

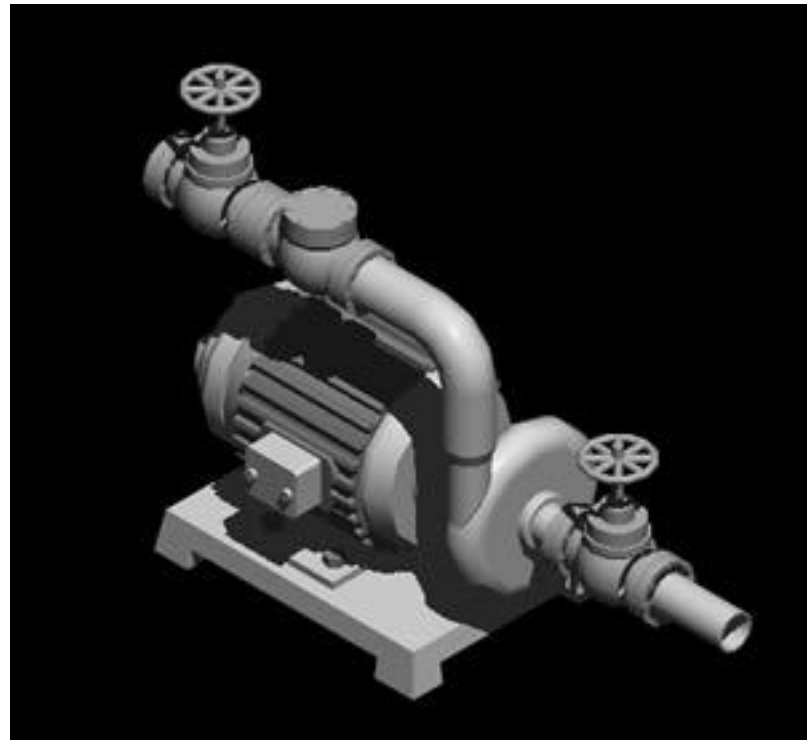
Aula 13 de ME5330


Bombeamento de fluido viscoso

Correção das curvas da bomba hidráulica



Estaremos refletindo sobre um novo questionamento: as curvas do fabricante são obtidas para que fluido?

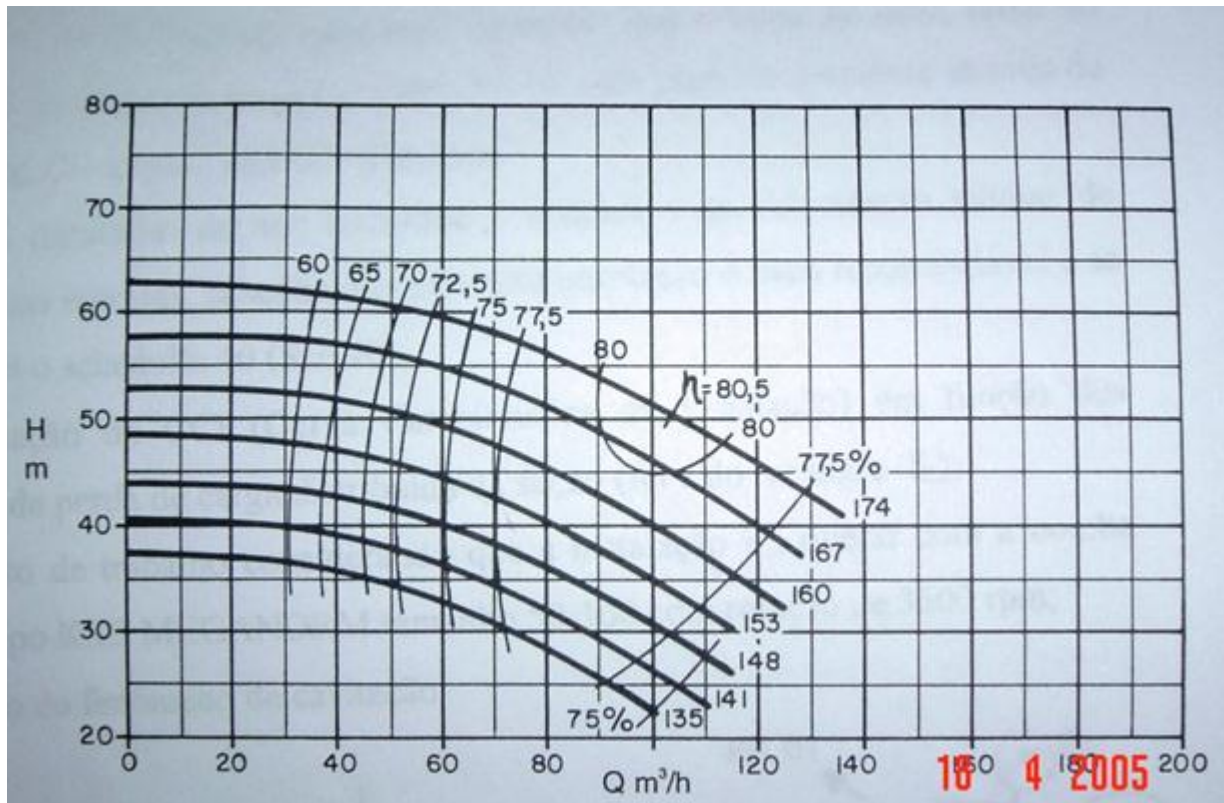




Vamos evocar a resposta
de um dos fabricantes de
bombas, por exemplo a
resposta dada pela KSB

Os valores de altura manométrica e vazão
são válidos para fluídos com densidade
(ρ) igual a $1,0 \text{ kg/dm}^3$ e viscosidade
cinemática (ν) 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.



