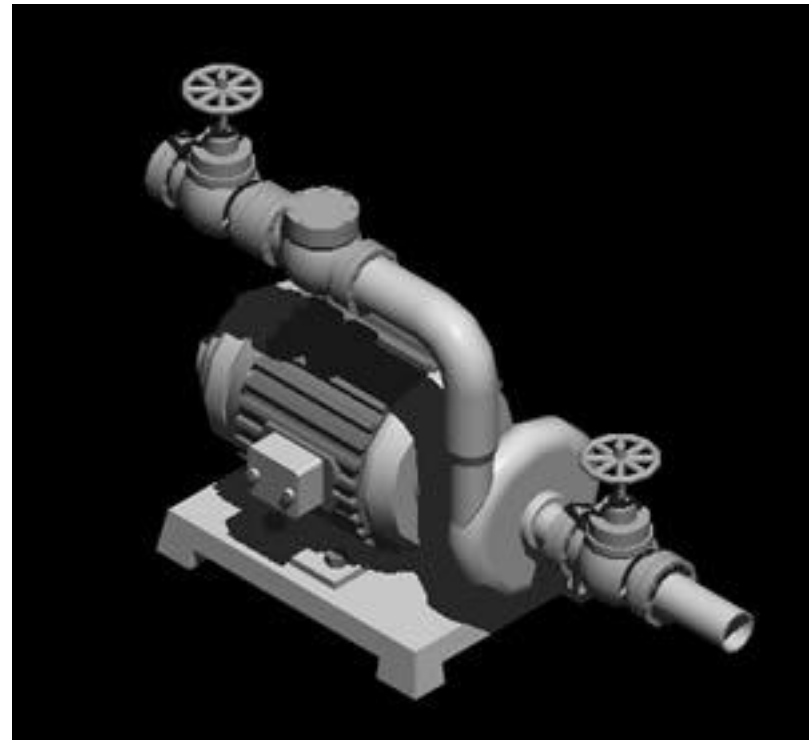



# Correção das curvas da bomba hidráulica



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

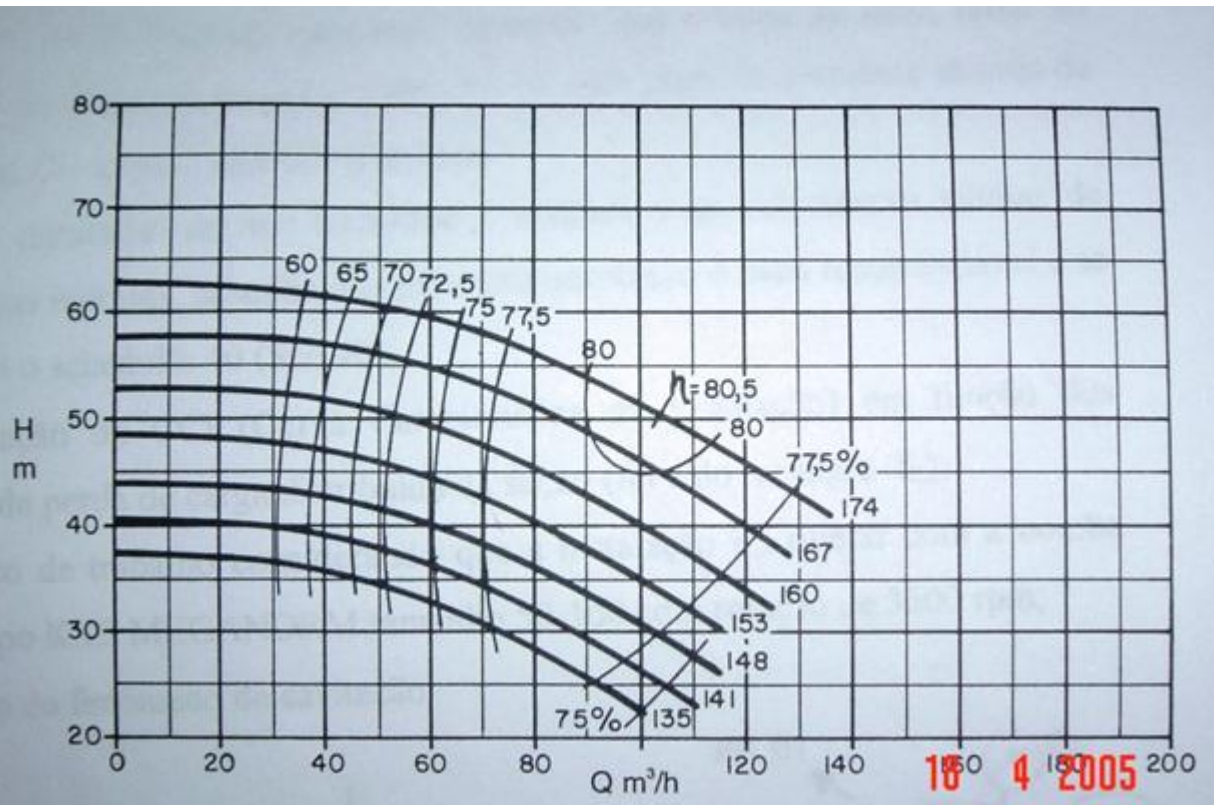




Vamos evocar a resposta de um dos fabricantes de bombas, por exemplo a resposta dada pela KSB

Os valores de altura manométrica e vazão são válidos para fluídos com densidade ( $\rho$ ) 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.



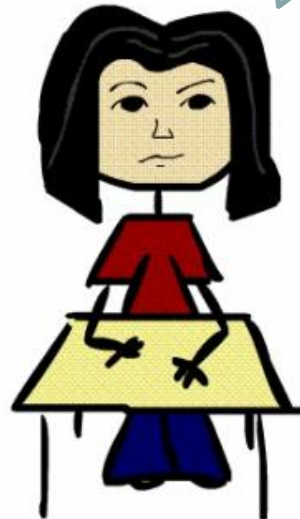
Importante observar que o fabricante trabalha praticamente só com a bomba (entrada e saída) e aí obtém as curvas para a água, onde considerou:

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

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



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?

