


# **DÉCIMA SEGUNDA AULA DE LABORATÓRIO DA DISCIPLINA ME5330**

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

12/11/2013

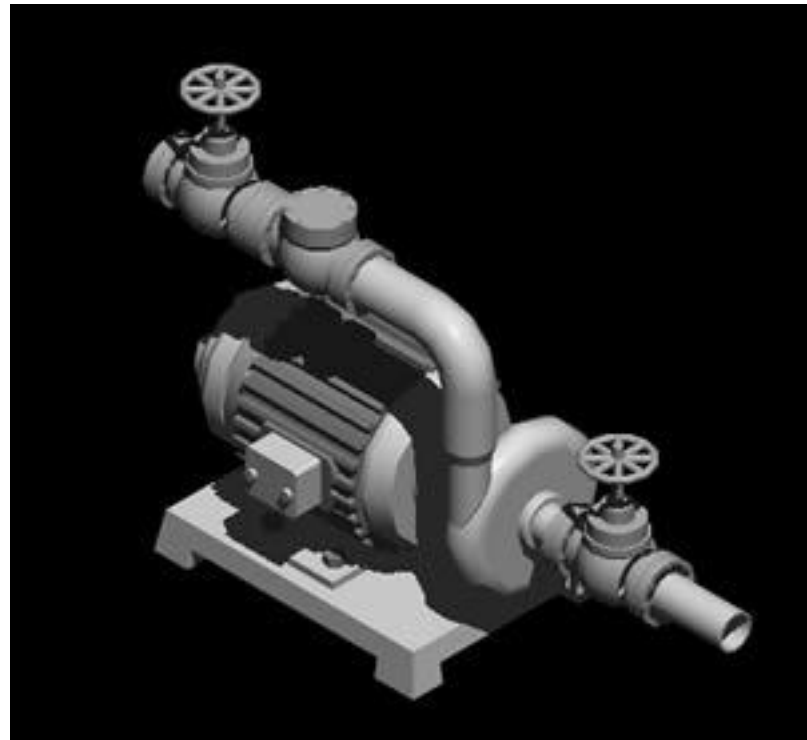



Vamos estudar as correções das curvas dadas pelo fabricante

Isto mesmo, já que o fluido é considerado viscoso!

Mas todos os fluidos não são viscosos?

Sim todos o fluidos são viscosos, mas estaremos refletindo sobre um novo questionamento: as curvas do fabricante são obtidas para que fluido?



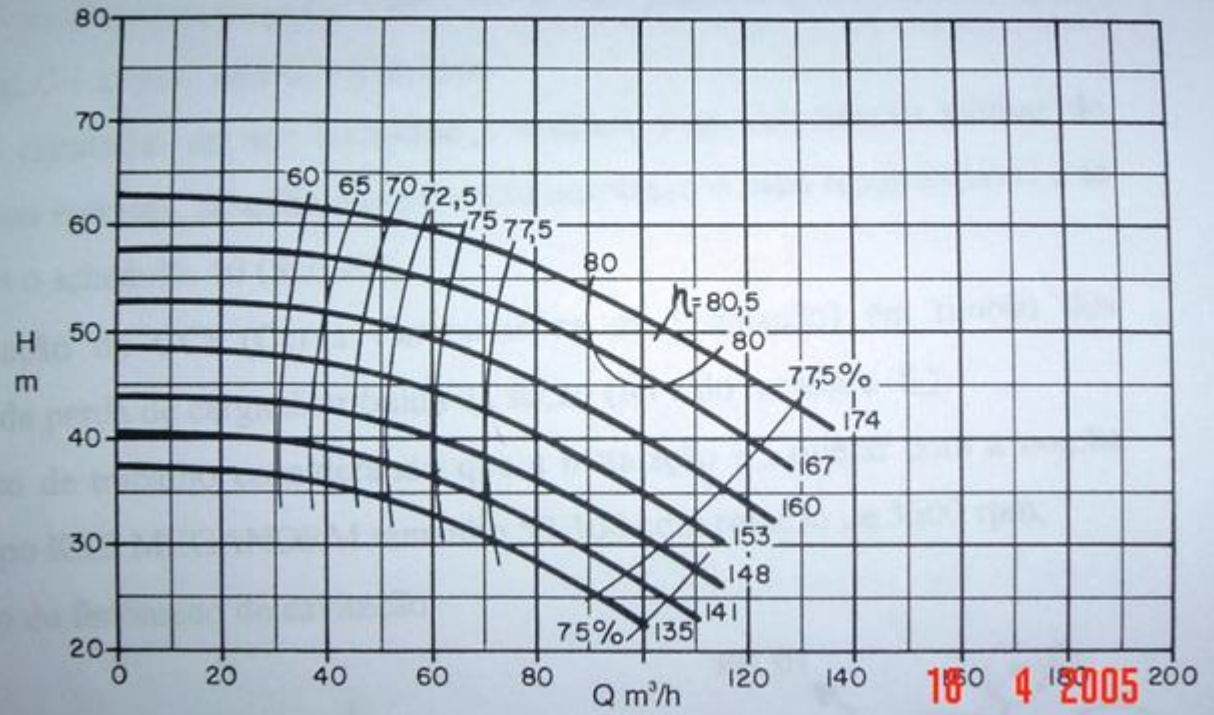


Vamos evocar a resposta de um dos fabricantes de bombas, por exemplo a resposta dada pela KSB

Os valores de altura manométrica e vazão são válidos para fluídos com densidade ( $\rho$ ) igual a  $1,0 \text{ kg/dm}^3$  e viscosidade cinemática ( $\nu$ ) até  $20 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

Se a densidade for diferente  $1,0 \text{ kg/dm}^3$ , porém o intervalo da viscosidade for respeitado, os dados de potência necessária deverão ser multiplicados pelo valor do peso específico correspondente ( $\gamma = \rho \cdot g$ ).

Exemplo de CCB  
onde reforçamos a  
resposta anterior.



18 4 2005

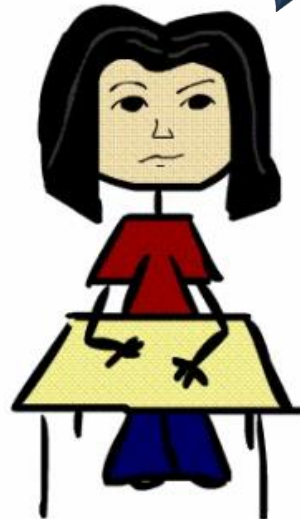
Importante observar que o fabricante trabalha praticamente só com a bomba (entrada e saída) e aí obtém as curvas para a água, onde considerou:

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \text{massa específica}$$

$$\nu \rightarrow \text{viscosidade cinemática até } 2 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$



Se for transportado um fluido que não seja a água, ou mesmo se for água com massa específica diferente de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , porém com a viscosidade cinemática até  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , o que se deve fazer mesmo?