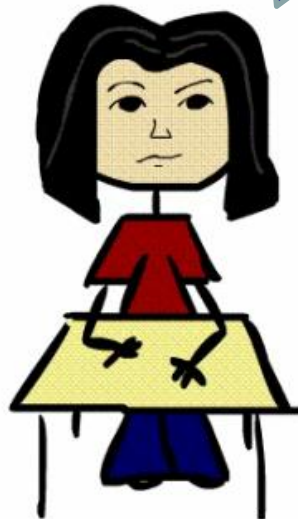
Importante observar que o fabricante trabalha praticamente só com a bomba (entrada e saída) e aí obtém as curvas para a água, onde considerou:

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

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



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

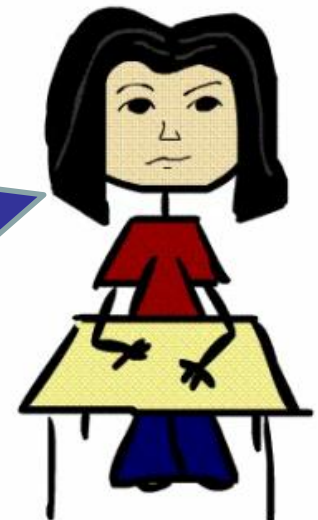


No caso da massa específica ser diferente de 1000 kg/m^3 , porém a viscosidade cinemática ser até $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ só deve ser corrigida a potência da bomba



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

E se a viscosidade for superior a $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$?

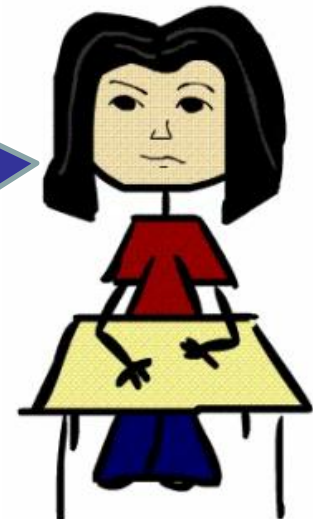




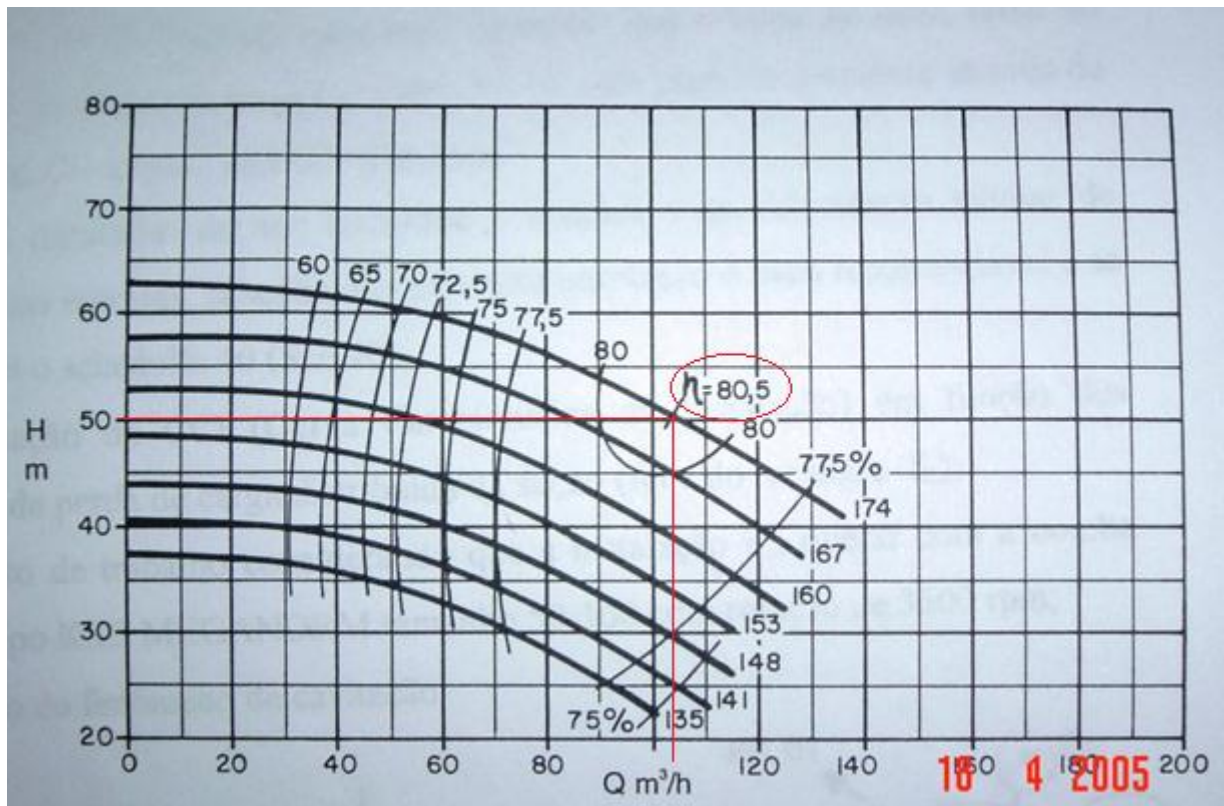
Neste caso devemos corrigir a CCB, onde temos duas situações possíveis:

1. a instalação já existe;
2. a instalação está sendo projetada.

Então dá para 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).