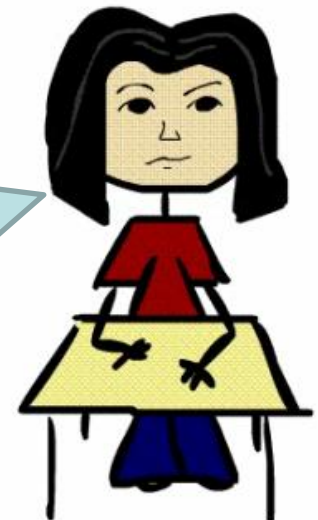


No caso da massa específica ser diferente de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , porém a viscosidade cinemática ser até  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  só deve ser corrigida a potência da bomba



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

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

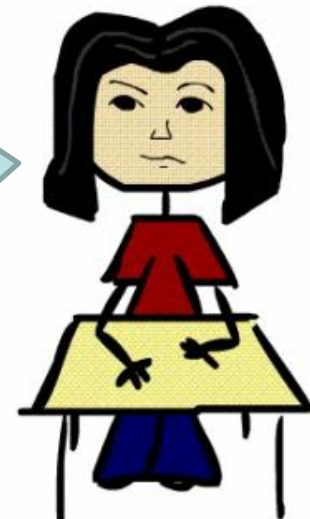




Neste caso devemos corrigir a CCB, onde temos duas situações possíveis:

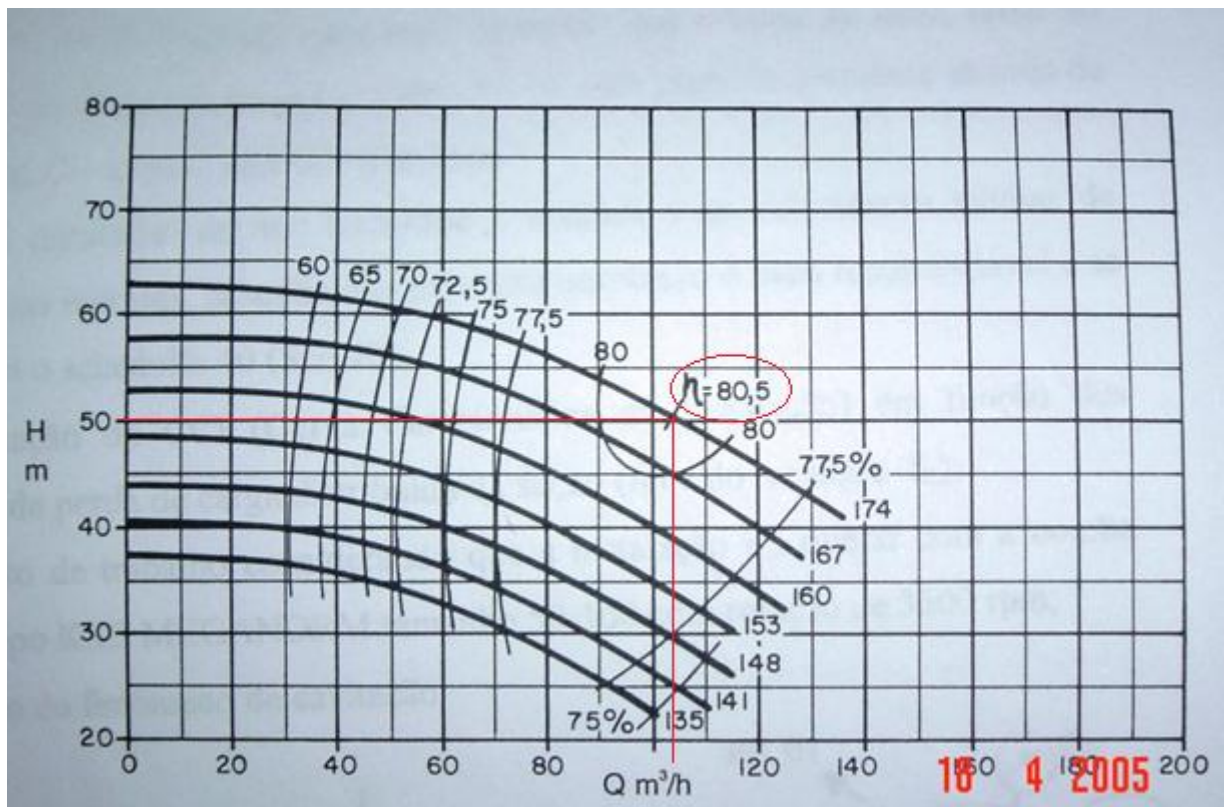
1. a instalação já existe;
2. a instalação está sendo projetada.

Vamos estudar inicialmente o caso da instalação já existir.





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

Vamos também representar graficamente a CCB.

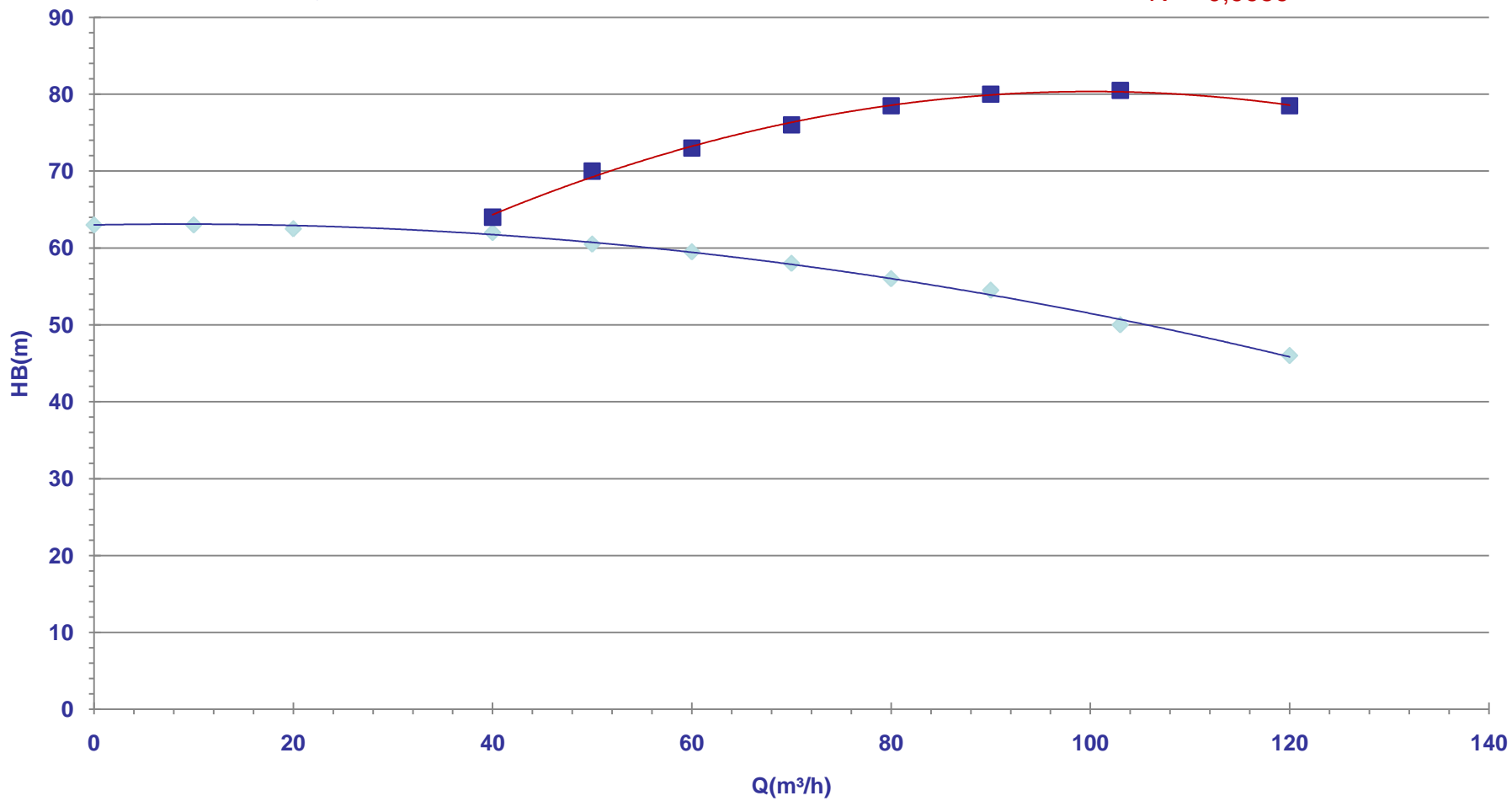
Q (m <sup>3</sup> /h)	HB (m)	$\eta_B$ (%)
0	63	
10	63	
20	62,5	
40	62	64
50	60,5	70
60	59,5	73
70	58	76
80	56	78,5
90	54,5	80
103	50	80,5
120	46	78,5