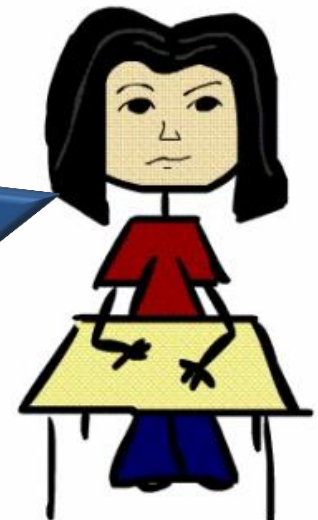


No caso da massa específica ser diferente de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , porém a viscosidade cinemática ser até  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  só devemos corrigir a potência da bomba



$$N_B = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B_\tau}}{\eta_{B_\tau}}$$

E se a viscosidade for superior a  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , como no caso do exercício com a soda cáustica?



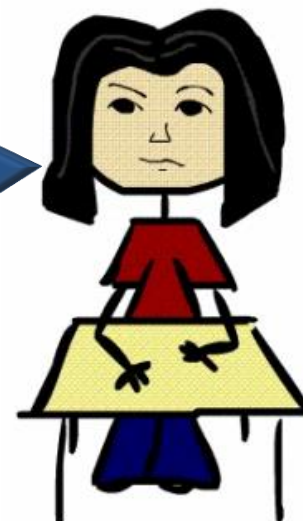




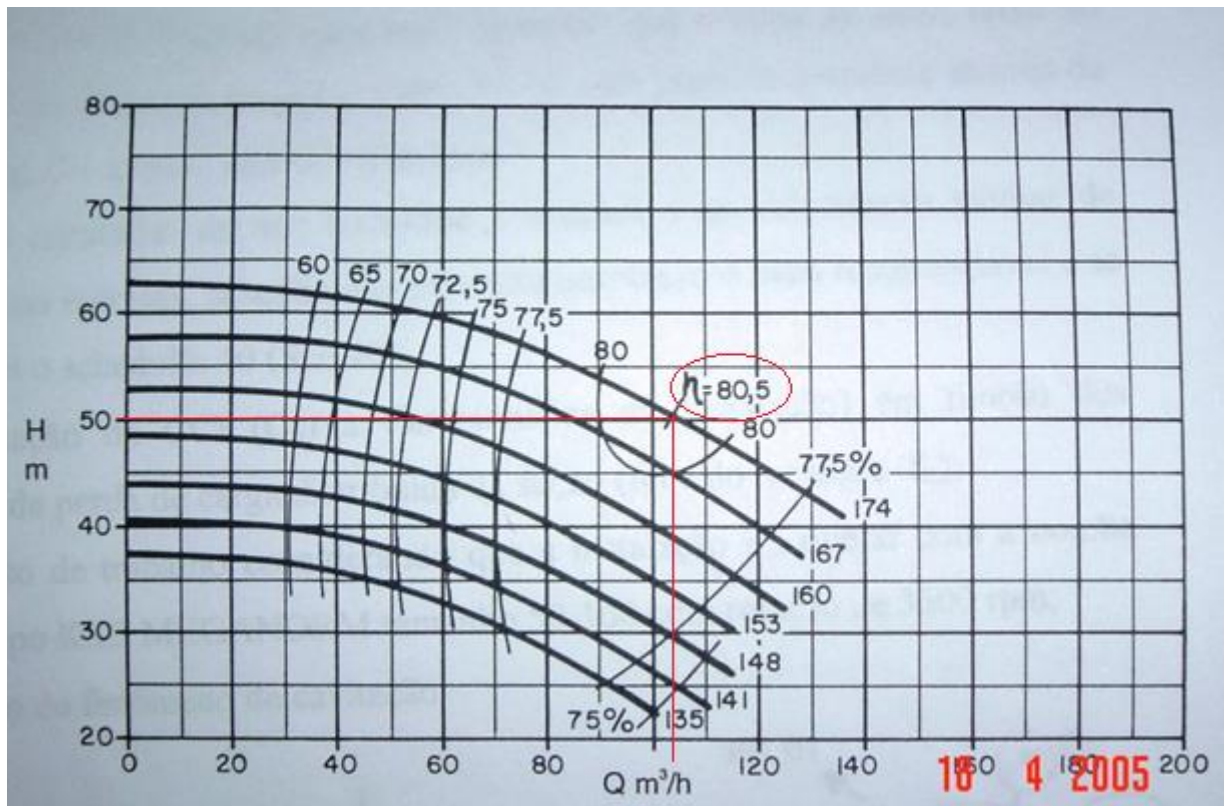
Neste caso devemos corrigir a CCB, onde temos duas situações possíveis:

1. a instalação já existe;
2. a instalação está sendo projetada (caso do exercício).

Vamos estudar inicialmente o caso em que a instalação já existe.



No caso da instalação já existir nós lemos na curva de  $H_B = f(Q)$  a vazão, a carga manométrica e o rendimento correspondente ao ponto de máxima eficiência (máximo rendimento).



18 4 2005

Considerando a bomba de diâmetro do rotor igual a 174 mm, temos os dados ao lado e que originam as curvas do próximo slide:

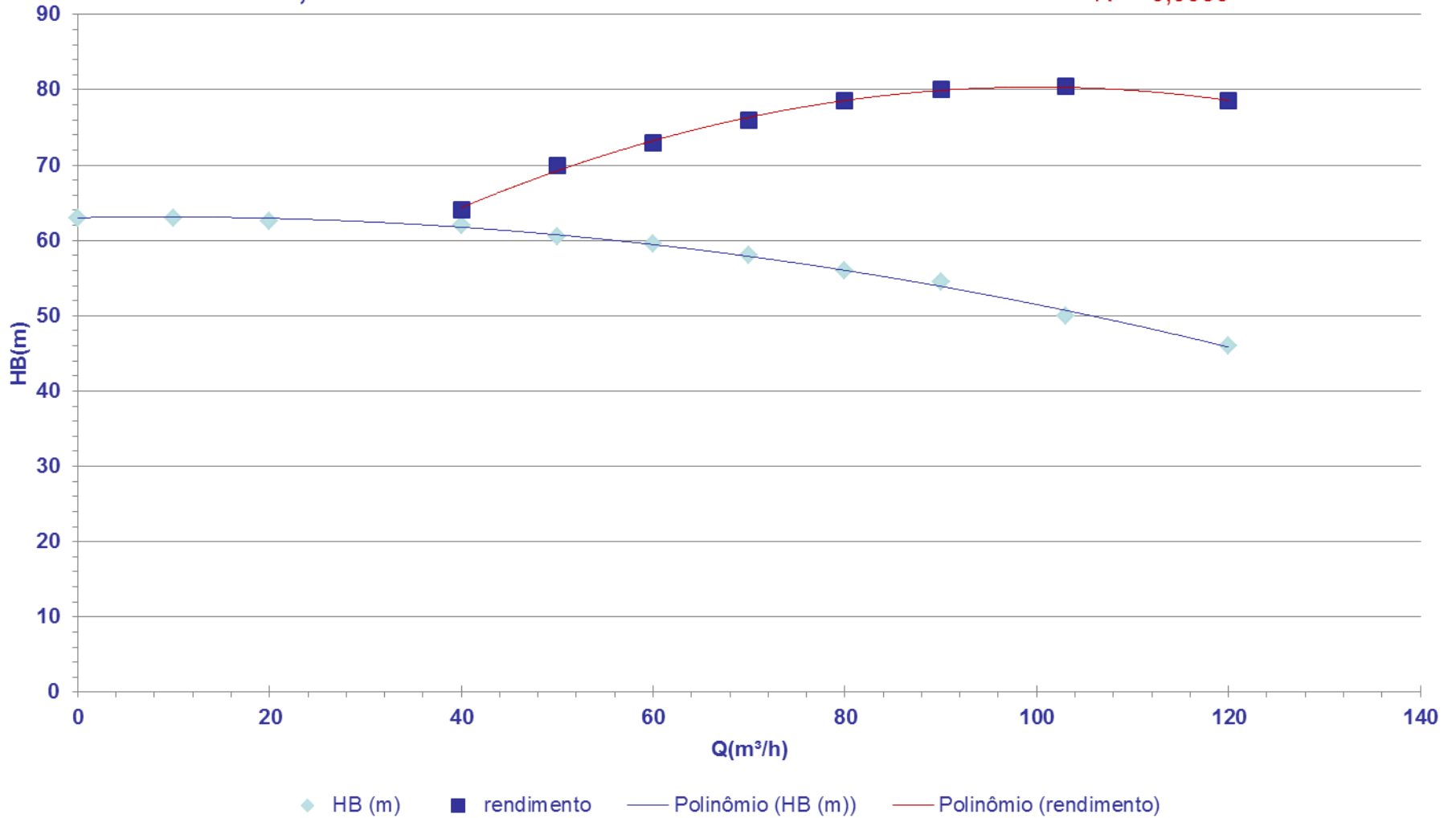


Q (m <sup>3</sup> /h)	HB (m)	$\eta_B$ (%)
0	63	
10	63	
20	62,5	
40	62	64
50	60,5	70
60	59,5	73
70	58	76
80	56	78,5
90	54,5	80
103	50	80,5
120	46	78,5

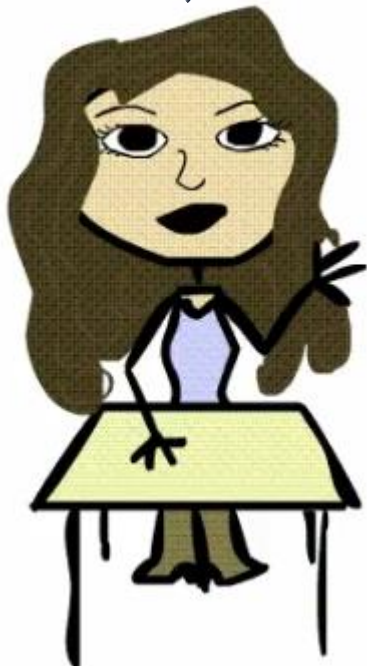
$$H_B = -0,0014Q^2 + 0,0244Q + 63$$
$$R^2 = 0,9961$$

CCB

$$\eta_B = -0,0044Q^2 + 0,8884Q + 35,904$$
$$R^2 = 0,9959$$



Iremos considerar um fluido viscoso?



Sim, por exemplo: considerando um fluido com uma viscosidade de  $2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , que é maior do que  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , nesse caso adotamos o seguinte procedimento: no rendimento máximo, lemos a vazão, a qual irá corresponder ao ponto  $1,0 \cdot Q$ ; em seguida calculamos as vazões:  $0,6 \cdot Q$ ;  $0,8 \cdot Q$  e  $1,2 \cdot Q$  e para cada uma delas nós lemos no gráfico do fabricante, ou calculamos pelas linhas de tendências, a carga manométrica e o rendimento que farão parte da tabela a seguir:



	0,6xQ	0,8xQ	1xQ	1,2xQ
Q (m <sup>3</sup> /h)	61,8	82,4	103	123,6
H <sub>B</sub> (m)	59,2	55,5	50	44,6
η <sub>B</sub> (%)	74,0	79.2	80,5	78,5
C <sub>η</sub>				
C <sub>Q</sub>				
C <sub>H</sub>				
Q* C <sub>Q</sub>				
H <sub>B</sub> *C <sub>H</sub>				
η <sub>B</sub> *C <sub>η</sub>				

$C_{\eta}$ ,  $C_Q$  e  $C_H$ , que são os coeficientes de correção, serão lidos no gráfico correspondente, para tal adotamos o seguinte procedimento:

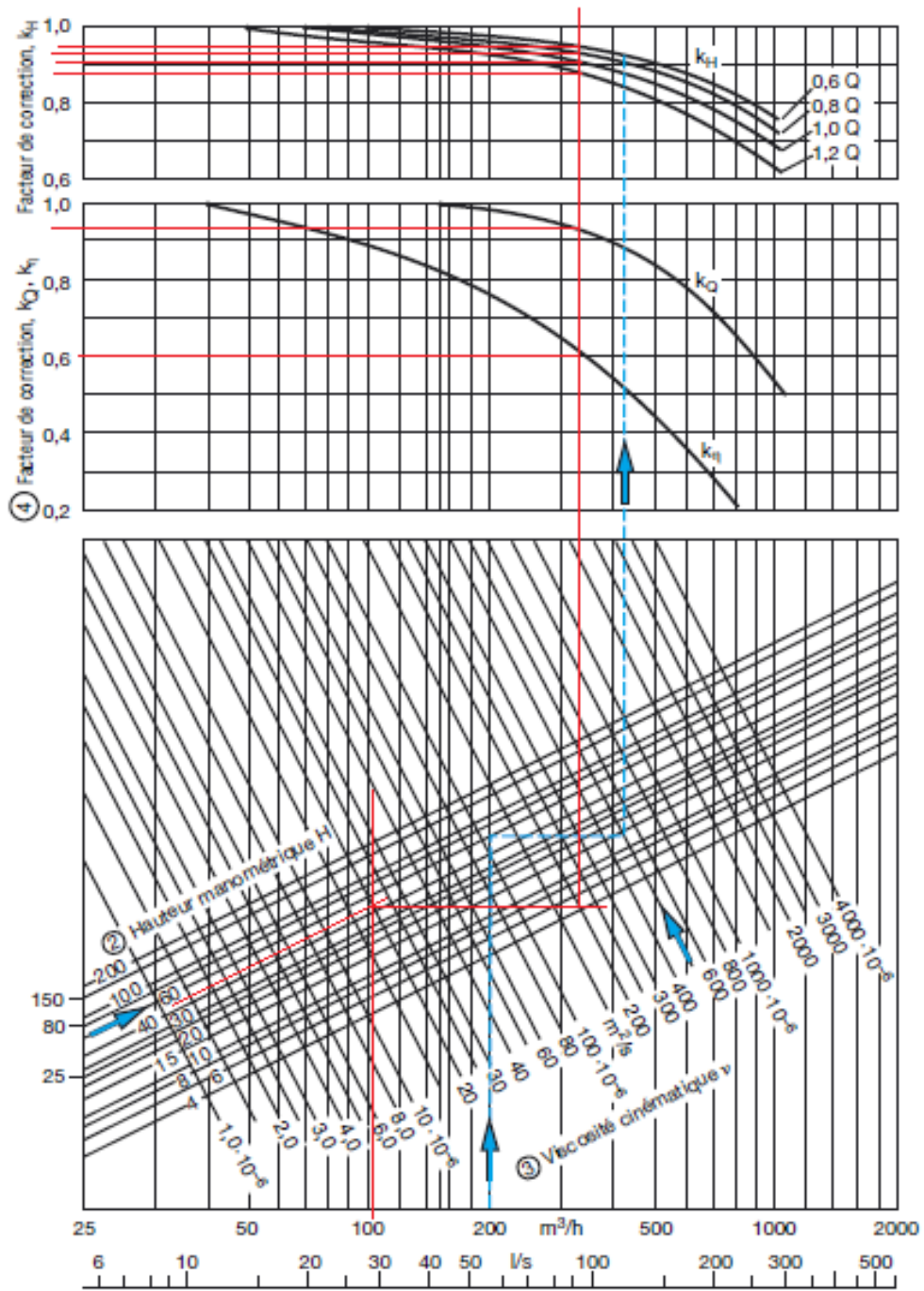


1º - marcamos a vazão do ponto de máximo rendimento ( $1,0*Q$ ) = ponto 1;

2º - subimos uma reta vertical até o ponto correspondente a carga manométrica ligada a  $1,0*Q$  = ponto 2;

3º - daí puxamos uma reta horizontal até a viscosidade desejada = ponto 3;

4º - em seguida subimos uma reta vertical até as curvas de correção para se tirar os valores dos coeficientes:  $C_{\eta}$  ;  $C_Q$  e finalmente os valores de  $C_H$



$$K_\eta = C_\eta \cong 0,60$$

$$K_Q = C_Q \cong 0,93$$

$$1,2Q \rightarrow C_H \cong 0,88$$

$$1,0Q \rightarrow C_H \cong 0,90$$

$$0,8Q \rightarrow C_H \cong 0,93$$

$$0,6Q \rightarrow C_H \cong 0,95$$

E aí completamos a tabela anterior:



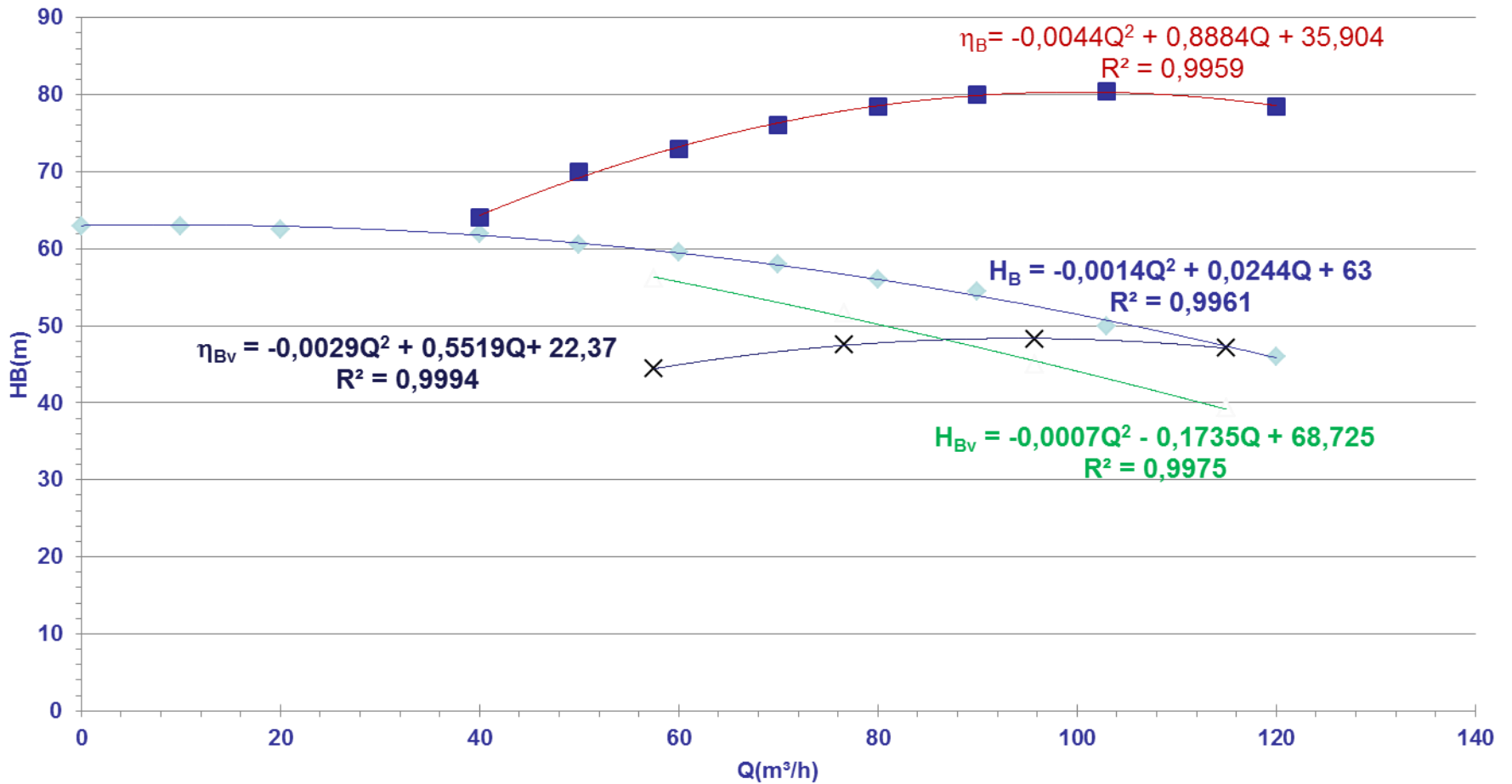


	0,6xQ	0,8xQ	1xQ	1,2xQ
Q (m <sup>3</sup> /h)	61,8	82,4	103	123,6
H <sub>B</sub> (m)	59,2	55,5	50	44,6
η <sub>B</sub> (%)	74,0	79,2	80,5	78,5
C <sub>η</sub>	0,60	0,60	0,60	0,60
C <sub>Q</sub>	0,93	0,93	0,93	0,93
C <sub>H</sub>	0,95	0,93	0,90	0,88
Q* C <sub>Q</sub>	57,5	76,6	95,8	115,0
H <sub>B</sub> *C <sub>H</sub>	56,2	51,6	45	39,3
η <sub>B</sub> *C <sub>η</sub>	44,4	47,5	48,3	47,1

Com a tabela anterior nós obtemos as curvas corrigidas, onde respeitamos as condições para não se ter a recirculação e se ter menor probabilidade de cavitação.