Considerando a bomba de diâmetro do rotor igual a 174 mm, temos os dados ao lado:

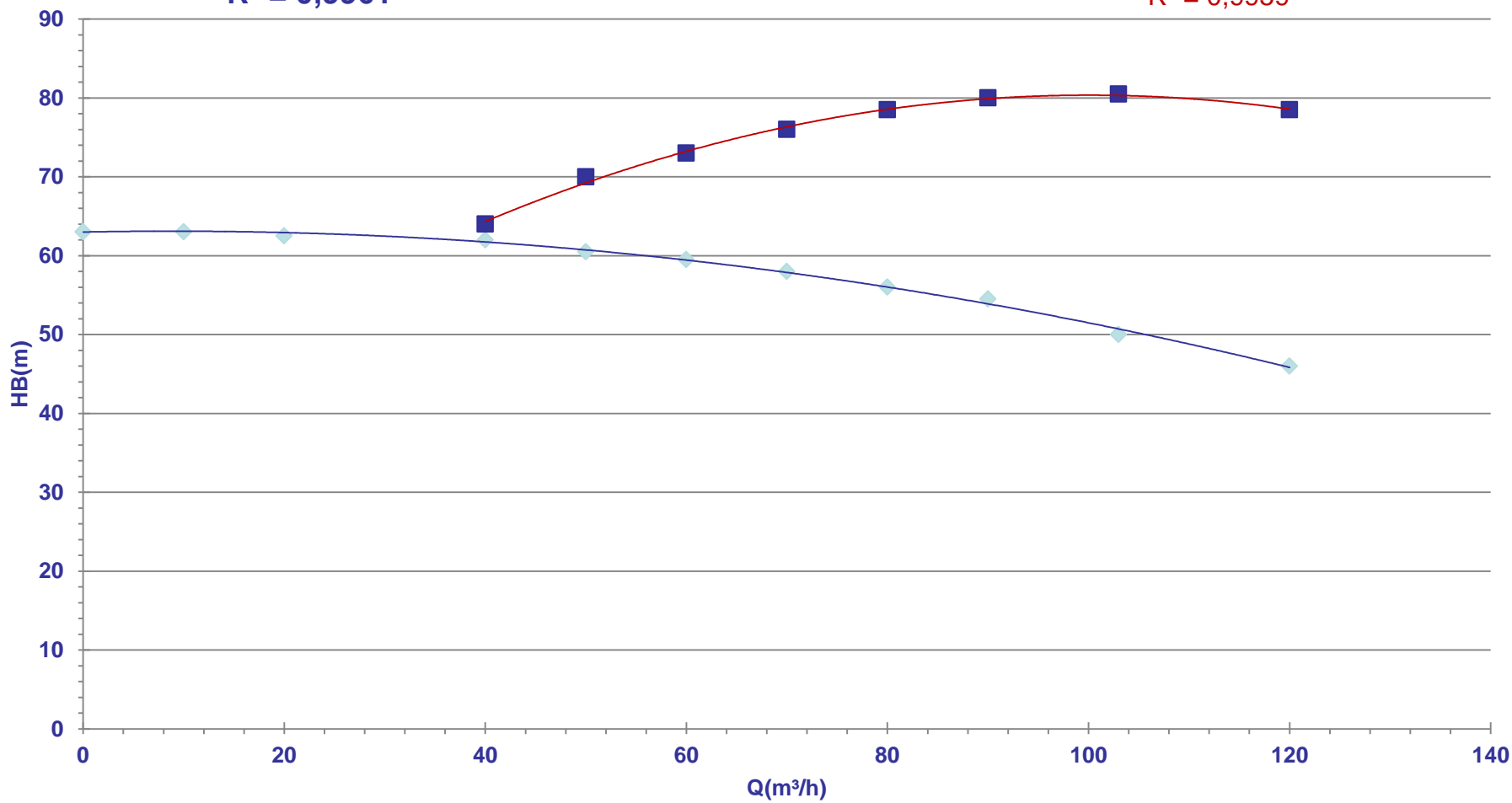


Q (m ³ /h)	HB (m)	η _B (%)
0	63	
10	63	
20	62,5	
40	62	64
50	60,5	70
60	59,5	73
70	58	76
80	56	78,5
90	54,5	80
103	50	80,5
120	46	78,5

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

CCB

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



◆ HB (m) ■ rendimento — Polinômio (HB (m)) — Polinômio (rendimento)

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 ³ /h)	61,8	82,4	103	123,6
H _B (m)	59,2	55,5	50	44,6
η _B (%)	74,0	79.2	80,5	78,5
C _η				
C _Q				
C _H				
Q* C _Q				
H _B *C _H				
η _B *C _η				

C_η , C_Q e C_H , que são os coeficientes de correção, serão lidos no gráfico correspondente, para tal adotamos o seguinte procedimento:

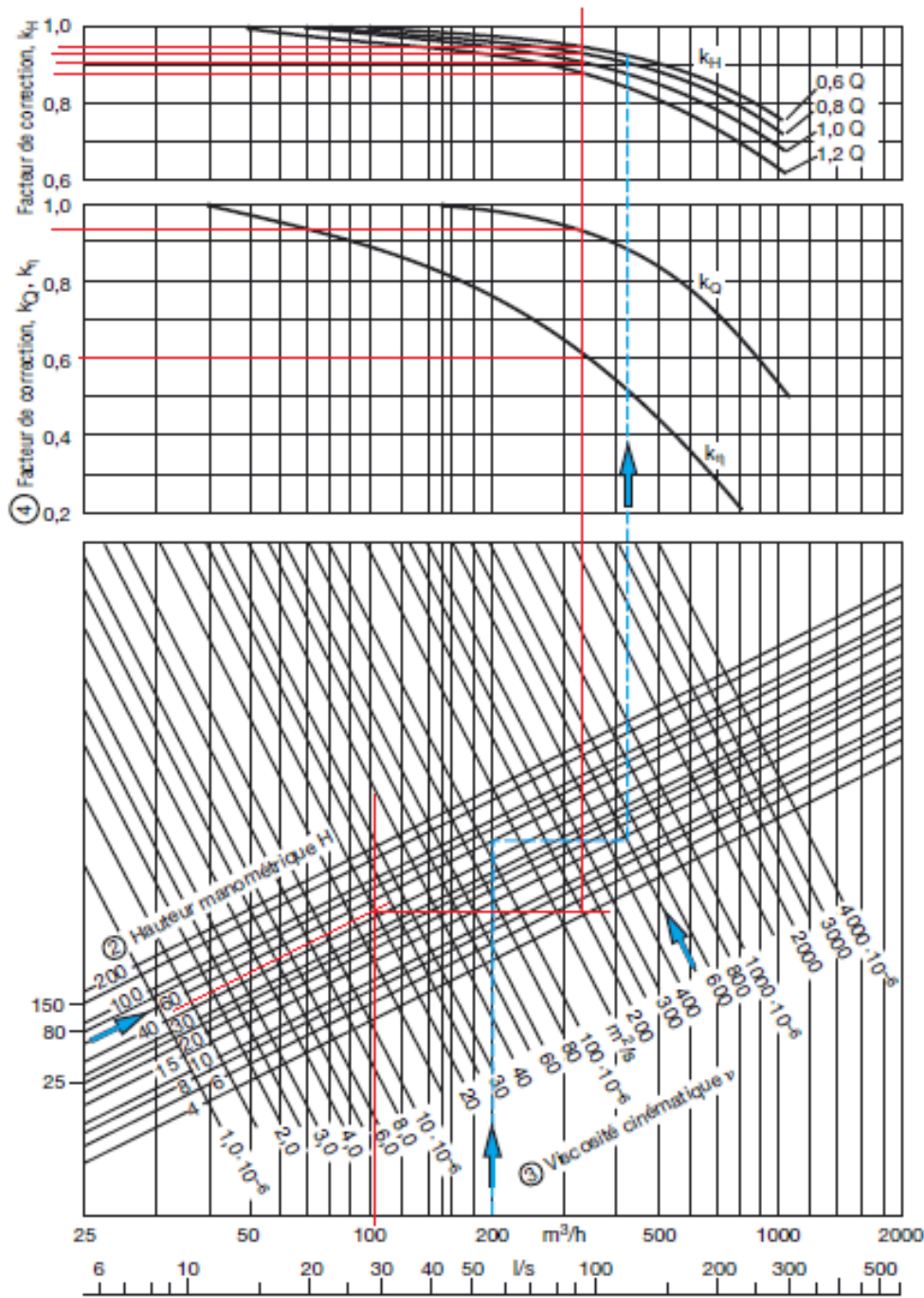


1º - marcamos a vazão do ponto de máximo rendimento ($1,0 \cdot Q$) = ponto 1;