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

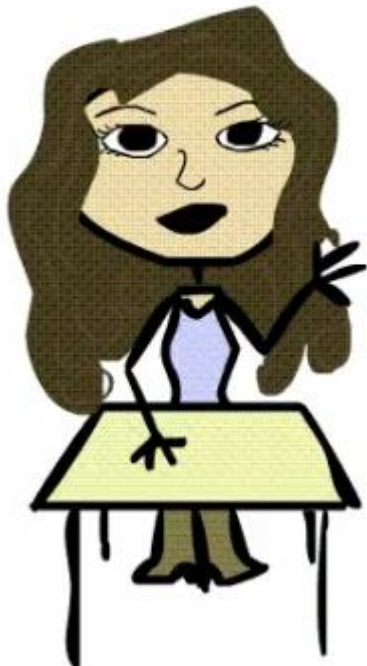
CCB

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



◆ 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.



	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:

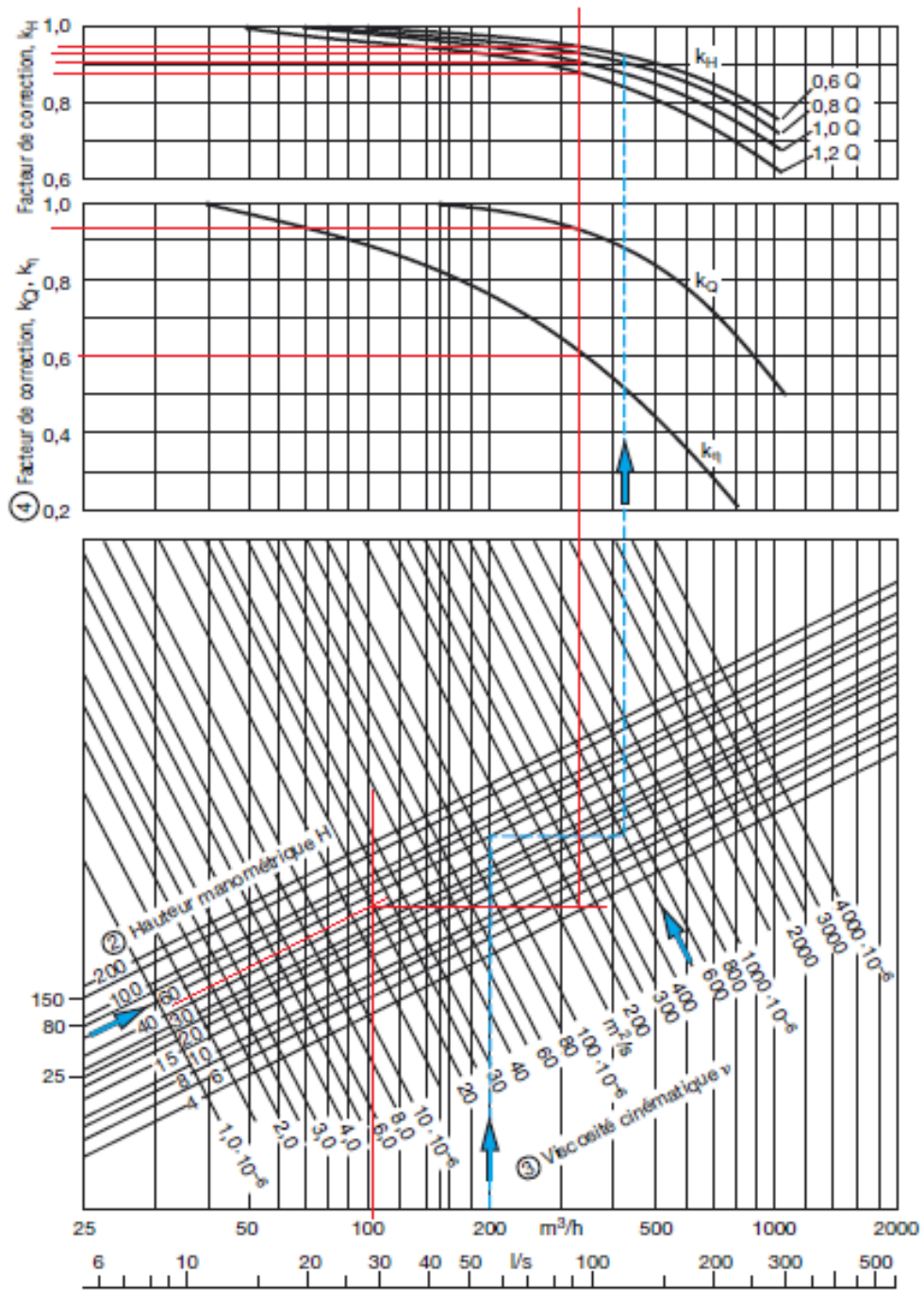


1º - marcamos a vazão do ponto de máximo rendimento ( $1,0*Q$ ) = ponto 1;

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:



