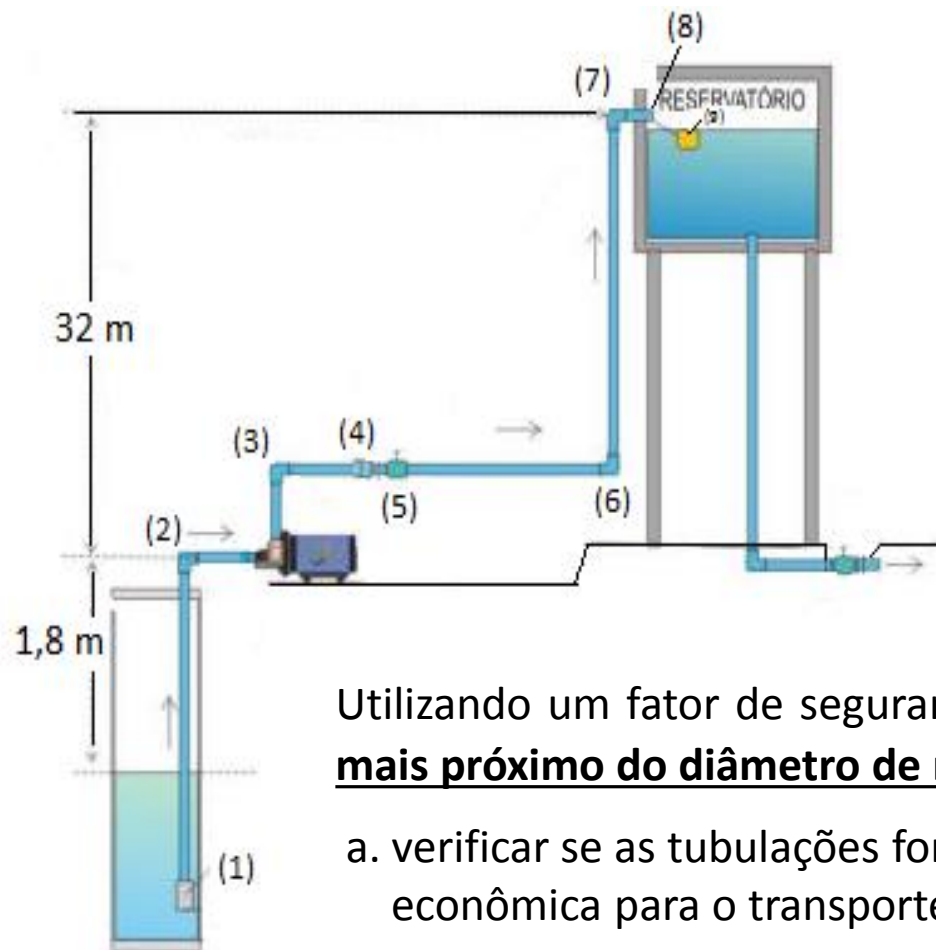


P1 com consulta – turma A

ME 5330 – PRIMEIRO SEMESTRE DE 2014



1ª Questão: Para a instalação de bombeamento representada a seguir (1) é uma válvula de poço; (2), (3), (6) e (7) são joelhos fêmea de 90°; (4) uma válvula de retenção horizontal; (5) registro globo aberto; (8) é saída de tubulação e (9) bóia. O fluido bombeado é a água com massa específica igual a 1000 kg/m^3 , viscosidade cinemática igual a $1,62 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e com uma vazão de projeto igual a $3,0 \text{ L/s}$. A tubulação de aço 40 inicialmente recomendada para antes da bomba é a de $D_N = 2''$ ($D_{\text{int}} = 52,5 \text{ mm}$ e $A = 21,7 \text{ cm}^2$) e a inicialmente recomendada para depois da bomba é também de aço 40 com $D_N = 1,5''$ ($D_{\text{int}} = 40,8 \text{ mm}$ e $A = 13,1 \text{ cm}^2$).



Dados:

$$L_{aB} = 4,0 \text{ m}; L_{dB} = 45 \text{ m}; K_{aço} = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m};$$

$$P_{\text{atm}} = 700 \text{ mm Hg (leitura barométrica);}$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13585 \text{ kg/m}^3; g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Utilizando um fator de segurança mínimo de 1,1 e considerando como escolha o diâmetro mais próximo do diâmetro de referência, pede-se:

- verificar se as tubulações foram bem dimensionadas, isto considerando uma velocidade econômica para o transporte d'água igual a $1,5 \text{ m/s}$; **(valor – 1,0)**

$$Q_{\text{desejada}} = \frac{Q_{\text{projeto}}}{\text{fator_de_segurança}}$$

$$Q_{\text{desejada}} = \frac{3 \text{ L}}{1,1 \text{ s}}$$

Para pensar no dimensionamento das tubulações é necessário conhecer a vazão desejada!



Aí é só lembrar: “O ALEMÃO QUE VÁ” sempre com a velocidade média e sempre iniciando com a tubulação após a bomba!

$$Q_{\text{desejada}} = v \times A = v \times \frac{\pi \times D_{\text{ref}}^2}{4}$$

$$\frac{3 \times 10^{-3}}{1,1} = 1,5 \times \frac{\pi \times D_{\text{ref}}^2}{4}$$

$$D_{\text{ref}} = \left[\frac{4 \times \left(\frac{3 \times 10^{-3}}{1,1} \right)}{1,5 \times \pi} \right] \times 1000 \cong 48,1 \text{ mm}$$

Diâmetro nominal (pol) – Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
13,7	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430
	Std, 40, 40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067	0,138	0,202	0,413
	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046	0,157	0,229	0,393

1½	Std, 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
48	160	7,14	33,9	9,07	9,22	0,196	7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39

$D_{int} = 48,1 \text{ mm}$

2	Std, 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
60	160	8,71	42,9	14,4	14,1	0,251	11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79

