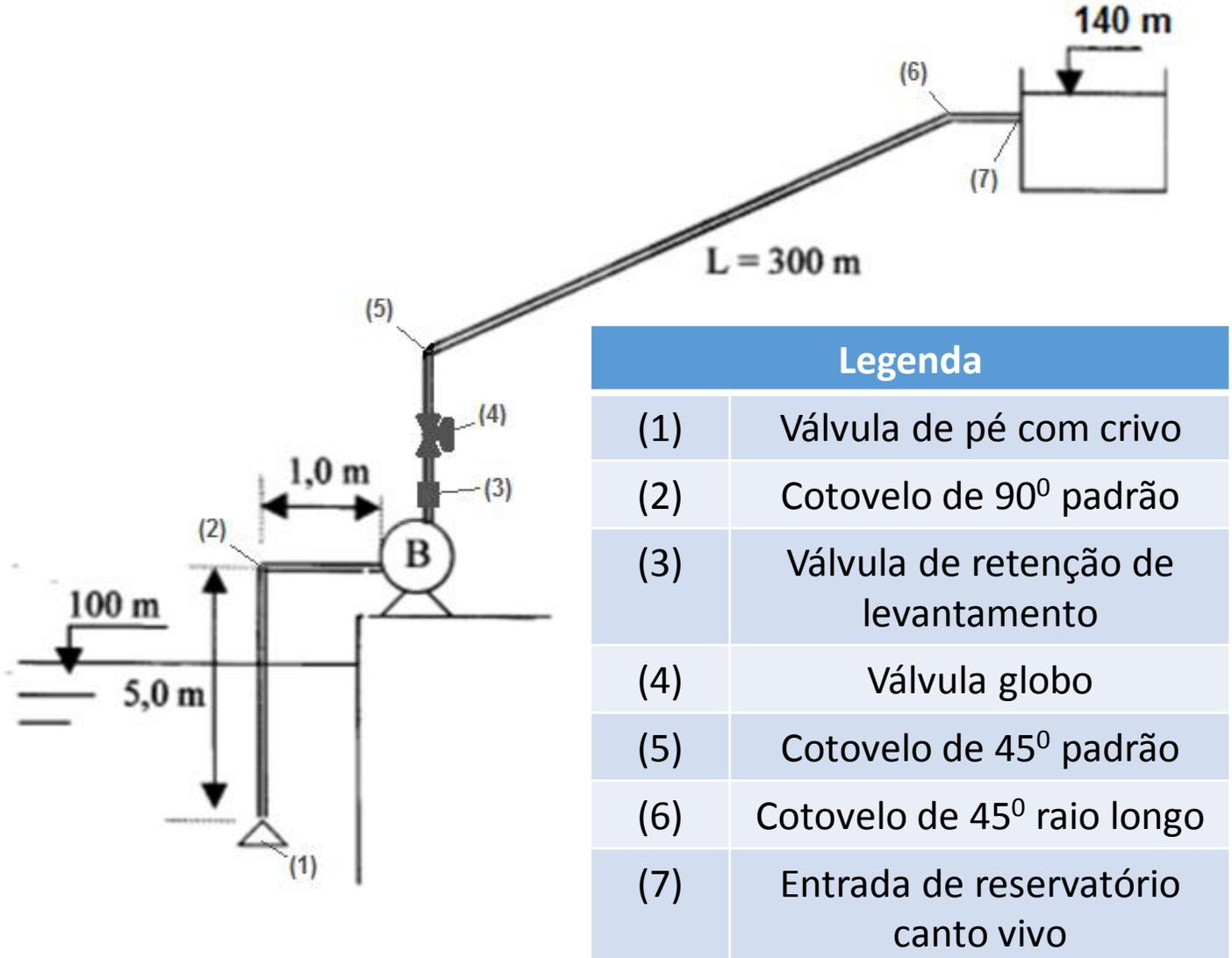


Problema proposto

A instalação de recalque esquematizada a seguir tem suas tubulações de ferro fundido classe 25 (norma ANSI A21.51 (1976)) com diâmetro nominal de 300 mm e 250 mm, respectivamente na sucção e recalque. **Considerando os dados:** somatória dos comprimentos equivalentes na sucção igual a 135 m; somatória do comprimento equivalente no recalque igual a 188 m; o coeficiente de perda de carga distribuída médio igual a 0,020 tanto para a sucção, como para o recalque e a vazão mínima de escoamento igual a 430 m³/h. Pede-se verificar se a bomba KSB MEGANORM 100-200 com rotação nominal de 3500 rpm foi bem escolhida e se foi qual o seu ponto de trabalho?



Legenda	
(1)	Válvula de pé com crivo
(2)	Cotovelo de 90° padrão
(3)	Válvula de retenção de levantamento
(4)	Válvula globo
(5)	Cotovelo de 45° padrão
(6)	Cotovelo de 45° raio longo
(7)	Entrada de reservatório canto vivo

Bomba Tipo
Pump Type
Tipo de Bomba

KSB MEGANORM
KSB MEGACHEM

Tamanho
Size
Tamaño

100-200



Oferta n°

Project - No.