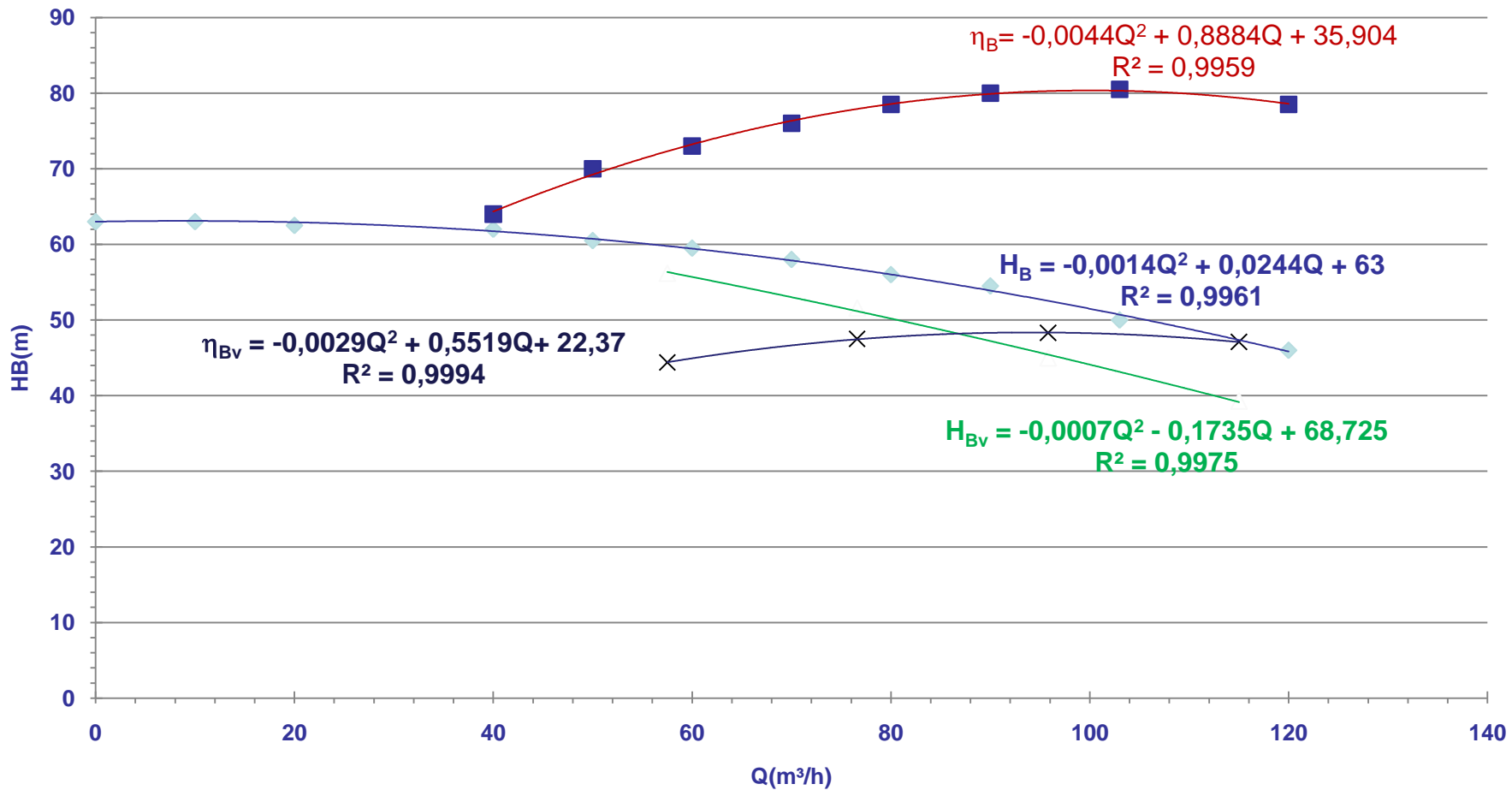
	0,6xQ	0,8xQ	1xQ	1,2xQ
Q (m <sup>3</sup> /h)	61,8	82,4	103	123,6
H <sub>B</sub> (m)	59,2	55,5	50	44,6
η <sub>B</sub> (%)	74,0	79.2	80,5	78,5
C <sub>η</sub>	0,60	0,60	0,60	0,60
C <sub>Q</sub>	0,93	0,93	0,93	0,93
C <sub>H</sub>	0,95	0,93	0,90	0,88
Q* C <sub>Q</sub>	57,5	76,6	95,8	115,0
H <sub>B</sub> *C <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 foi respeitado as condições para não se ter a recirculação e se ter menor probabilidade de cavitação.