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

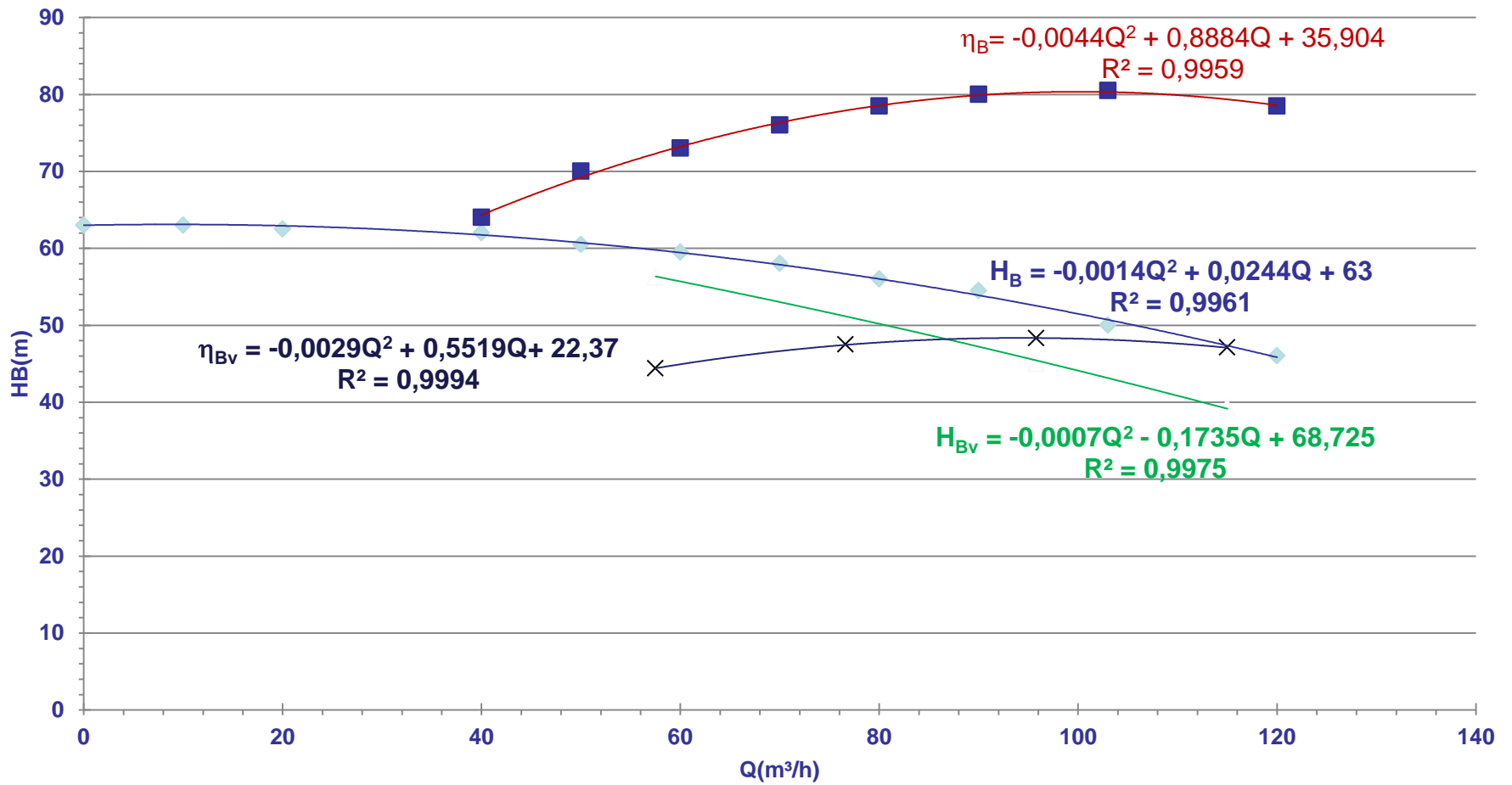


	0,6xQ	0,8xQ	1xQ	1,2xQ
Q (m ³ /h)	61,8	82,4	103	123,6
H _B (m)	59,2	55,5	50	44,6
η _B (%)	74,0	79.2	80,5	78,5
C _η	0,60	0,60	0,60	0,60
C _Q	0,93	0,93	0,93	0,93
C _H	0,95	0,93	0,90	0,88
Q* C _Q	57,5	76,6	95,8	115,0
H _B *C _H	56,2	51,6	45	39,3
η _B *C _η	44,4	47,5	48,3	47,1

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



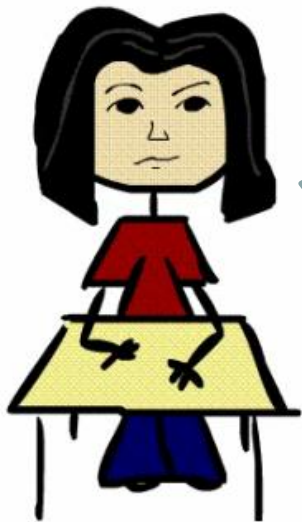
CCB

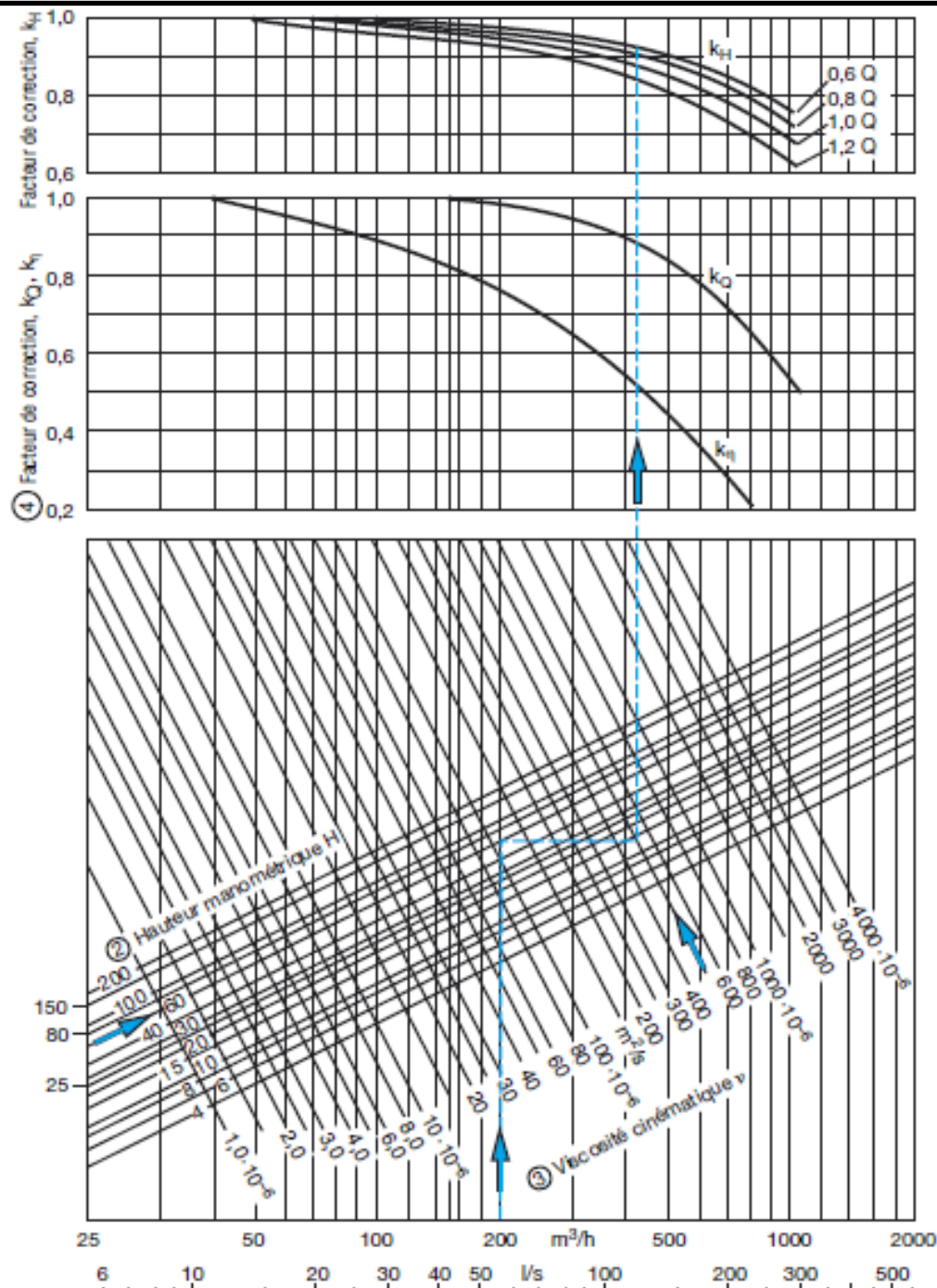


- | | | | |
|----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| ◆ HB (m) | ■ rendimento | △ HBvisc | × rendimentovisc |
| — Polinômio (HB (m)) | — Polinômio (rendimento) | — Polinômio (HBvisc) | — Polinômio (rendimentovisc) |

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, 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.



