lo adotando o PHR no nível de captação

$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p\text{total}}$$

$$0 + H_S = 18,5 + 1 + 3$$

$$H_S = 22,5\text{m}$$

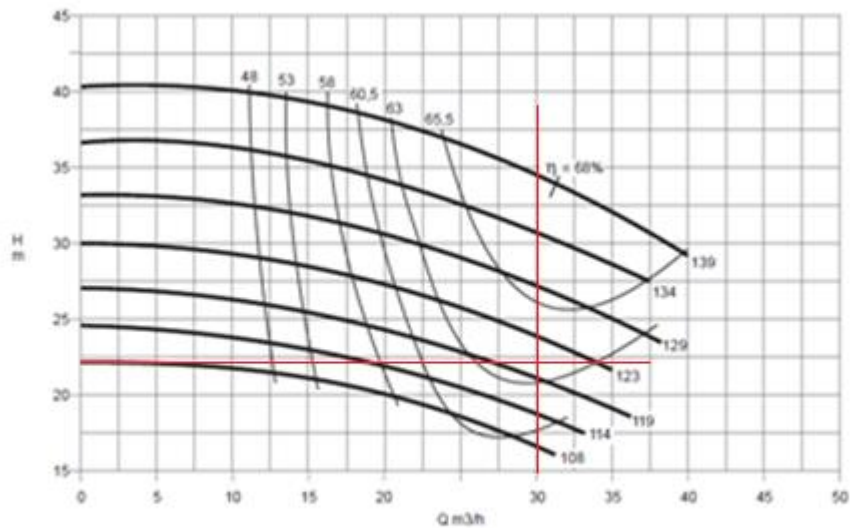


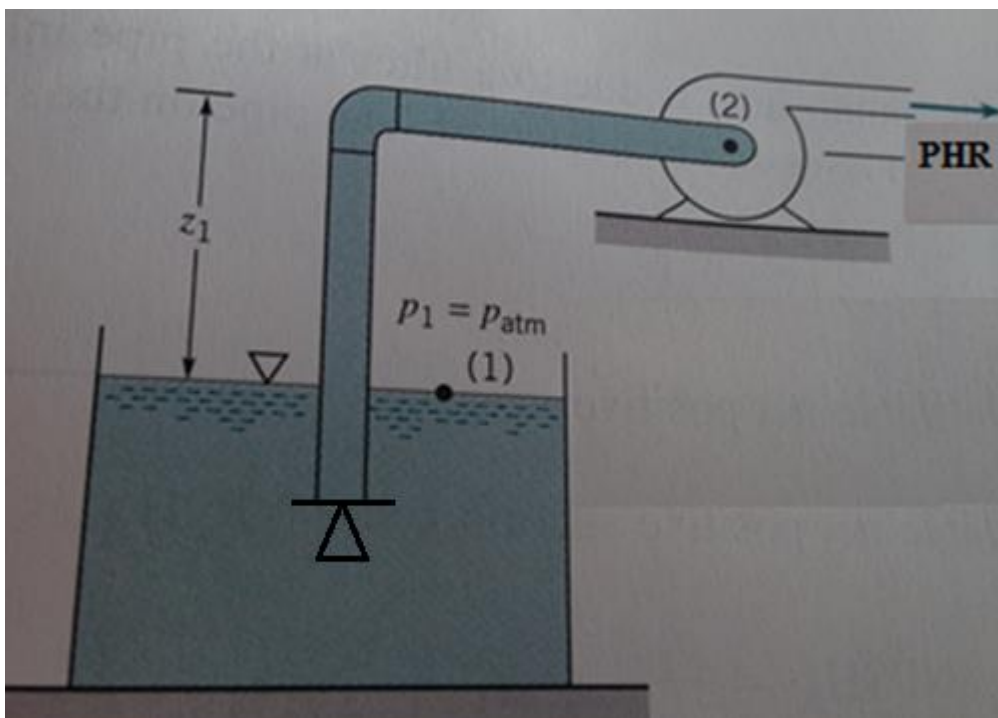
Figura 6: Curva característica das bombas Megabloc, Meganorm e Megachem do catálogo de bombas da KSB.