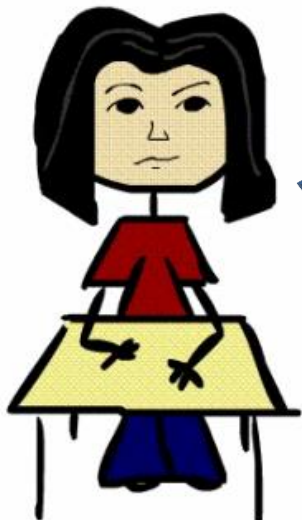
# CCB

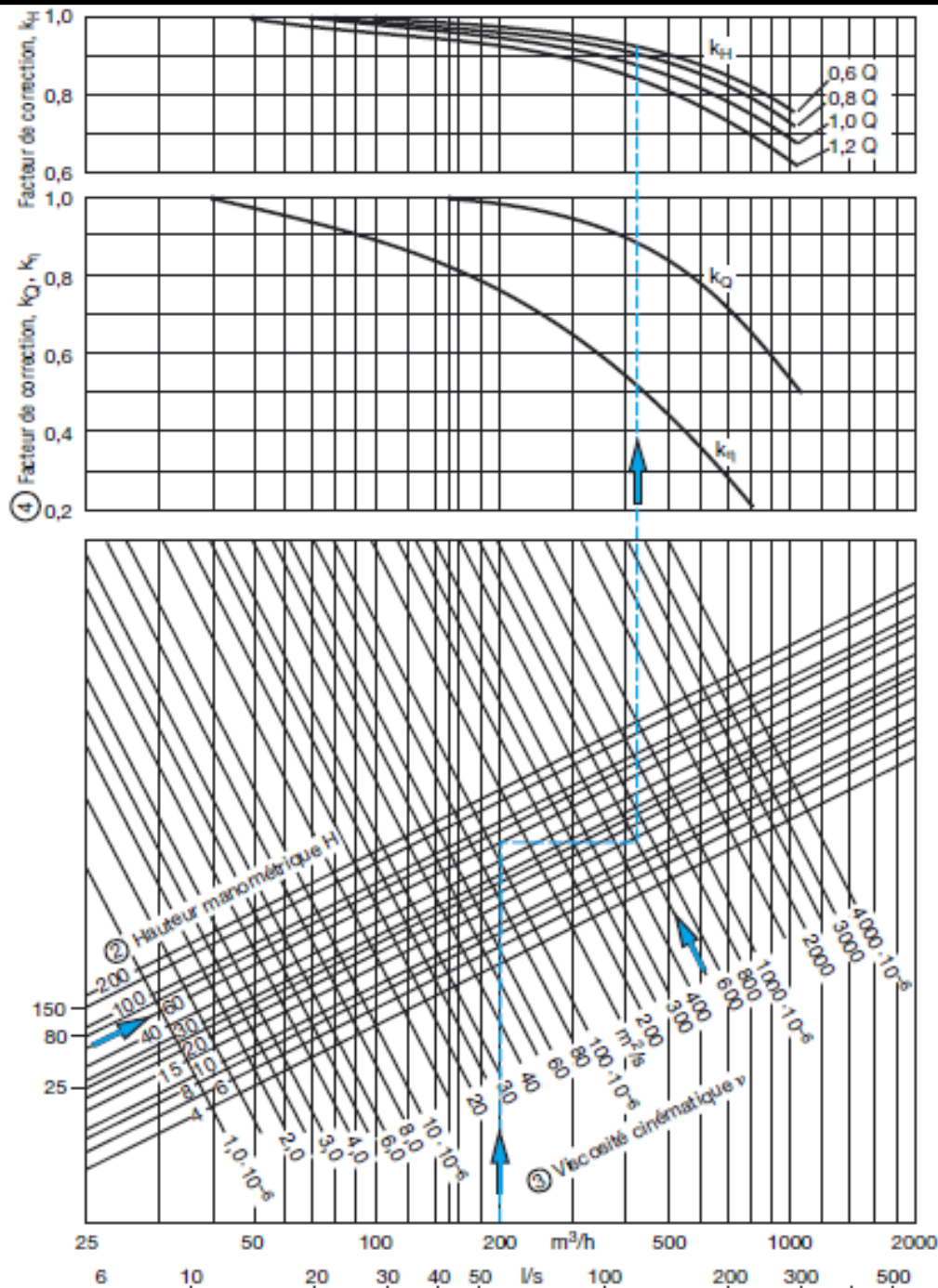


- ◆ HB (m)
- rendimento
- △ HBvisc
- × rendimentovisc
- Polinômio (HB (m))
- Polinômio (rendimento)
- Polinômio (HBvisc)
- Polinômio (rendimentovisc)

Nesse caso, iniciamos determinando a equação da CCI e através dela, com a vazão de projeto, calculamos a carga manométrica de projeto.

E no caso da instalação está sendo projetada, que é o caso do exercício, como agimos?





Então, entramos no gráfico para obtenção dos coeficientes de correção com a vazão do líquido viscoso ( $Q_{\text{visc}} = Q_{\text{projeto}}$ ). Subimos com uma reta vertical até encontrar a reta inclinada correspondente a carga manométrica viscosa ( $H_{\text{Bvisc}} = H_{\text{Bprojeto}}$ ), puxamos deste ponto uma reta horizontal até encontrar a reta inclinada correspondente a viscosidade do fluido, puxamos então uma reta vertical para obtenção dos coeficientes de correção.