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

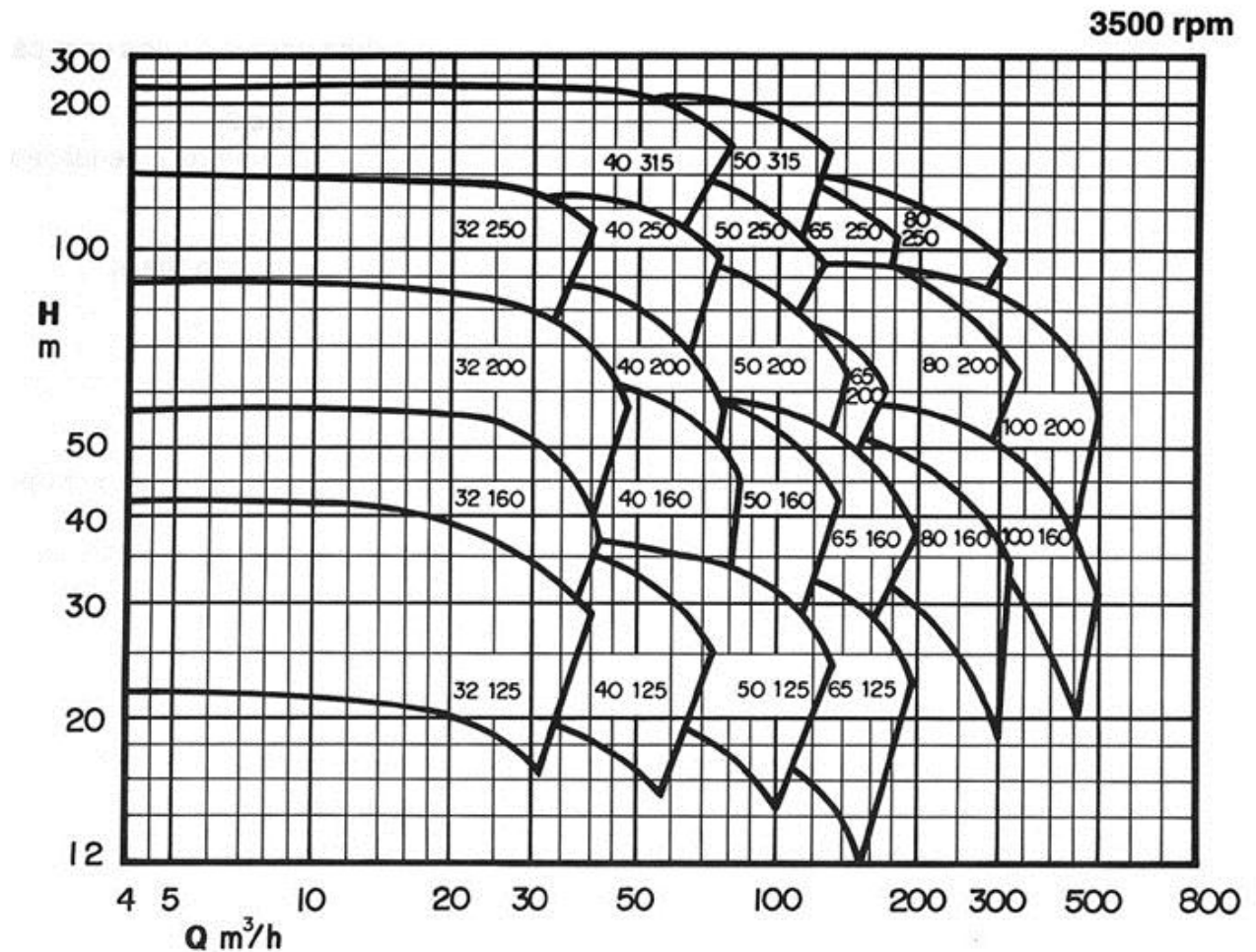
$$C_Q = \frac{Q_{visc}}{Q_a} \rightarrow \text{coeficiente que corrige a vazão}$$