Portanto para a tubulação depois da bomba optamos pelo tubo de aço 40 com $D_N = 2''$ ou seja, $D_{int} = 52,5 \text{ mm}$ e $A = 21,7 \text{ cm}^2$

Considerando tubos de aço, recorreremos a norma ANSI B3610





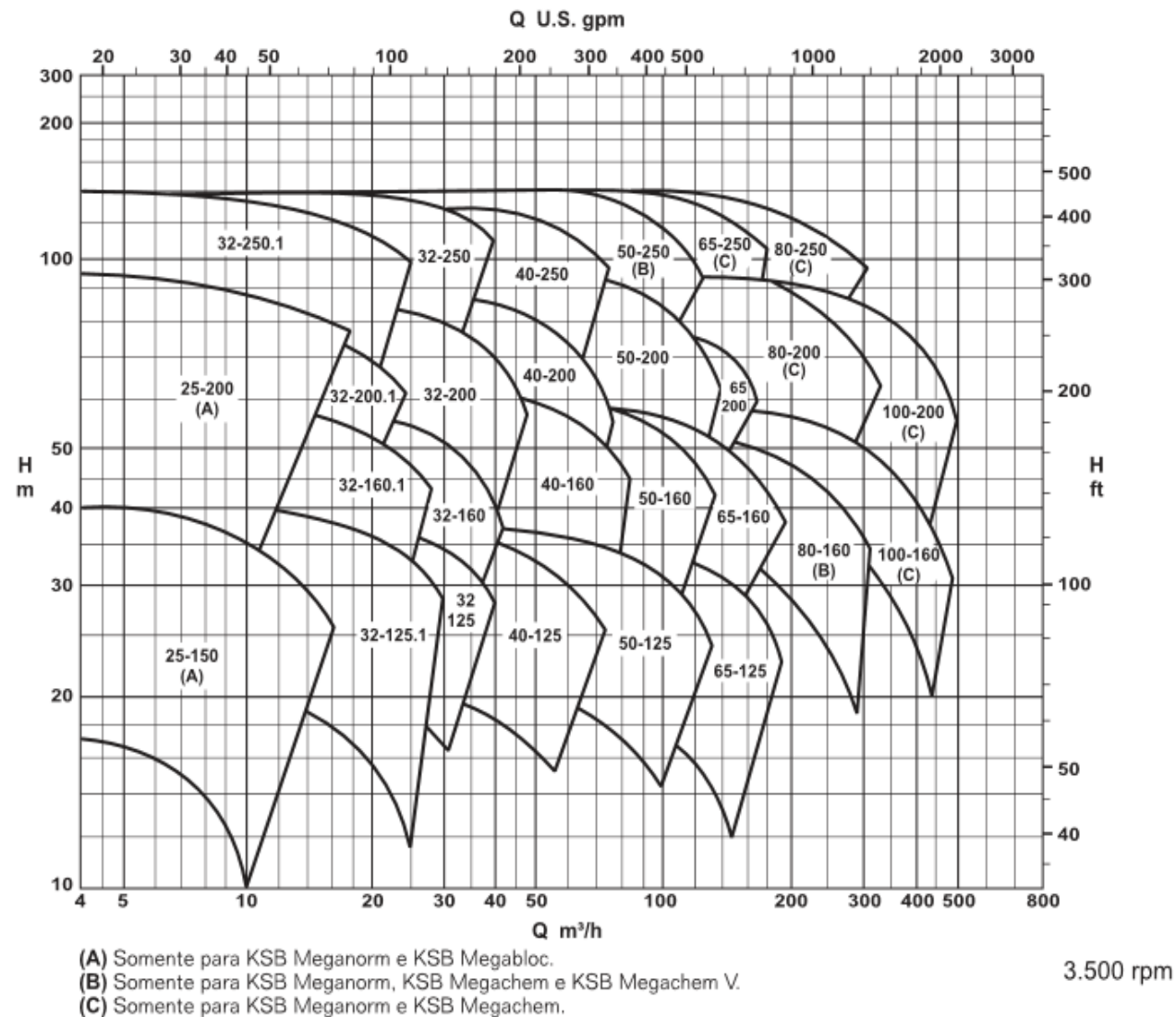
Para a tubulação antes da bomba, no intuito de evitar o fenômeno de cavitação, adotamos um diâmetro imediatamente acima, ou seja, para um tubo de aço 40, optamos $D_N = 2,5''$ ou seja, $D_{int} = 62,7 \text{ mm}$ e $A = 30,9 \text{ cm}^2$



Portanto as tubulações,
tanto antes como depois da
bomba não foram bem
dimensionadas segundo o
critério estabelecido!

Isto mesmo!

- b. escolher preliminarmente a bomba considerando a tabela de comprimentos equivalentes e o diagrama de tijolos dados; **(valor – 1,0)**



SCHNEIDER
MOTOBOMBAS

TABELA 7 - PERDA DE CARGA EM ACESSÓRIOS

Tabela de perdas de cargas localizadas em conexões, considerando-se os comprimentos equivalentes em metros de canalização