$C_{\eta} = \frac{\eta_{B_{visc}}}{\eta_{B_a}}$  → coeficiente que corrige o rendimento

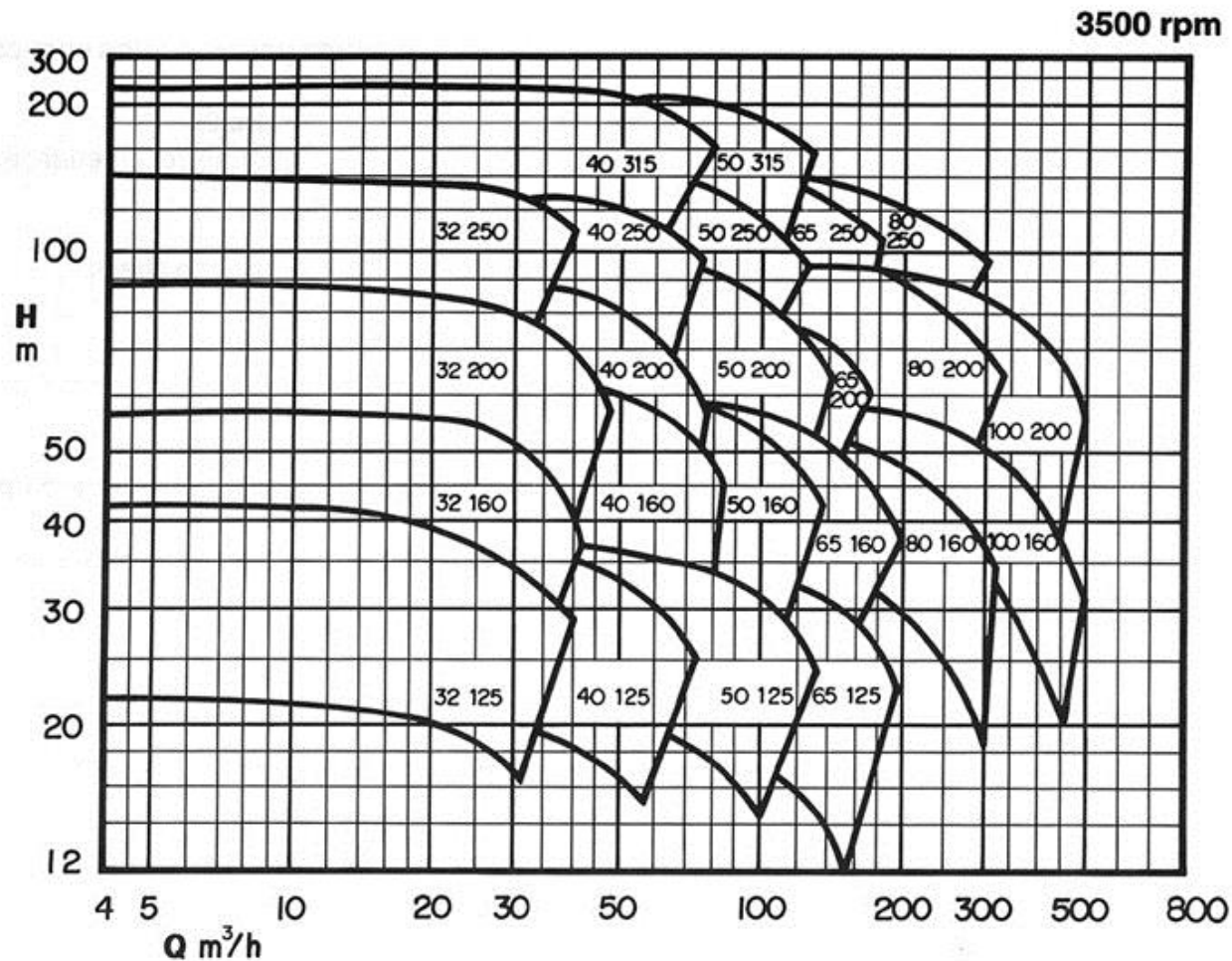
$C_Q = \frac{Q_{visc}}{Q_a}$  → coeficiente que corrige a vazão

$C_H = \frac{H_{B_{visc}}}{H_{B_a}}$  → coeficiente que corrige a carga manométrica

Importante observar que o  $C_H$  foi obtido para  $1,0 \cdot Q$



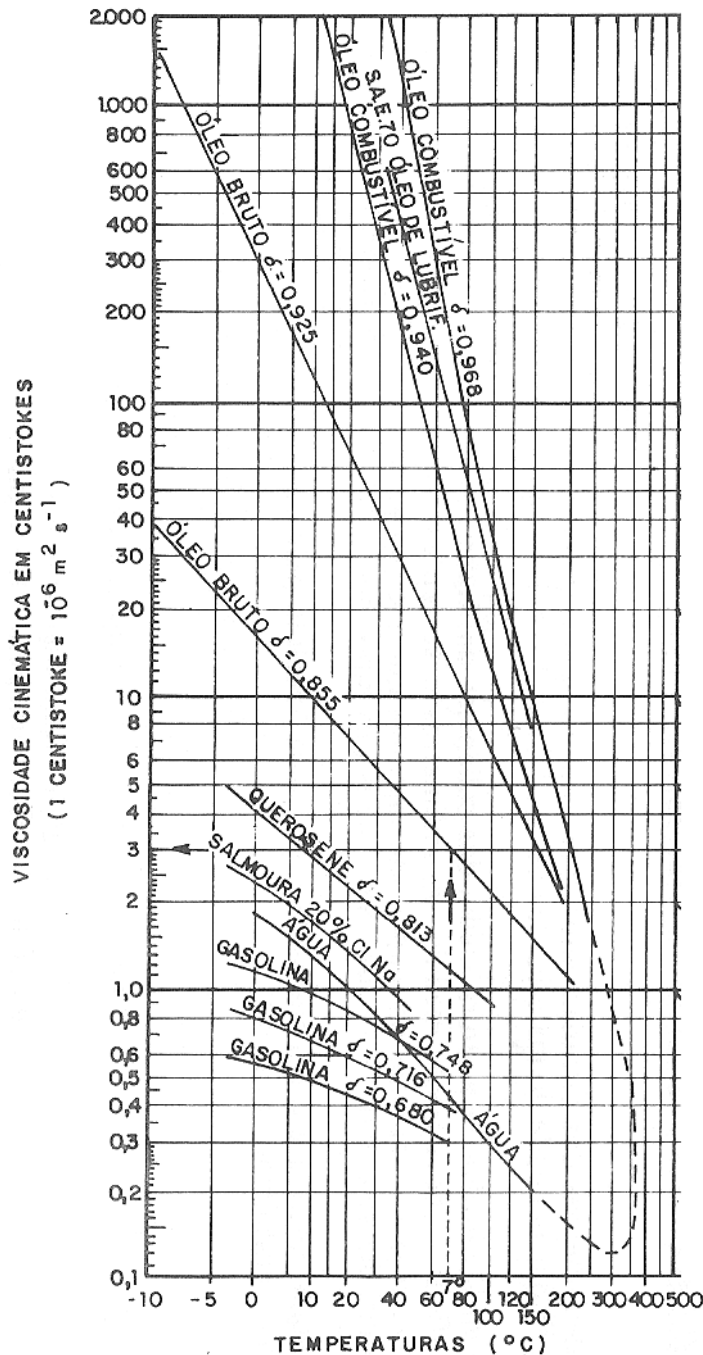
Com os coeficientes anteriores, obtemos a vazão para água ( $Q_a$ ) e a carga manométrica para a água ( $H_{Ba}$ ) e é com esse par de pontos que escolhemos preliminarmente a bomba no diagrama de tijolos.