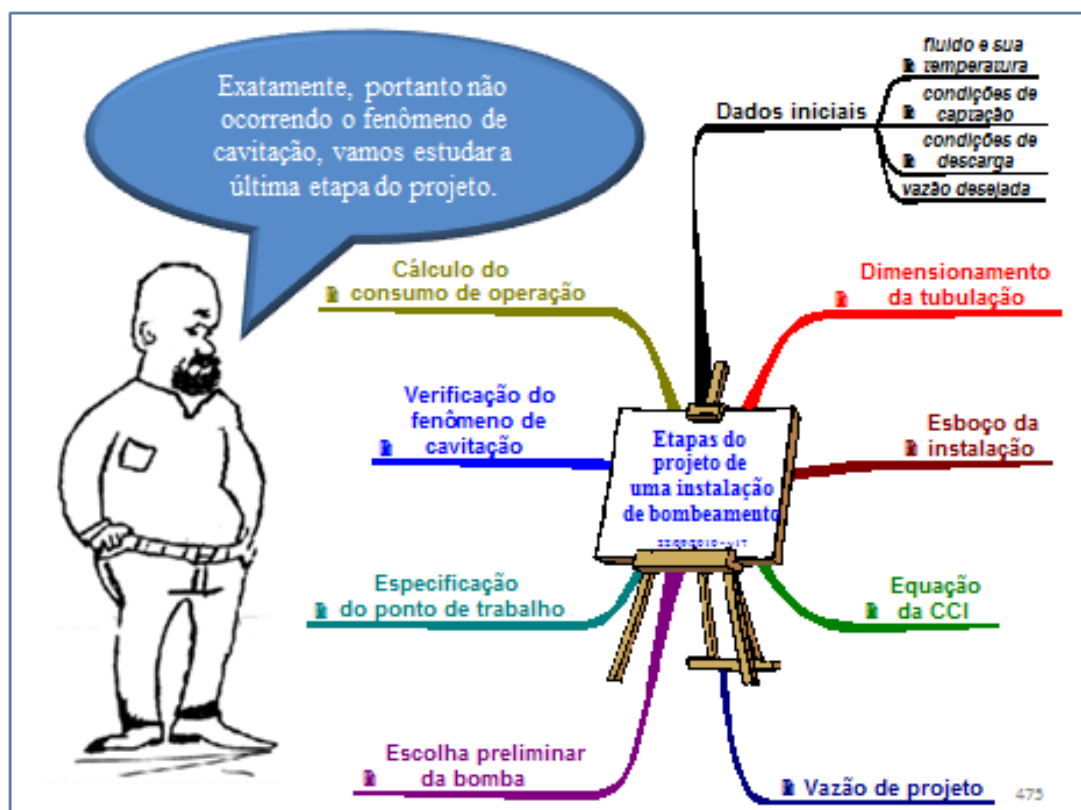
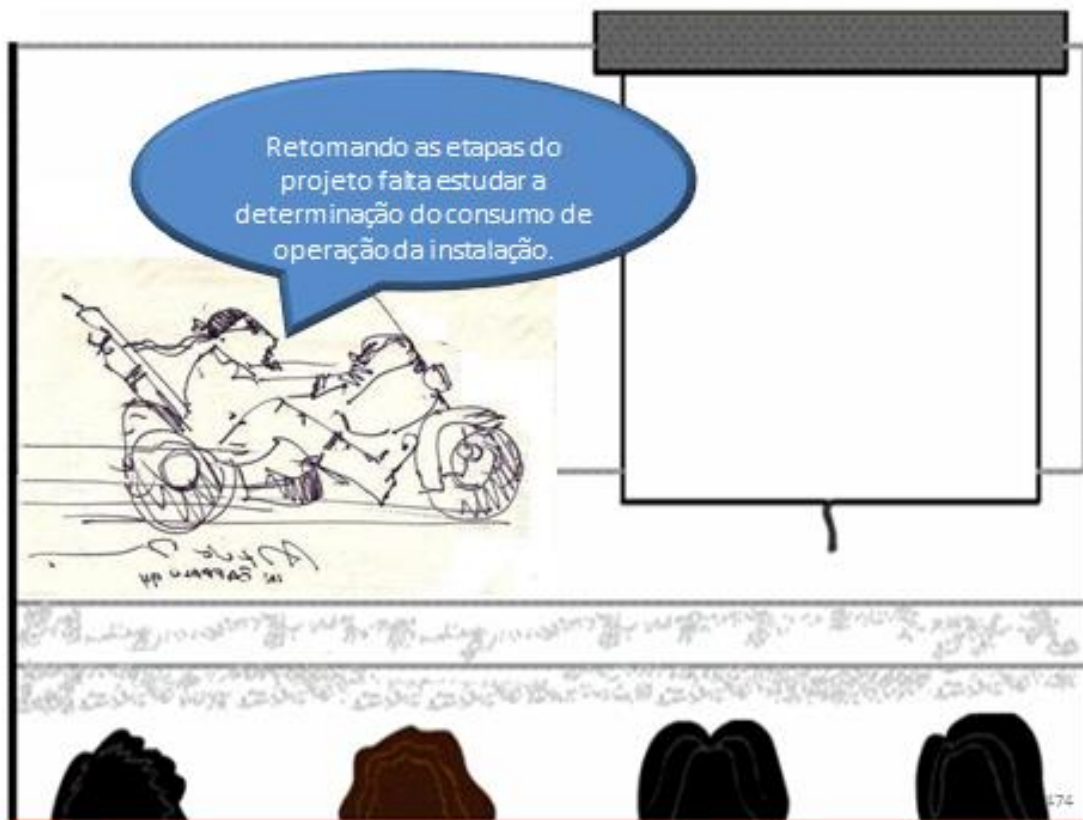
Portanto a bomba escolhida é a de diâmetro do rotor igual a 123 mm.