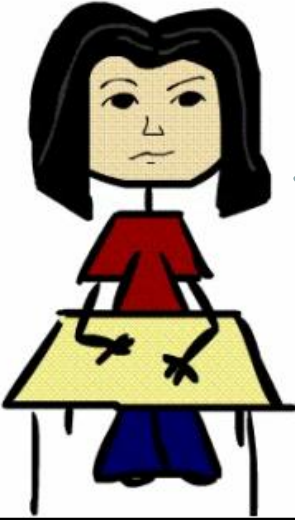
# CCB



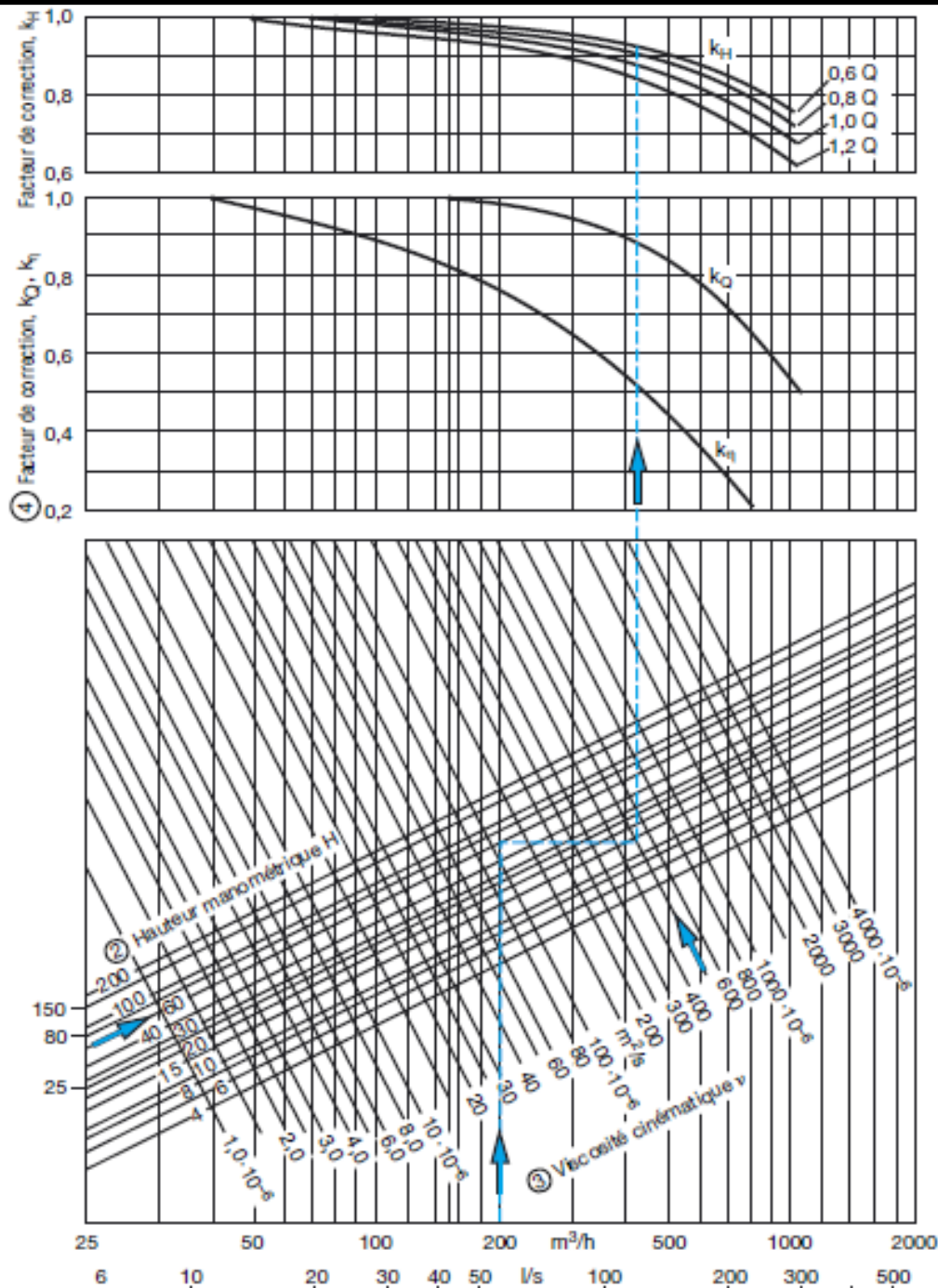
- ◆ HB (m)
- rendimento
- △ HBvisc
- × rendimentovisc
- Polinômio (HB (m))
- Polinômio (rendimento)
- Polinômio (HBvisc)
- Polinômio (rendimentovisc)



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.



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

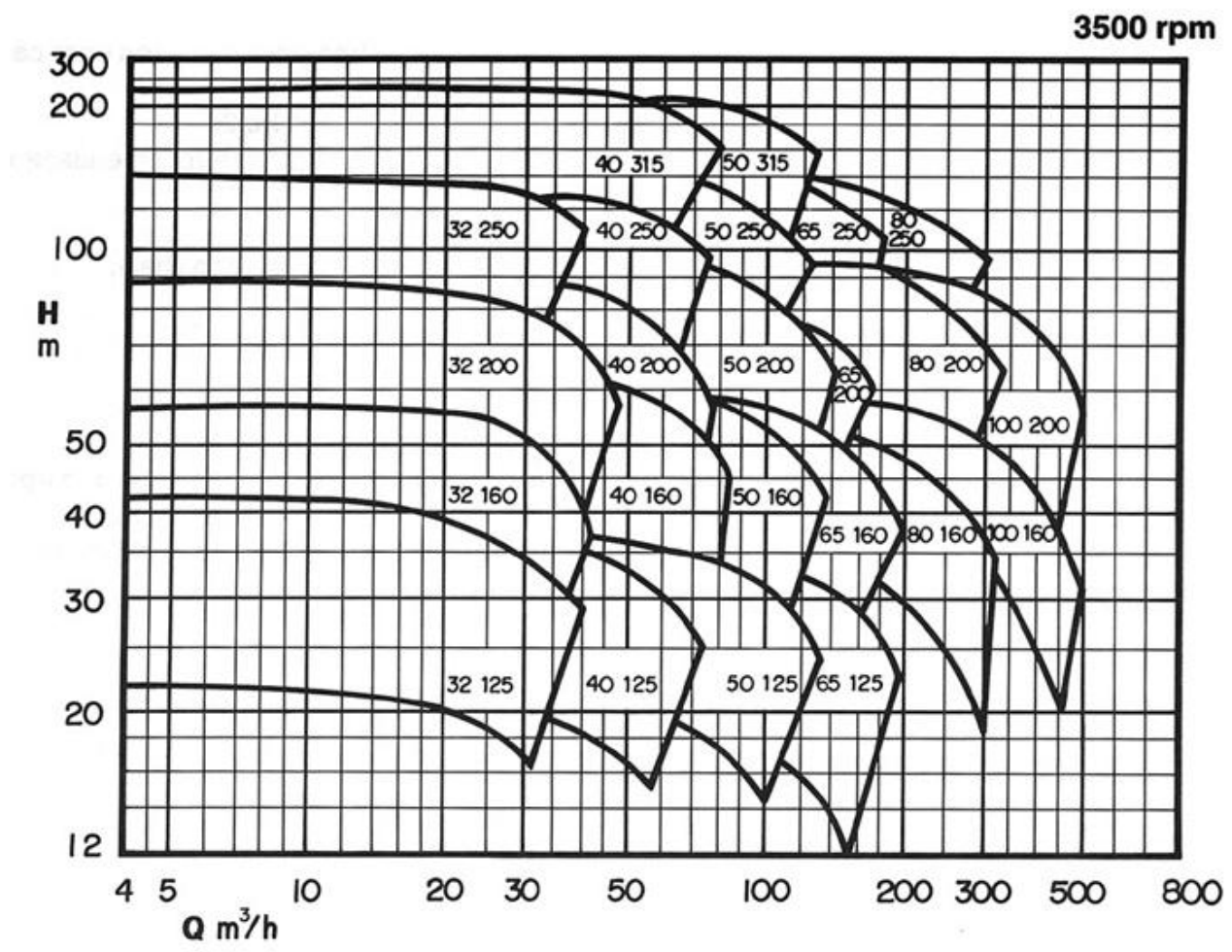
$C_Q = \frac{Q_{visc}}{Q_a}$  → coeficiente que corrige a vazão