Escolhida a bomba, no catálogo do fabricante, obtemos as suas CCBs e aí repetimos o procedimento descrito para a correção das CCBs de uma bomba já existente.







ALGUNS VALORES DE  
VISCOSIDADES CINEMÁTICAS  
EXTRAÍDOS DO LIVRO: BOMBAS E  
INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO  
(pg 642) ESCRITO POR ARCHIBALD  
JOSEPH MACINTYRE E EDITADO  
PELA LTC EM 2008

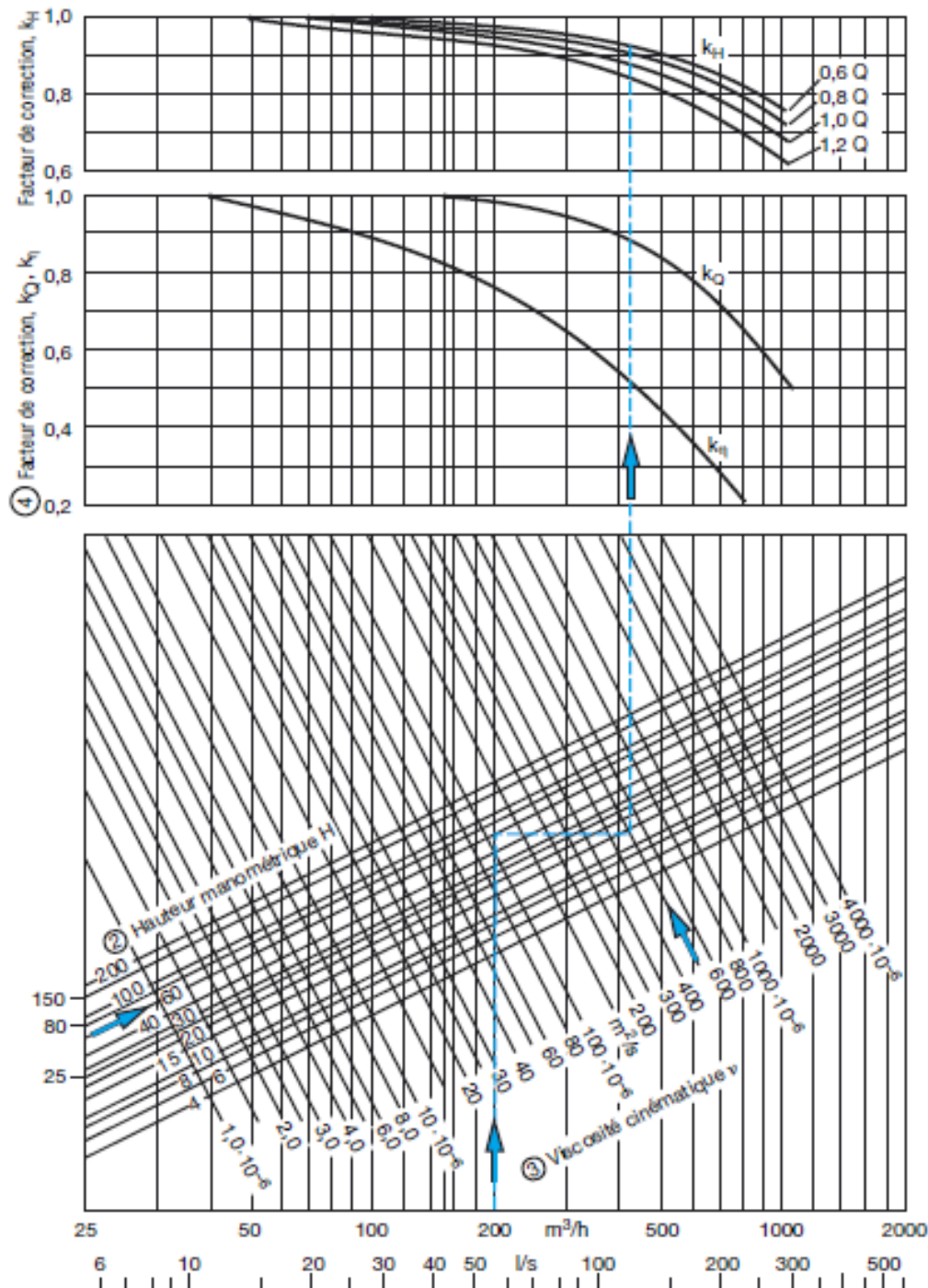

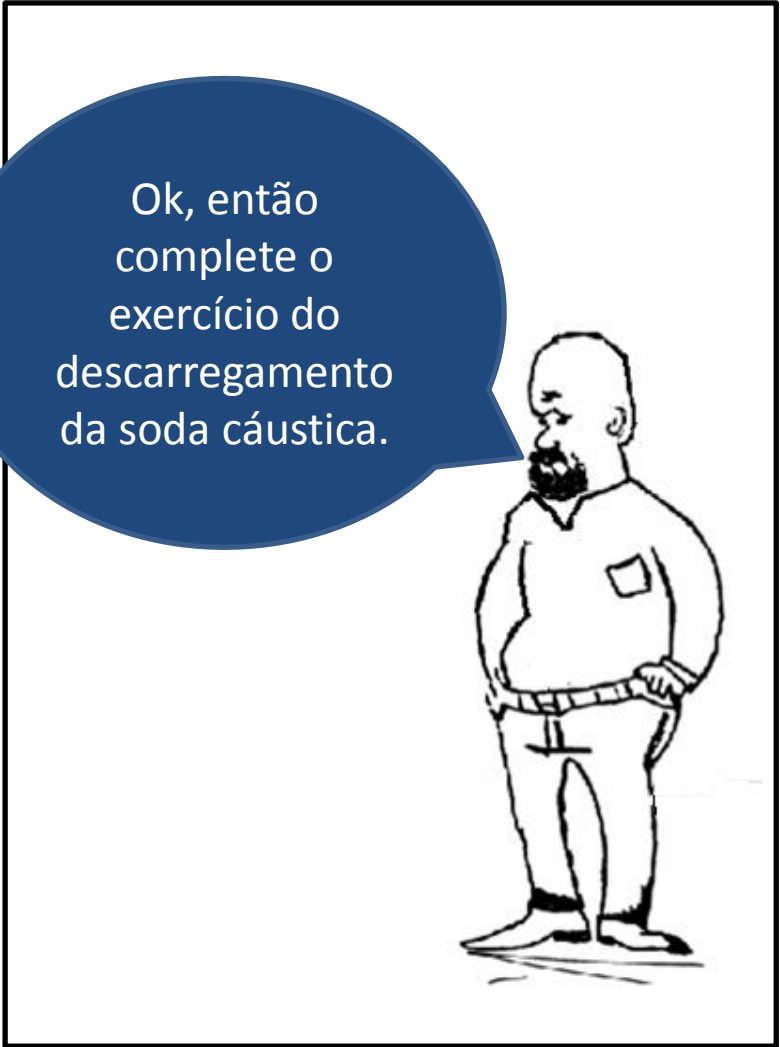


GRÁFICO OBTIDO DO MANUAL DA KSB PARA OBTENÇÃO DOS COEFICIENTES DE CORREÇÃO DA CCB PARA O TRANSPORTE DE FLUIDO VISCOSO



Gostaria de  
fazer um  
exercício de  
aplicação!