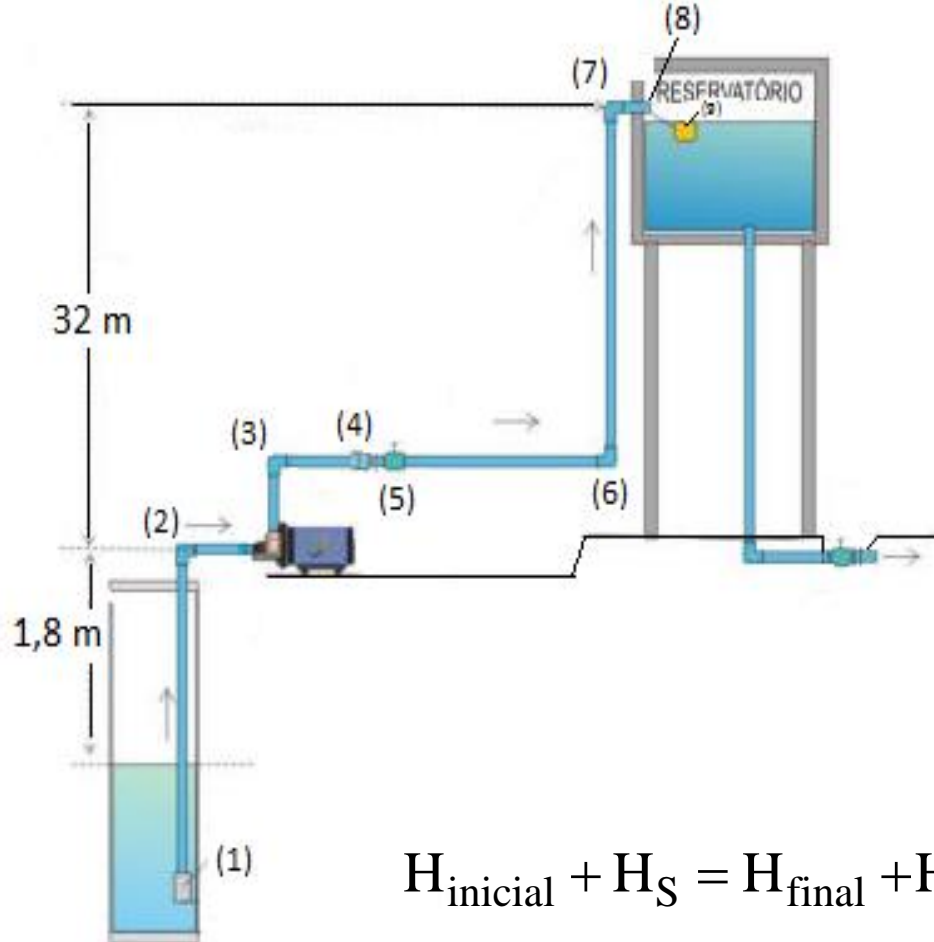
CONEXÃO	Diâmetro nominal X Equivalência em metros de canalização										
	MATERIAL	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	
Curva 90°	PVC	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	
	Metal	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1	
Curva 45°	PVC	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	
	Metal	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	
Joelho 90°	PVC	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,9	
	Metal	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,2	
Joelho 45°	PVC	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,5	
	Metal	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	
Tê de passagem direta	PVC	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3	
	Metal	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	
Tê de saída lateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0	
	Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	
Tê de saída bilateral	PVC	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0	8,3	10,0	
	Metal	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	
União	PVC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25	
	Metal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	
Saída de canalização	PVC	0,9	1,3	1,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,9	
	Metal	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	
Luva de redução (*)	PVC	0,3	0,2	0,15	0,4	0,7	0,8	0,85	0,95	1,2	
	Aço	0,29	0,16	0,12	0,38	0,64	0,71	0,78	0,9	1,07	
Registro de gaveta ou esfera aberto	PVC	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	
	Metal	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	
Registro de globo aberto	Metal	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	43,0	
Registro de ângulo aberto	Metal	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0	
Válvula de pé com crivo	PVC	9,5	13,3	15,3	18,3	23,7	25,0	26,8	28,8	37,4	
	Metal	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	22,0	23,0	30,0	
Válvula de Retenção	Horizontal	Metal	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4
	Vertical	Metal	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1



OBSERVAÇÕES:

a - Os valores acima estão de acordo com a NBR 5626/82 e Tabela de Perda de Targa da Tigre para PVC rígido e cobre, e NBR 92/80 e Tabela de Perda de Carga Tupy para ferro fundido galvanizado, bronze ou latão.

b - (*) Os diâmetros indicados referem-se à menor bitola de reduções concêntricas, com fluxo da maior para a menor bitola, sendo a bitola maior uma medida acima da menor.



Singularidade	Localização	DN em pol.	Leq (m)
Válv. de poço	aB (1)	2,5	17,0
Joelho fêmea de 90°	aB (2)	2,5	2,0
Joelho fêmea de 90°	dB (3)	2	1,7
Válv. de ret. horizontal	dB (4)	2	4,2
Registro globo aberto	dB (5)	2	17,4
Joelho fêmea de 90°	dB (6)	2	1,7
Joelho fêmea de 90°	dB (7)	2	1,7
Saída da tubulação	dB (8)	2	1,5

$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p_{\text{total}}} \rightarrow z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} + H_S = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f v_f^2}{2g} + H_{p_{aB}} + H_{p_{dB}}$$

Adotando o PHR no nível de captação e considerando a escala efetiva, resulta:


Os coeficientes de perda de carga distribuída são obtidos pelo diagrama de Rouse.



$$0 + H_S = 33,8 + \frac{\alpha_f \times Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + f_{aB} \times \frac{(4 + 17 + 2)}{0,0627} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (30,9 \times 10^{-4})^2} +$$

$$f_{dB} \times \frac{(45 + 3 \times 1,7 + 4,2 = 17,4 + 1,5)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_S = 33,8 + \alpha_f \times 10834,9 \times Q^2 + f_{aB} \times 1960140,8 \times Q^2 + f_{dB} \times 15106930,8 \times Q^2 \Rightarrow ()$$