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

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

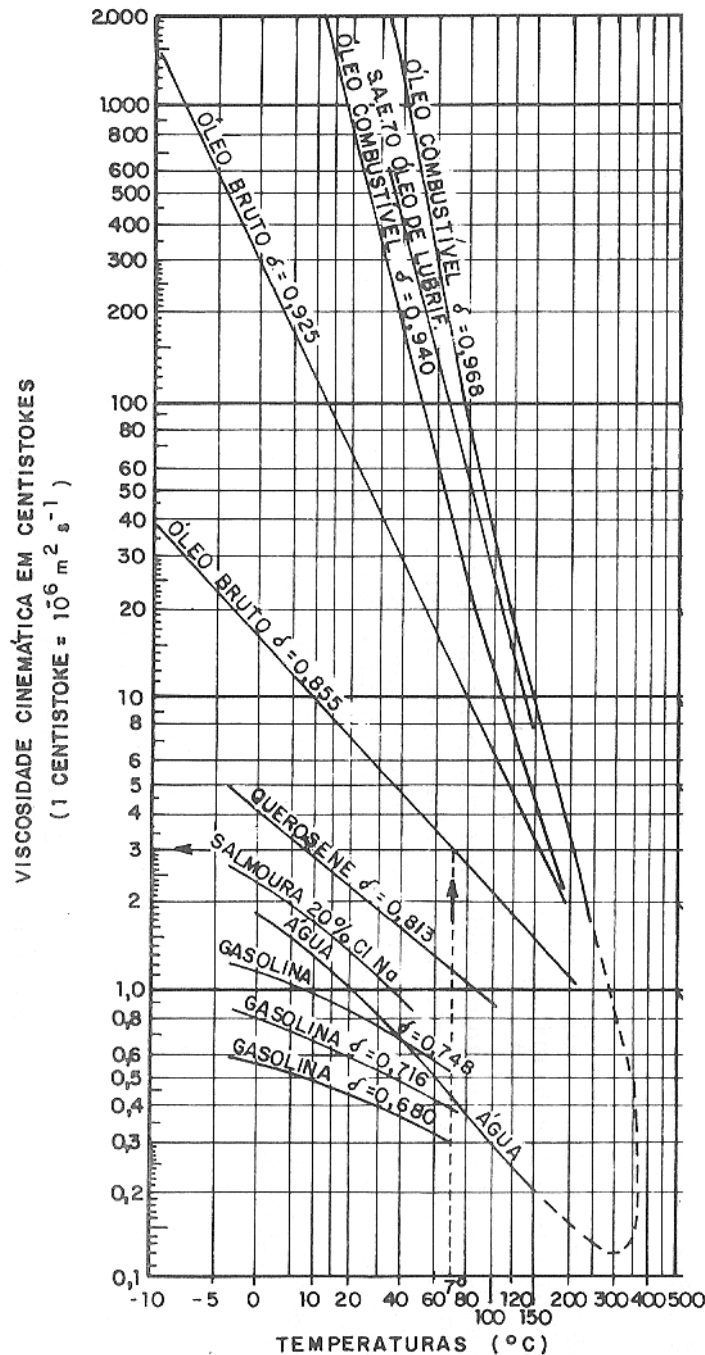


Com os coeficientes anteriores, obtemos a vazão para água (Q_a) e a carga manométrica para a água (H_{Ba}) e é com esse par de pontos que escolhemos preliminarmente a bomba no diagrama de tijolos.



Escolhida a bomba, no catálogo do fabricante, se obtém 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

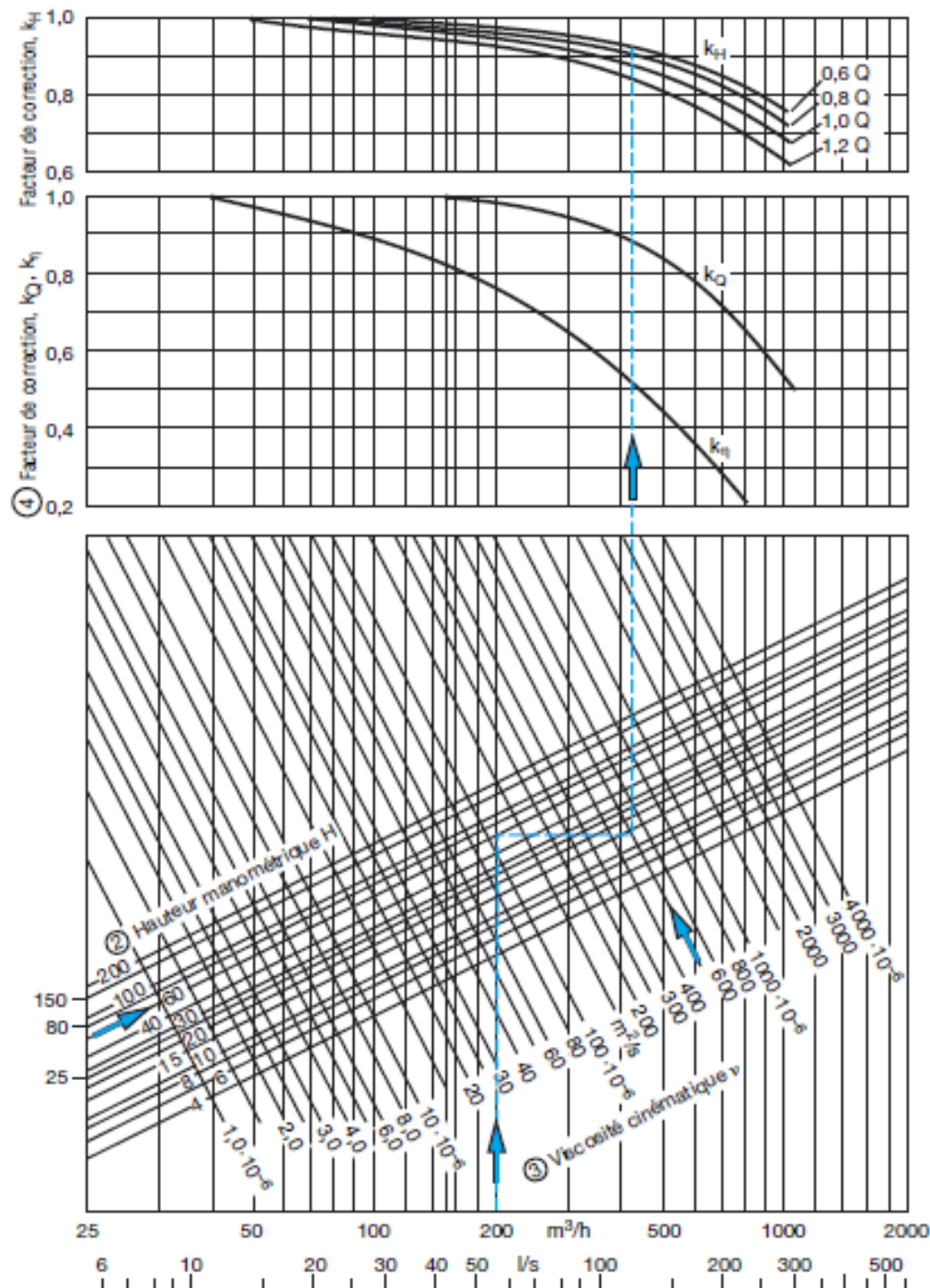
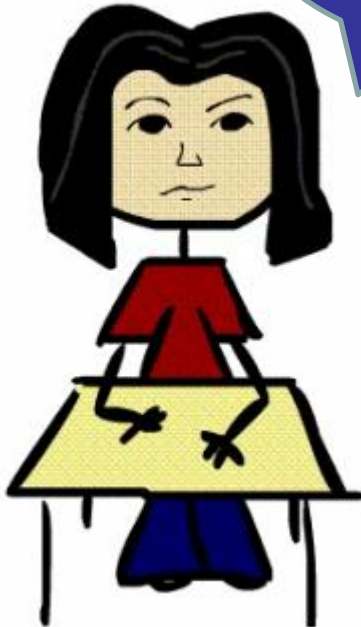