Extra

Uma bomba centrífuga foi instalada acima do nível de captação d'água de um reservatório considerado de grandes dimensões que se encontra aberto à atmosfera como mostra a figura a seguir. Sabendo que para a vazão de trabalho é 31,6 L/s o fabricante da bomba especifica o $NPSH_{requerido}$ (Net positive Suction Head requerido) igual a 4,6 m, que a temperatura d'água é 27°C e a pressão atmosférica 14,7 psi, determine a altura máxima, z_1 , que a bomba pode ser instalada acima do nível de captação sem ocorrer o fenômeno de cavitação. A tubulação de sucção tem comprimento de 3,0 m e é constituída de uma válvula de poço da Mipel e uma curva fêmea da Tupy ambas de 4" e que a tubulação é de aço 40 ($k = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$) com diâmetro nominal igual a 4".




Resposta: $z_1 \cong 0,784\text{m}$, portanto a bomba tem que estar afogada





A potência mecânica é a grandeza física que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo




$$N_{\text{mec}} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta(F \times s)}{\Delta t} = F \times v$$

$$v = \frac{2\pi nr}{60}$$

C = conjugado (ou torque)
 $C = F \times r$
 r = raio do rotor


$$N_{\text{mec}} = C \times \frac{2\pi}{60} \times n = F \times r \times \frac{2\pi}{60} \times n$$

Velocidade de rotação síncrona (ns)

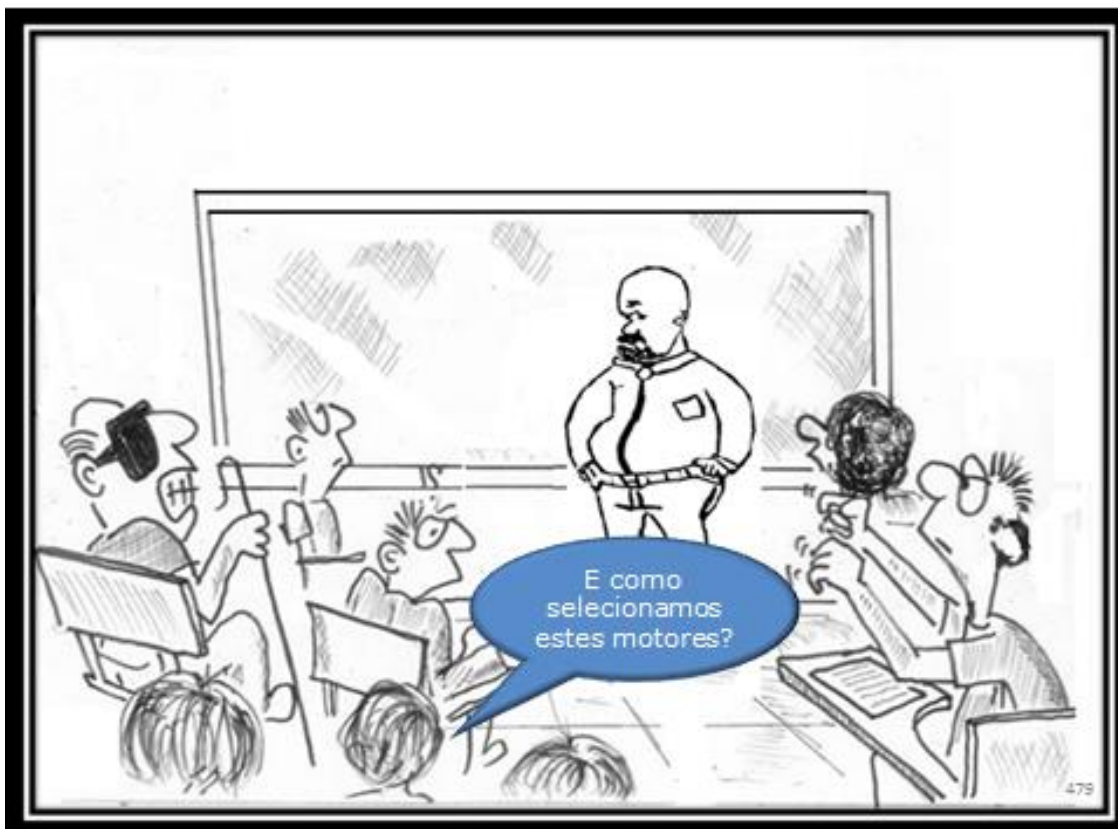
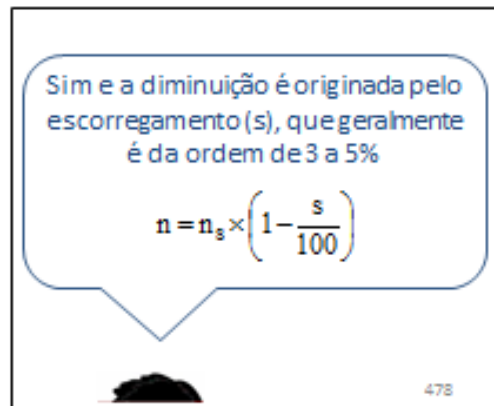