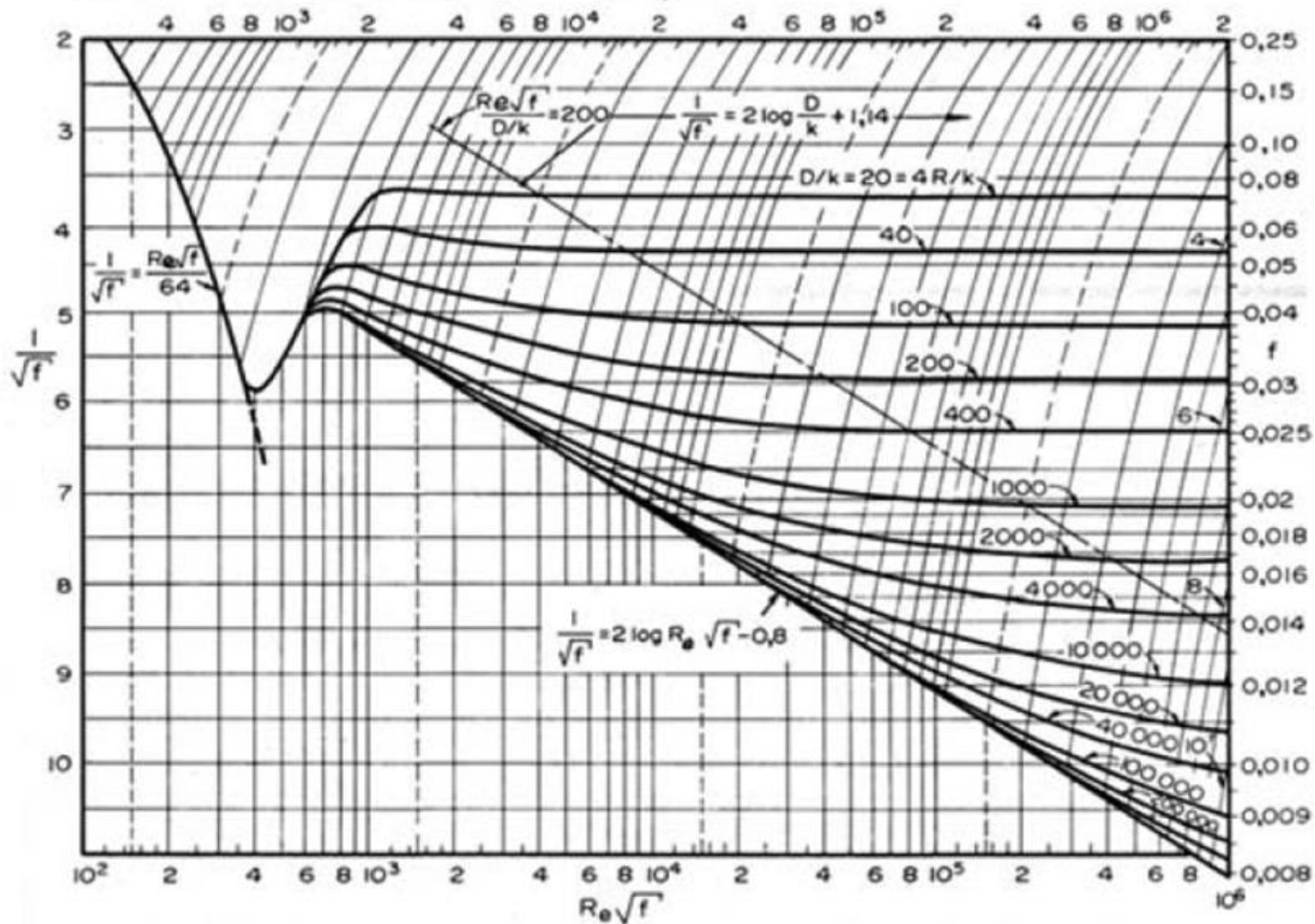


A escolha da bomba deve ocorrer para que vazão?

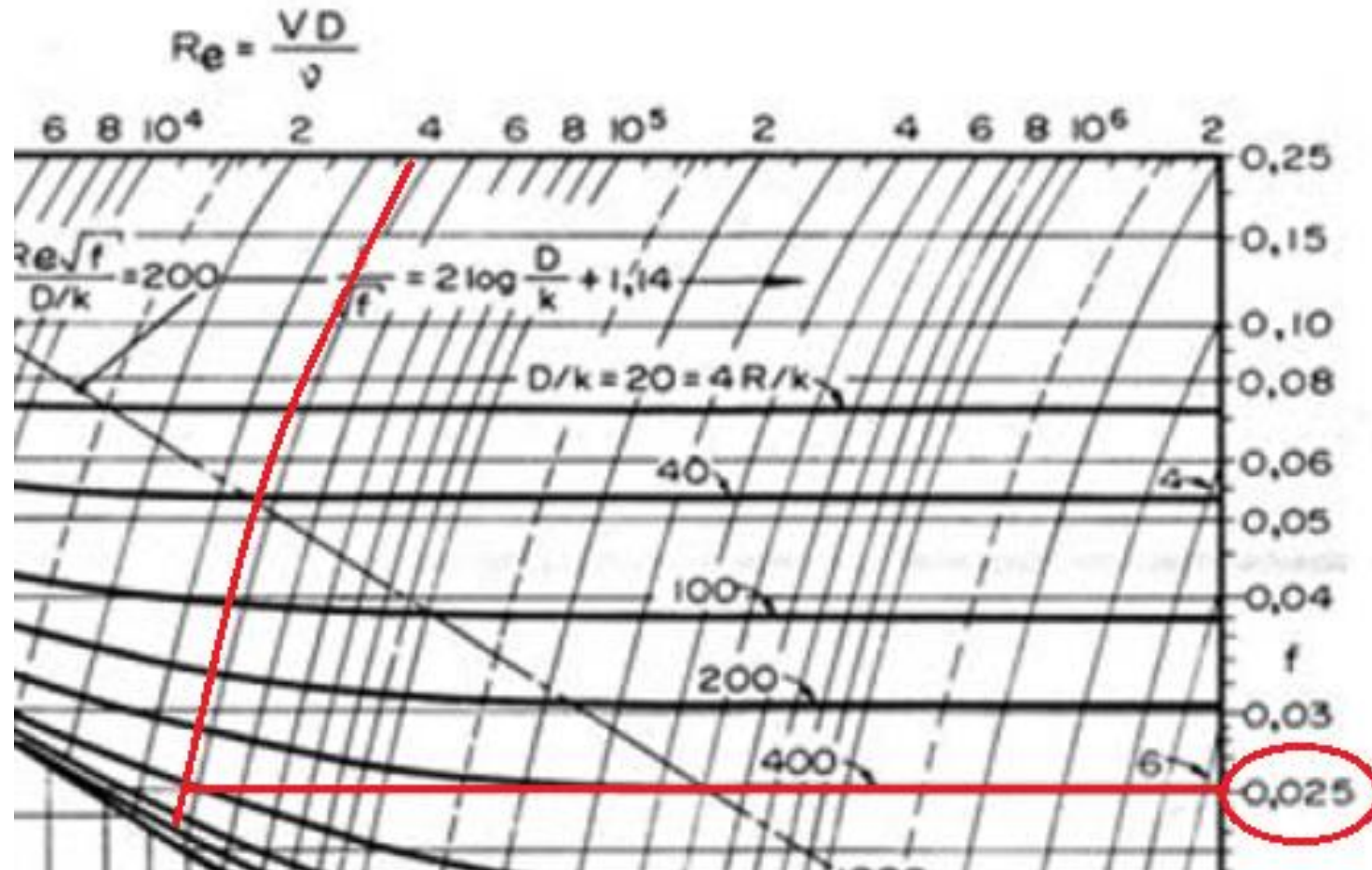
Para a vazão de projeto!