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

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



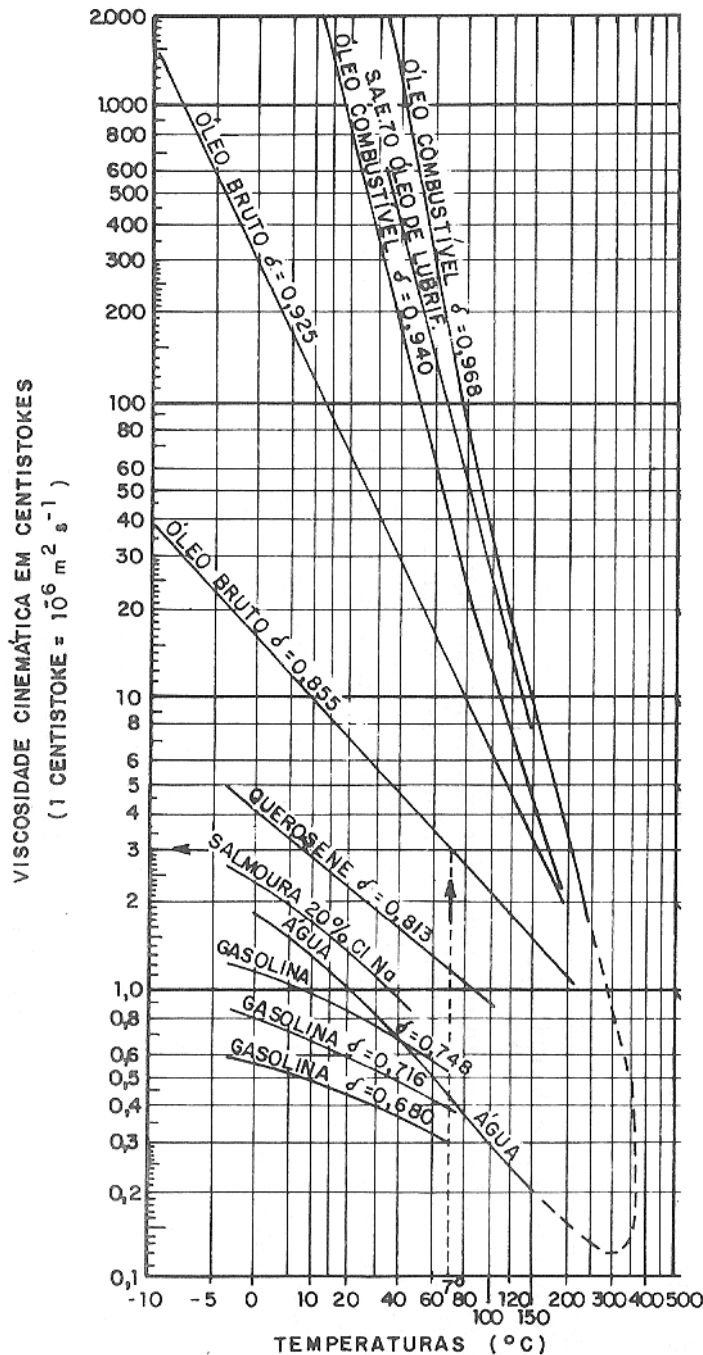
Com os coeficientes anteriores, obtemos a vazão para água ( $Q_a$ ) e a carga manométrica para a água ( $H_{Ba}$ ) e é com esse par de pontos que escolhemos preliminarmente a bomba no diagrama de tijolos.



Escolhida a bomba, no catálogo do fabricante, 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



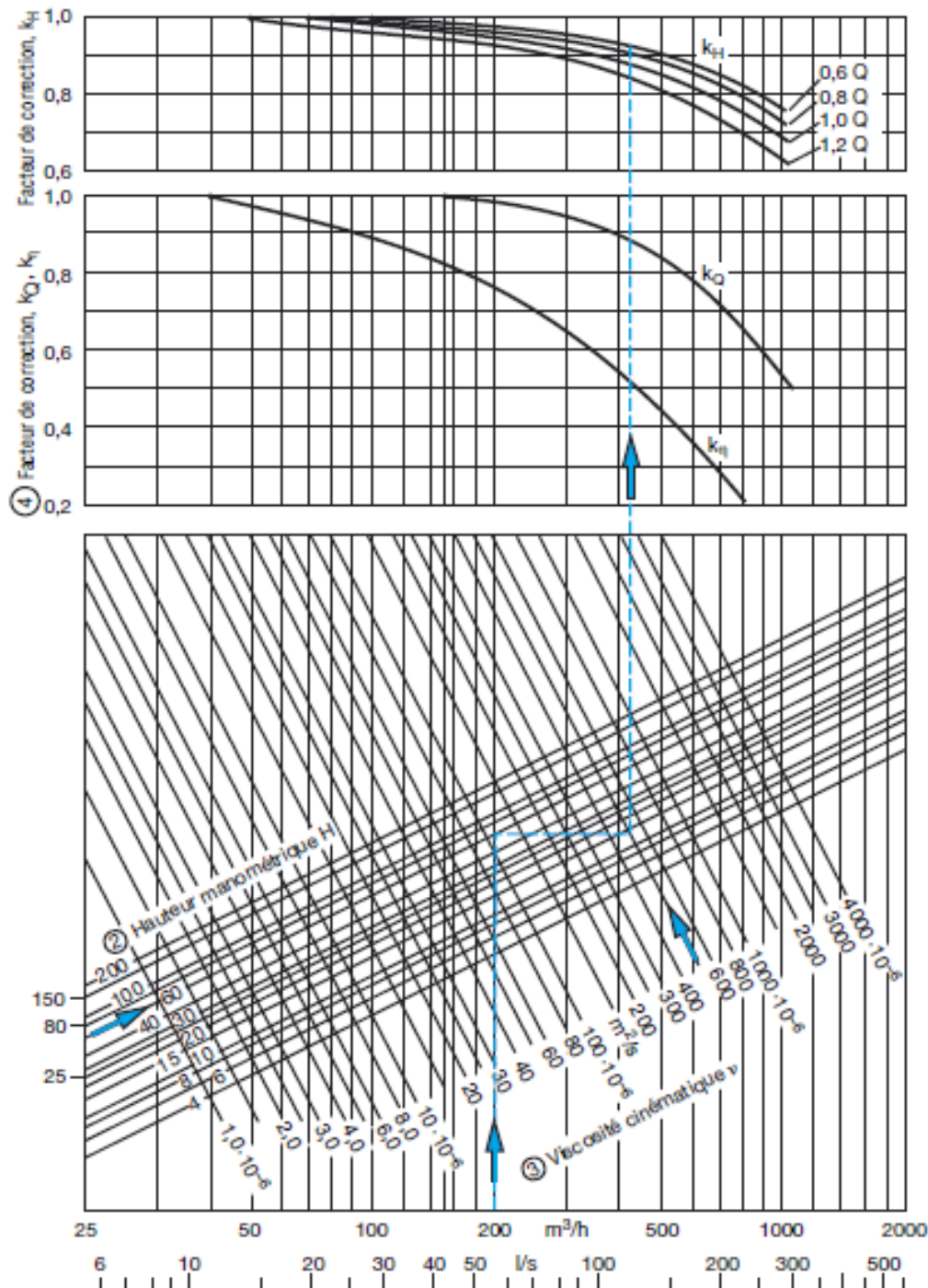
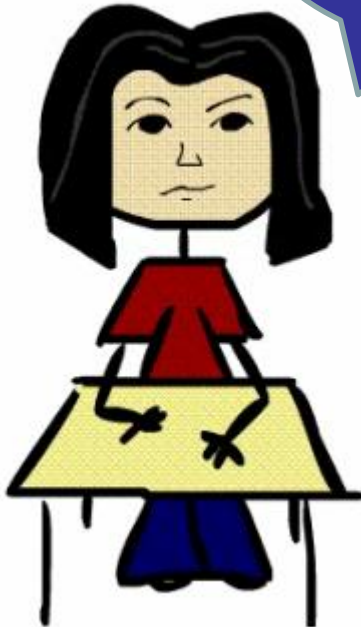


GRÁFICO OBTIDO DO  
MANUAL DA KSB PARA  
OBTENÇÃO DOS  
COEFICIENTES DE  
CORREÇÃO DA CCB PARA  
O TRANSPORTE DE FLUIDO  
VISCOSO

Gostaria de  
fazer um  
exercício de  
aplicação!