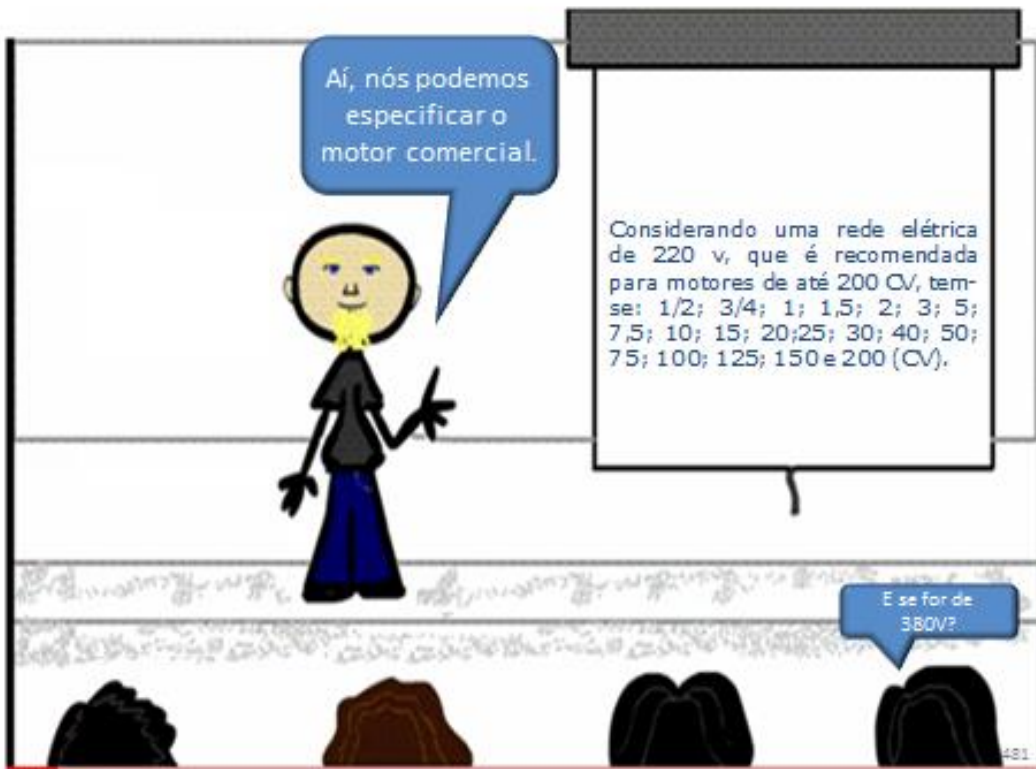
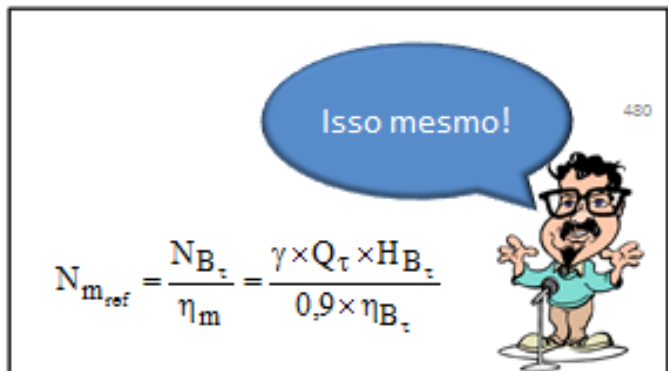
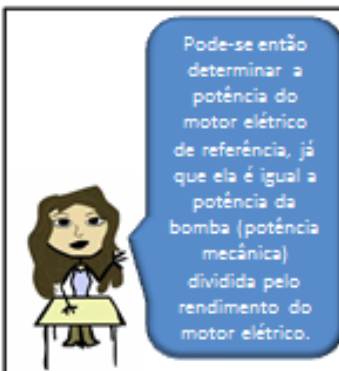
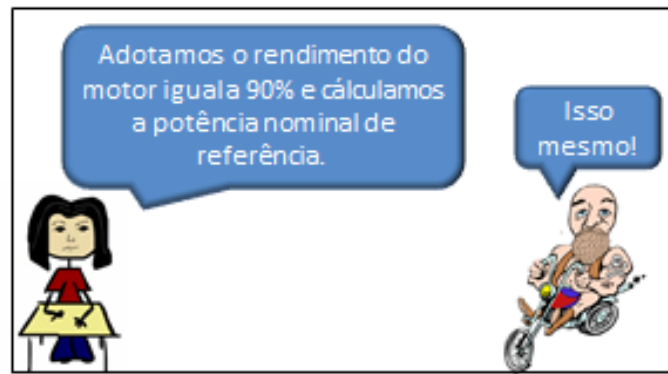
$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \rightarrow [f] - \text{Hz}$$