DIAGRAMA DE ROUSE

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

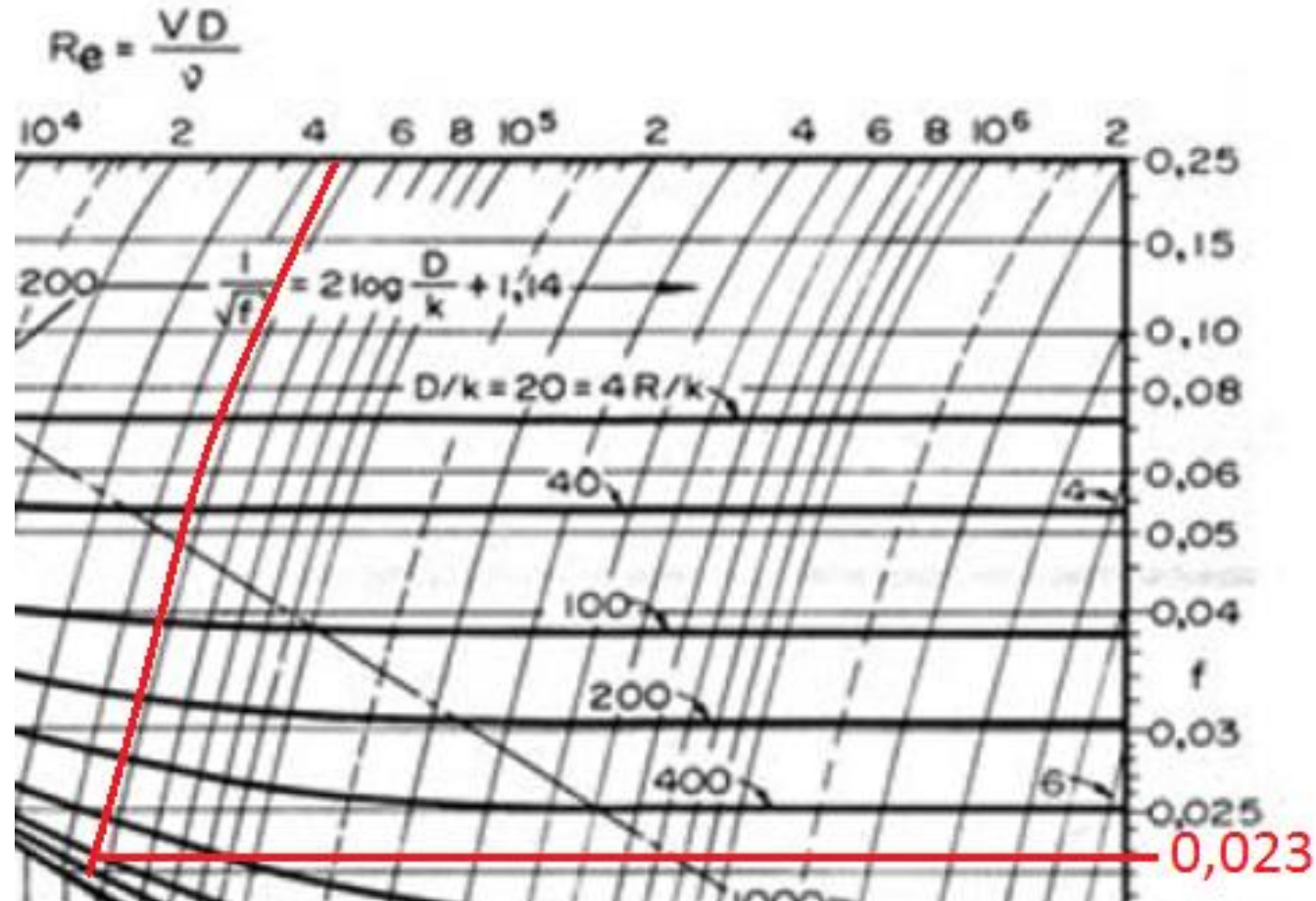


$$v_{aB} = \frac{3 \times 10^{-3}}{30,9 \times 10^{-4}} \cong 0,971 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \text{Re}_{aB} = \frac{0,971 \times 0,0627}{1,62 \times 10^{-6}} \cong 3,8 \times 10^4 \rightarrow \left. \frac{D_H}{K} \right)_{aB} = \frac{0,0627}{4,6 \times 10^{-5}} \cong 1363 \therefore f_{aB} \cong 0,025$$



$$v_{dB} = \frac{3 \times 10^{-3}}{21,7 \times 10^{-4}} \cong 1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \text{Re}_{aB} = \frac{1,4 \times 0,0627}{1,62 \times 10^{-6}} \cong 4,6 \times 10^4 \rightarrow \left. \frac{D_H}{K} \right)_{aB} = \frac{0,0525}{4,6 \times 10^{-5}} \cong 1141 \therefore f_{aB} \cong 0,023$$