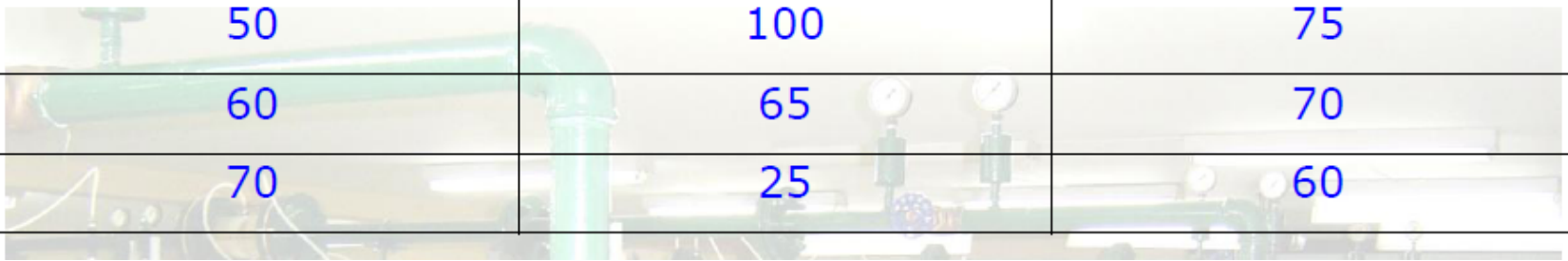
Ok, então  
resolva para  
a próxima  
aula os  
exercícios  
propostos a  
seguir.



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 600 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 segundo exemplo:  
uma instalação de  
bombeamento com  
um único diâmetro de  
aço 80 ( $K = 4,8 \text{ e-}5 \text{ m}$ )  
com diâmetro nominal  
igual a 2,5”.

## Projeto de uma instalação que transporta um fluido viscoso

Uma síntese dos passos do projeto:

**1ª Etapa: especificar as propriedades do fluido como massa específica, ou peso específico, viscosidade, ou viscosidade cinemática e pressão de vapor, tudo isto é possível porque se conhece o fluido e a sua temperatura de escoamento. Exemplo:  $\rho = 813 \text{ kg/m}^3$  e  $\nu = 300 \text{ cSt}$**

**2ª Etapa: através da vazão desejada, que é uma das condições iniciais do projeto e do tipo de fluido é possível se estabelecer a velocidade, ou a faixa de velocidade, considerada econômica e aí, sabendo-se que:  $Q = v \times A$  é possível se estabelecer a área e no caso de um tubo forçado e de seção circular se estabelecer os diâmetros.**

**3ª Etapa: esboço da instalação para se especificar os comprimentos (L) e os acessórios hidráulicos e seu possíveis comprimentos equivalentes ( $L_{eq}$ )**

**4ª Etapa: escreve-se a equação da CCI, vamos considerar um exemplo de uma instalação que tenha apenas um diâmetro:**

$$H_S = 16,9 + 6845,7 \times Q^2 + 9168539,8 \times f \times Q^2 \rightarrow [H_S] = m \rightarrow [Q] = \frac{m^3}{s}$$

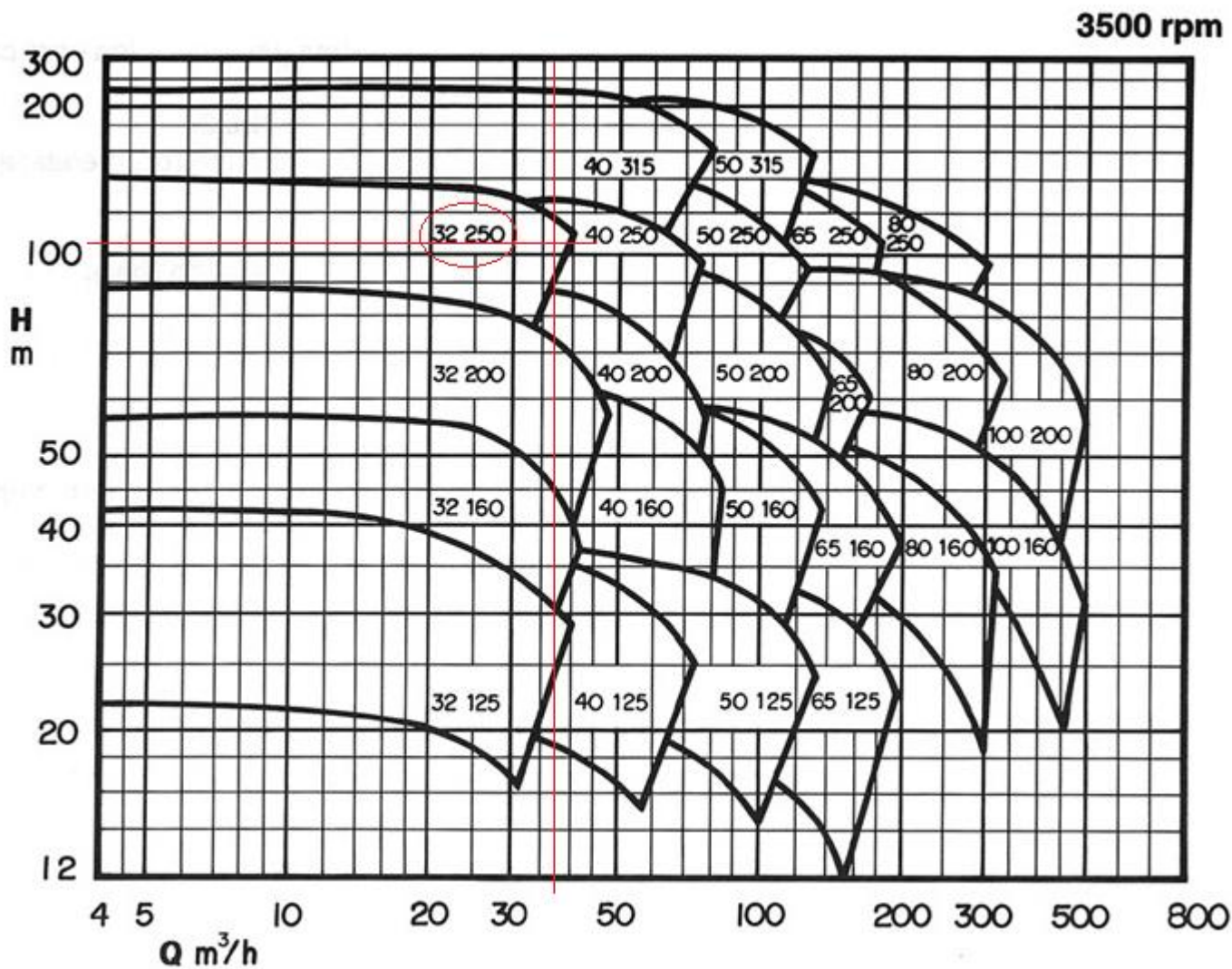
**5ª Etapa: estabelecer a vazão de projeto, portanto, considerando a vazão desejada igual a 28,72 m<sup>3</sup>/h e trabalhando com o fator de segurança mínimo, ou seja 1.1, pode-se determinar a vazão de projeto:  $Q_p = 1,1 \cdot 28,72 = 31,6 \text{ m}^3/\text{h}$  e com ela pode-se determinar  $f = 0,1013$  e em seguida a carga manométrica igual a 89 m.**