p - número de pólos
 2 pólos - 3600 rpm
 4 pólos - 1800 rpm
 6 pólos - 1200 rpm
 8 pólos - 900 rpm



Geralmente os motores síncronos só são usados para potências > que 500CV





Se for 380V, temos:

motores em CV \rightarrow 1/2 . . . , 200; 250; 300; 350; 425; 475; 530; 600; 675; 750; 850; 950; 1000.

Especificado o motor elétrico, podemos calcular o seu consumo de energia.

Sim, mas podemos também calcular o rendimento real do motor elétrico!

$$\eta_{m_{real}} = \frac{N_{B_t}}{N_{m_{comercial}}}$$

Consumo_{energia_{comercial}} = A

$$A = N_{m_{comercial}} \text{ (kW)} \times a \left(\frac{h}{\text{dia}} \right) \times b \left(\frac{\text{dia}}{\text{mes}} \right)$$

482

Só existe essa maneira para sua especificação?

Existem outras maneiras para a escolha dos motores.

Uma outra maneira está sintetizada no próximo slide.

483

O motor que aciona a bomba deverá trabalhar sempre com uma folga ou margem de segurança a qual evitará que o mesmo venha, por uma razão qualquer, operar com sobrecarga. Portanto, recomenda-se que a potência necessária ao funcionamento da bomba (N_b) seja acrescida de uma folga, conforme especificação a seguir (para motores elétricos):

Potência exigida pela Bomba (N_b)	Margem de segurança recomendada (%)
até 2 cv	50%
de 2 a 5 cv	30%
de 5 a 10 cv	20%
de 10 a 20 cv	15%
acima de 20 cv	10%

Para motores a óleo diesel recomenda-se uma margem de segurança de 25% e a gasolina, de 50% independente da potência calculada.

A TABELA ACIMA PODE SER LIDA NA PÁGINA 69 DO LIVRO BOMBAS E INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO ESCRITO POR A. J. MACINTYRE E EDITADO PELA LTC EM 2008.



484

Terceira lista de exercícios:

Exercício	Número do slide	Exercício	Número do slide	Exercício	Número do slide
46	473	57	500	68	511
47	485	58	500	69	551
48	486	59	501	70	554
49	487	60	502	71	555
50	488	61	505	72	555 e 556
51	491	62	506	73	557
52	491	63	508	74	558
53	493	64	508	75	559
54	494	65	508	76	561
55	497	66	509	77	592
56	498	67	510	78	611