$$\therefore \alpha_f = 1,0$$

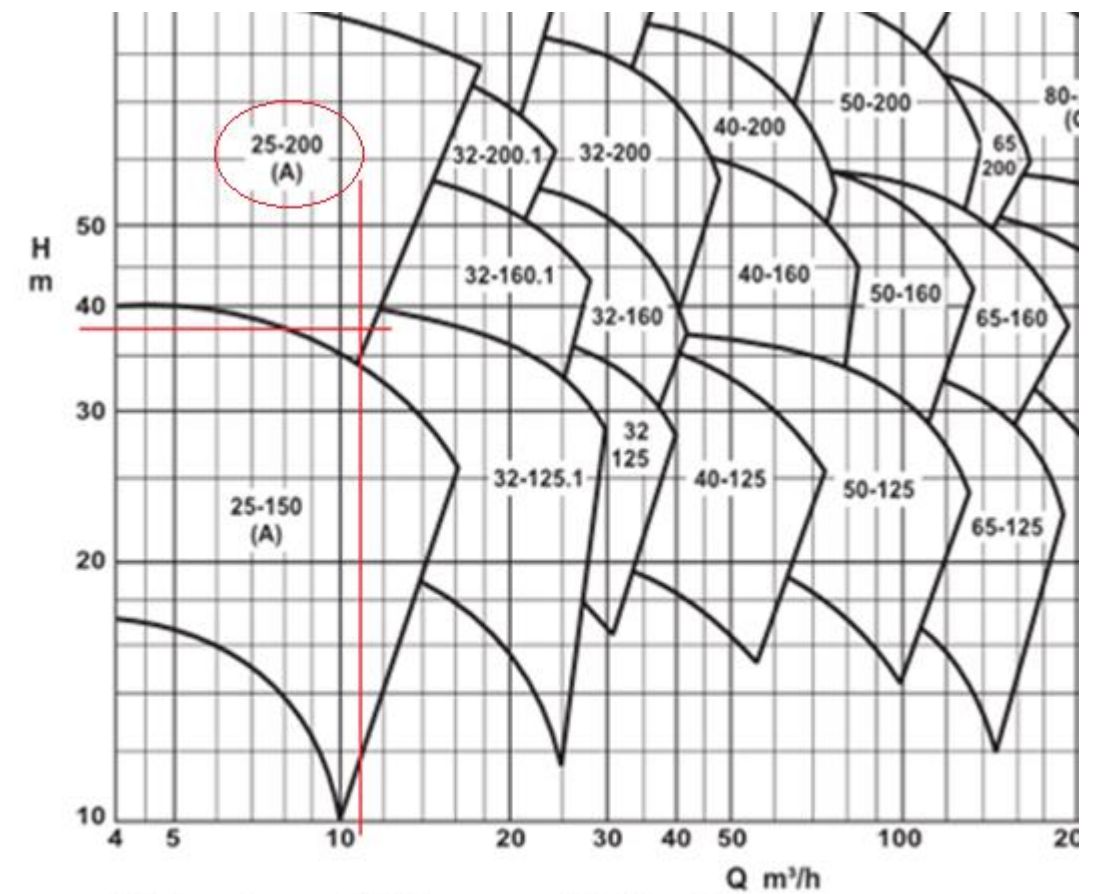


$$H_S = H_{B_{projeto}}$$

$$H_{B_{projeto}} = 33,8 + 1 \times 10834,9 \times (3 \times 10^{-3})^2 + 0,025 \times 1960140,8 \times (3 \times 10^{-3})^2 + 0,023 \times 15106930,8 \times (3 \times 10^{-3})^2$$

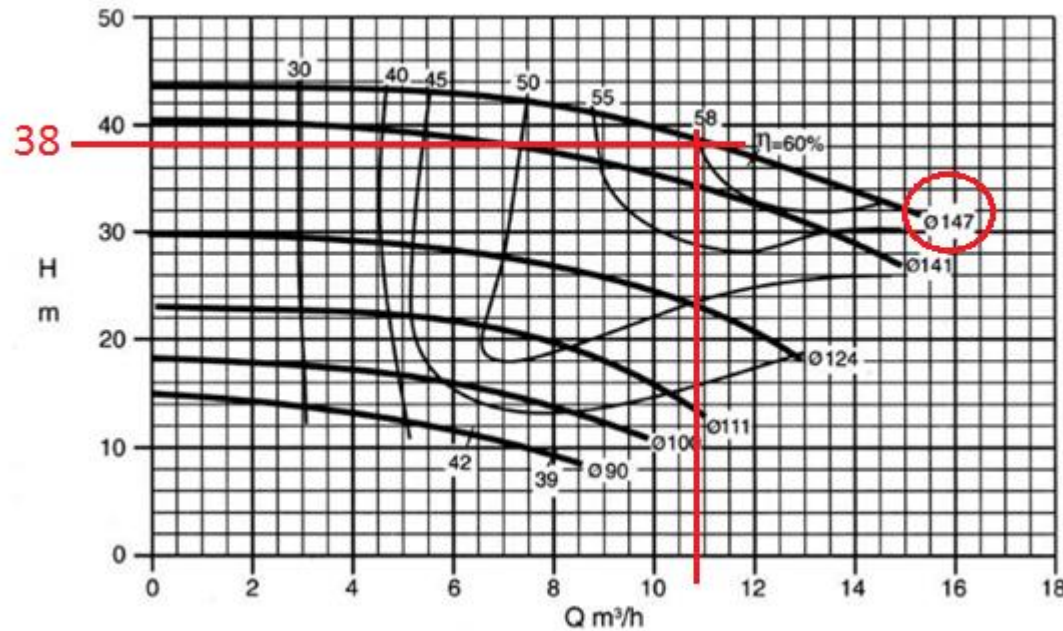
$$H_{B_{projeto}} \cong 37,5m \approx 38m \Rightarrow Q_{projeto} = 3 \times 3,6 = 10,8 \frac{m^3}{h}$$

Portanto a bomba escolhida e a da KSB de 3500 rpm 25 – 200 A



- (A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.
- (B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.
- (C) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.