**6ª Etapa: escolha preliminar da bomba: em função da aplicação da instalação se estabelece o tipo de bomba e aí se tem o diagrama de tijolos, que nesse caso não pode ser usado de imediato já que é válido para a água, portanto há a necessidade de se determinar os coeficientes de correção, para tal entra-se no gráfico com a vazão do líquido viscoso ( $Q_v = Q_{\text{projeto}}$ ) e subindo até a carga manométrica viscosa ( $H_{B_v} = H_{B_{\text{projeto}}}$ ) e levando-se em uma horizontal até a viscosidade do fluido, obtém-se os coeficientes de correção  $C_Q$  e  $C_H$  que no caso é obtido considerando a  $Q_p = 31,6 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $H_{b_{\text{projeto}}} = 89 \text{ m}$**

Nesse exercício vamos supor que obtivemos:  $C_Q = 0.84$  e  $C_H = 0.88$ , com os coeficientes, pode-se determinar o par  $Q$  e  $H_B$  para a água e através dele especificar a bomba:

$$Q_{P_{\text{água}}} = \frac{31,6}{0,84} \cong 38 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow H_{B_{P_{\text{água}}}} = \frac{89}{0,88} \cong 102\text{m}$$

Escolhemos preliminarmente a bomba 32-250 cuja parte da CCB é dada no próximo slide





Bomba Tipo  
Pump Type  
Tipo de Bomba

**KSB MEGANORM**  
**KSB MEGABLOC**  
**KSB MEGACHEM**  
**KSB MEGACHEM V**

Tamanho  
Size  
Tamaño

**32-250**



Oferta nº

Project - No.

Oferta - nº

Item nº

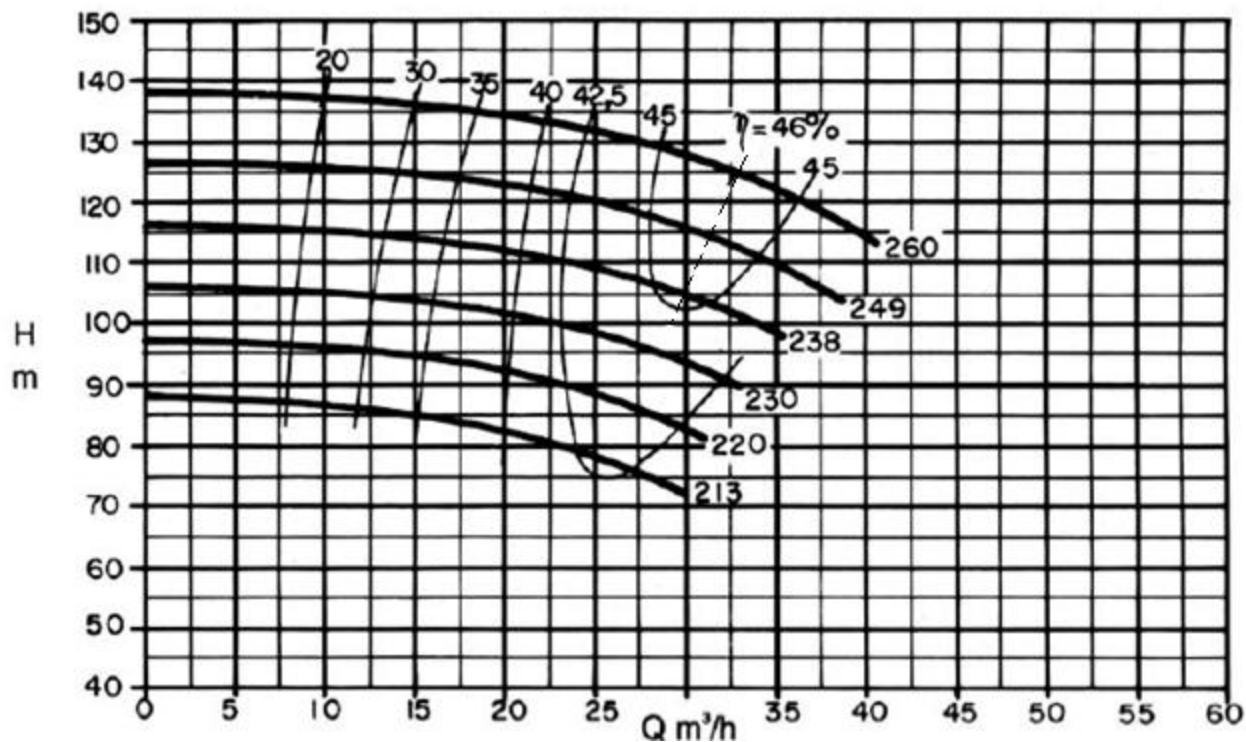
Item - No.

Pos - nº

Velocidade Nominal  
Nom. Rotative Speed  
Velocidad Nominal

**3500 rpm**

Altura Manométrica  
Head  
Altura Manométrica





7ª Etapa: especifica-se o ponto de trabalho e o diâmetro do rotor, portanto no catálogo do fabricante após se ter localizado a CCB da bomba 32-250, as quais foram feitas para água, deveremos corrigi-las , ou seja devemos preencher o quadro abaixo:

	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>				

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