Ok, então  
complete o  
exercício do  
descarregamento  
da soda cáustica.

Além dele, estou propondo mais um, cujo enunciado encontra-se no próximo slide.



Considerando as características da bomba hidráulica representada pela tabela a seguir e sabendo-se que a instalação irá transportar um fluido com uma viscosidade cinemática igual a 400 cSt (centiStokes), pede-se:

1. verificar a necessidade ou não das correções das curvas;
2. havendo a necessidade efetuar as correções necessárias.

Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>B</sub> (m)	η <sub>B</sub> (%)
0	210	
10	200	40
20	185	50
30	170	60
40	135	70
50	100	75
60	65	70
70	25	60



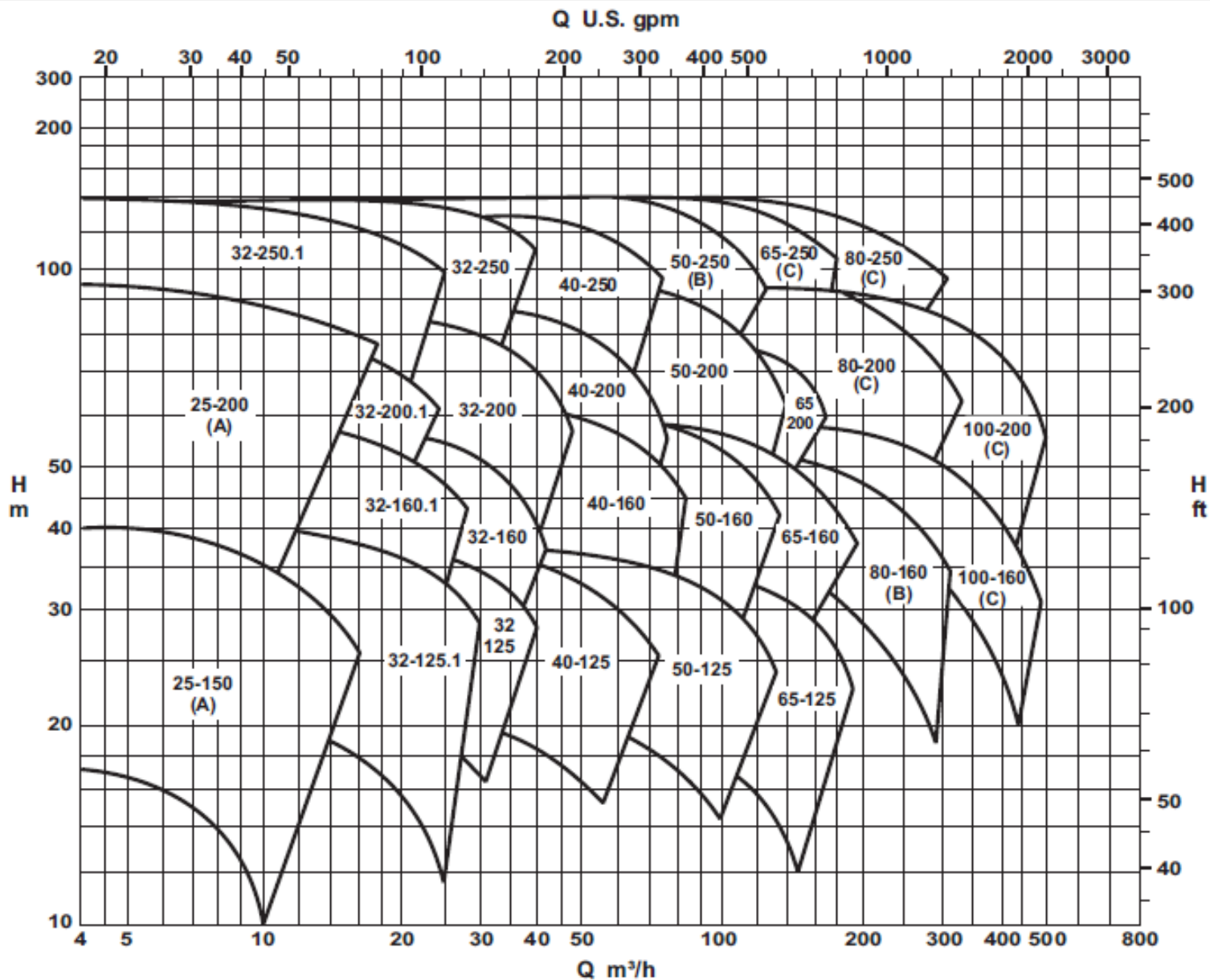
Um outro exemplo:  
iniciando o projeto  
de uma instalação de  
bombeamento.

Legal, mesmo  
porque o anterior  
foi muito fácil!



Ao se projetar uma instalação de bombeamento de 28,72 m<sup>3</sup>/h (vazão desejada) de um fluido com massa específica igual a 813 kg/m<sup>3</sup> e viscosidade cinemática igual a 300cSt optou-se em trabalhar com um único diâmetro de aço 80 (K = 4,6 e-5 m) com diâmetro nominal igual a 2,5”. Através do esboço da instalação o projetista obteve a equação da CCI. Considerando o fator de segurança mínimo e o diagrama de tijolos dado no próximo slide, pede-se especificar o modelo adequado da bomba.

$$CCI \Rightarrow H_s = 24,5 + 6845,7 \times \alpha \times Q^2 + 9168539,8 \times f \times Q^2 \rightarrow [H_s] = m \rightarrow [Q] = \frac{m^3}{s}$$



(A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.

(B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.

3.500 rpm



Escolhida a bomba e se houver necessidade, corrija suas curvas.

	0,6*Q	0,8*Q	1,0*Q	1,2*Q
Q(m <sup>3</sup> /h)				
H <sub>B</sub> (m)				
η <sub>B</sub> (%)				
C <sub>η</sub>				
C <sub>Q</sub>				
C <sub>H</sub>				
Q*C <sub>Q</sub>				
H <sub>B</sub> *C <sub>H</sub>				
η <sub>B</sub> *C <sub>η</sub>				

E especifique o diâmetro do rotor e determine o ponto de trabalho calculando a potência da bomba.