- c. considerando que a bomba escolhida tem suas curvas representadas na página 2 (abaixo), especifique o diâmetro do rotor, a vazão, a carga manométrica, o rendimento e a potência da bomba no ponto de trabalho; **(valor – 1,0)**



Aproximadamente e considero o diâmetro do rotor igual a 147 mm

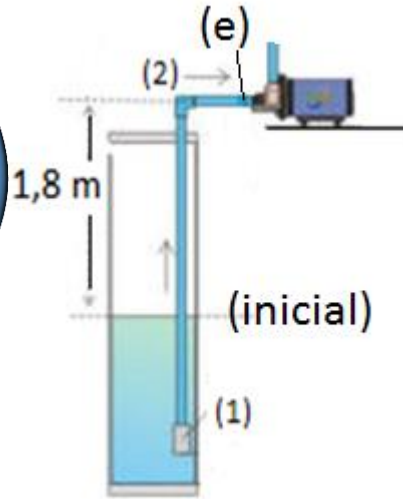


$$H_{B_{\tau}} = 38\text{m}; Q_{\tau} = 11 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}; \eta_{B_{\tau}} = 58\%$$

$$N_{B_{\tau}} = \frac{1000 \times 9,8 \times \left(\frac{11}{3600} \right) \times 38}{0,58} \cong 1962\text{W}$$

- d. sabendo que a pressão do vapor é igual a 813 Pa (abs) verifique a existência do fenômeno de supercavitação;
(valor – 1,0)

Para a análise da supercavitação devemos calcular a pressão na entrada da bomba e compará-la com a pressão de vapor!



Se ela (pressão de entrada da bomba na escala absoluta) for maior que a pressão de vapor, afirmamos que não existe a supercavitação, ou seja, a cavitação na seção de entrada da bomba.



$$H_{\text{inicial}} = H_e + H_{p_{aB}}$$

$$0 = 1,8 + \frac{p_e}{9800} + \frac{1 \times (3 \times 10^{-3})^2}{19,6 \times (30,9 \times 10^{-4})^2} + 0,025 \times 1960140,8 \times (3 \times 10^{-3})^2$$

$$\therefore p_e = -22433,41 \text{ Pa}$$



$$p_{e_{abs}} = p_e + p_{atm} = -22433,41 + 0,7 \times 13585 \times 9,8$$

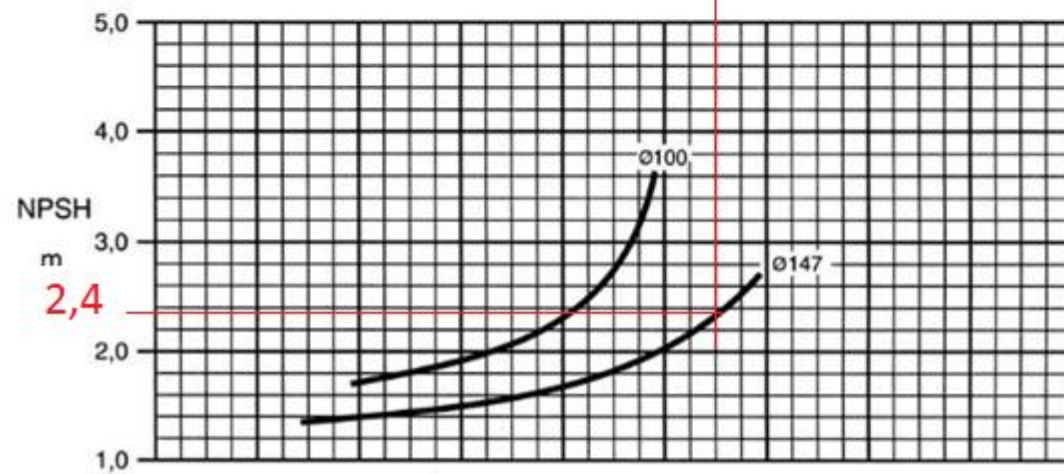
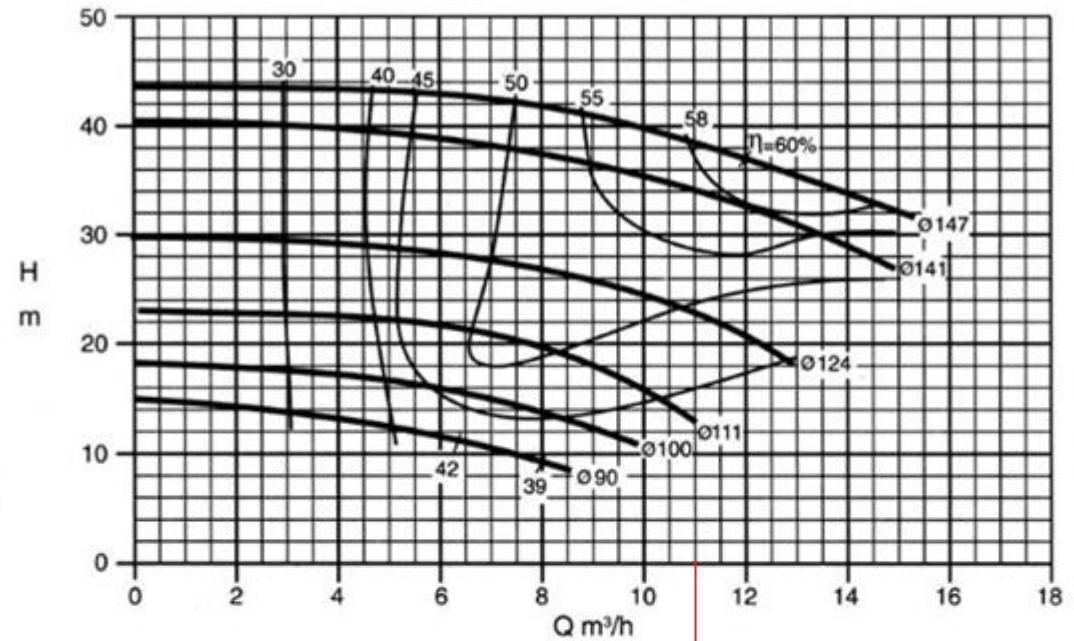
$$p_{e_{abs}} = 70759,7 \text{ Pa} \gggg p_{vapor}$$