GRÁFICO OBTIDO DO
MANUAL DA KSB PARA
OBTENÇÃO DOS
COEFICIENTES DE
CORREÇÃO DA CCB PARA
O TRANSPORTE DE FLUIDO
VISCOSO

Gostaria de
fazer um
exercício de
aplicação!



Ok, então
resolva na aula
de laboratório
de hoje os
exercícios
propostos a
seguir.



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.

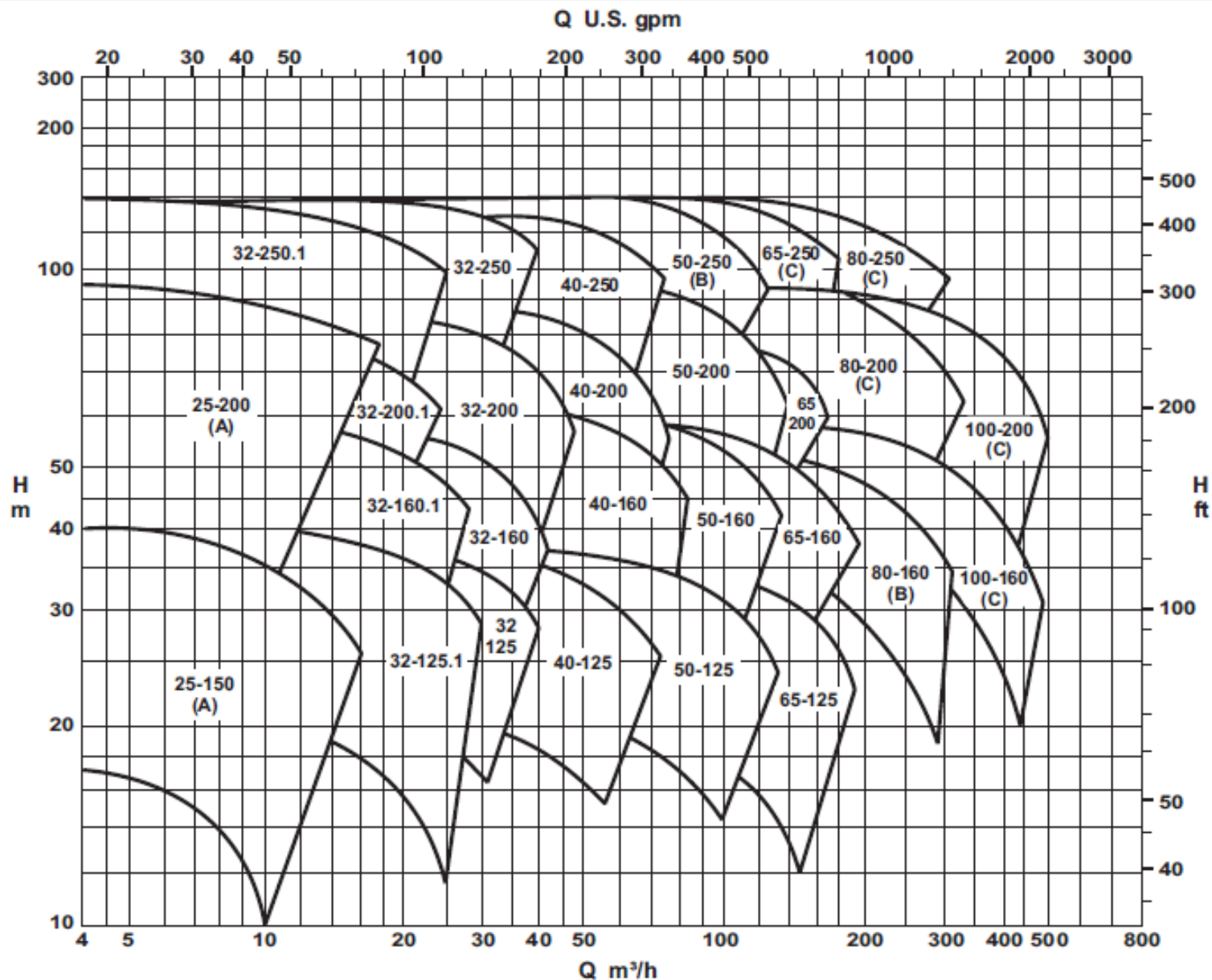
Q (m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)
0	210	
10	200	40
20	185	50
30	170	60
40	135	70
50	100	75
60	65	70
70	25	60



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

Ao se projetar uma instalação de bombeamento de 28,72 m³/h (vazão desejada) de um fluido com massa específica igual a 813 kg/m³ 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 ³ /h)				
H _B (m)				
η _B (%)				
C _η				
C _Q				
C _H				
Q*C _Q				
H _B *C _H				
η _B *C _η				

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