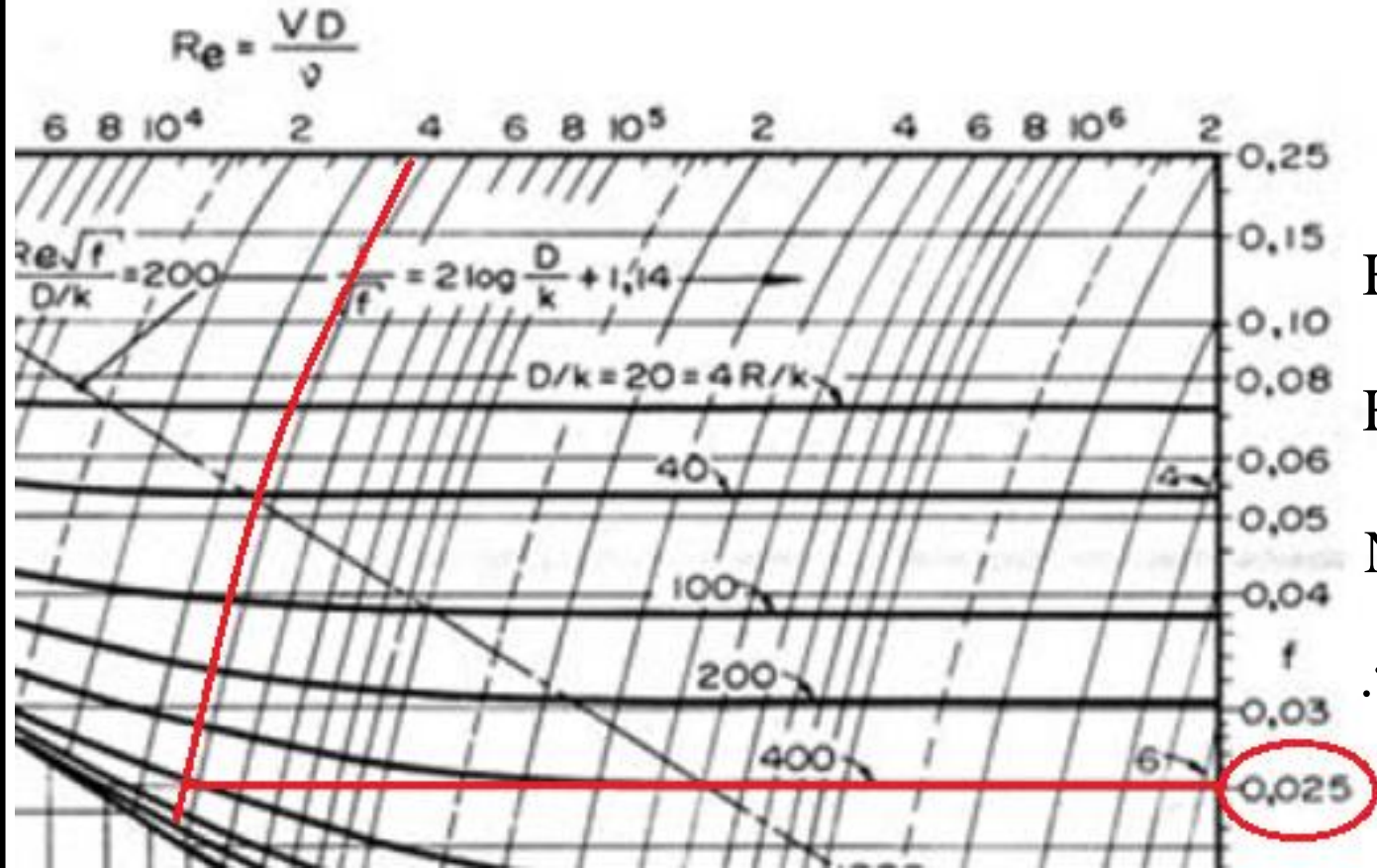
Portanto não ocorre a
supercavitação!

e. verifique o fenômeno de cavitação. (valor – 1,0)

Para esta verificação,
calculamos o
 $NPSH_{\text{disponível}}$ com a vazão
de trabalho e com o PHR
no eixo da bomba e
lemos o $NPSH_{\text{requerido}}$



$$v_{aB} = \frac{(11/3600)}{30,9 \times 10^{-4}} \cong 0,989 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow \text{Re}_{aB} = \frac{0,989 \times 0,0627}{1,62 \times 10^{-6}} \cong 3,8 \times 10^4 \rightarrow \left. \frac{D_H}{K} \right)_{aB} = \frac{0,0627}{4,6 \times 10^{-5}} \cong 1363 \therefore f_{aB} \cong 0,025$$



$$H_{PaB} = 0,025 \times 1960140,8 \times \left(\frac{11}{3600} \right)^2$$

$$H_{PaB} \cong 0,458\text{m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = -1,8 + \frac{93193,1 - 813}{9800} - 0,458$$

$$\therefore \text{NPSH}_{\text{disp}} \cong 7,1685 \dots \text{m} \approx 7,1\text{m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} - \text{NPSH}_{\text{requerido}} = \text{reserva}$$

reserva = reserva _ contra _ cavitação

$$7,1 - 2,4 = 4,7\text{m} > 0$$



Portanto, também não
ocorre a cavitação!