Oferta - n°

Item n°

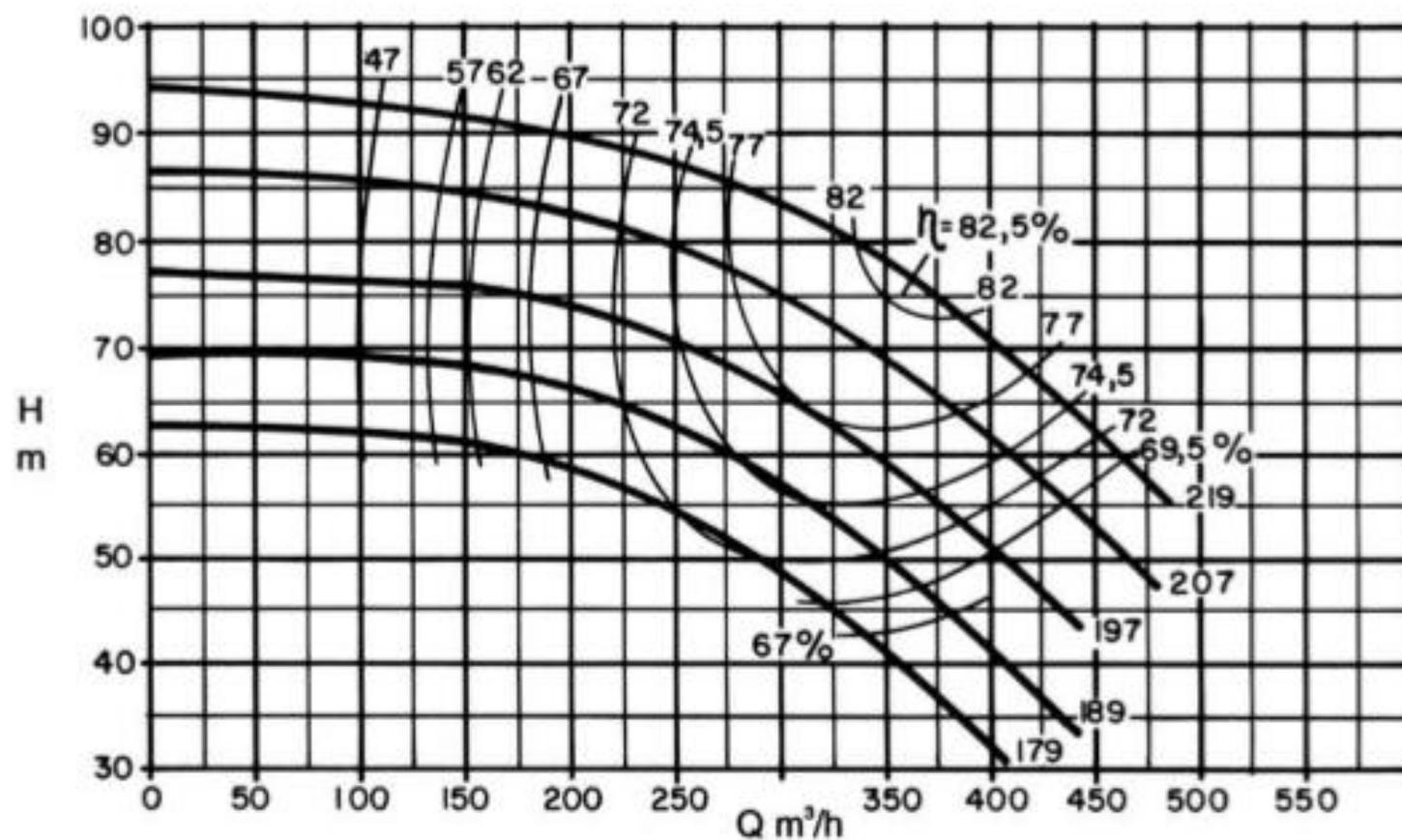
Item - No.

Pos - n°

Velocidade Nominal
Nom. Rotative Speed
Velocidad Nominal

3500 rpm

Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica





Iniciamos a solução
determinando os
diâmetros internos para
sucção e recalque,
respectivamente de 300 e
250 mm de diâmetros
nominais!



Tubos de ferro fundido

<i>diâmetros em milímetro</i>					
<i>nominal</i>	<i>externo</i>	<i>internos típicos</i> <i>classes de pressão (mCA)</i>			
		10	15	20	25
75	100,58	87,88	87,88	87,88	87,88
100	121,92	108,71	108,71	108,71	108,71
150	176,26	162,56	162,56	162,56	162,56
200	229,87	216,15	216,15	216,15	216,15
250	281,94	267,21	267,21	267,21	267,21
300	335,28	319,53	319,53	319,53	319,53
350	388,62	371,86	371,86	371,86	371,83
400	441,96	424,69	424,69	424,69	424,69
450	495,30	477,52	477,52	477,52	477,52
500	548,64	530,35	530,35	530,35	528,83
600	655,32	636,02	636,02	634,49	632,97
750	812,80	792,99	792,99	788,92	786,89
900	972,82	950,98	950,98	945,90	943,36
1000	1130,30	1106,42	1106,42	1100,33	1097,28

Ref.: Adaptado de ANSI A21.51 (1976)

Obtendo a CCI

$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p_{aB}} + H_{p_{dB}}$$

PHR adotado no nível de captação

$$H_{\text{inicial}} = z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = 0 + 0 + 0 = 0$$

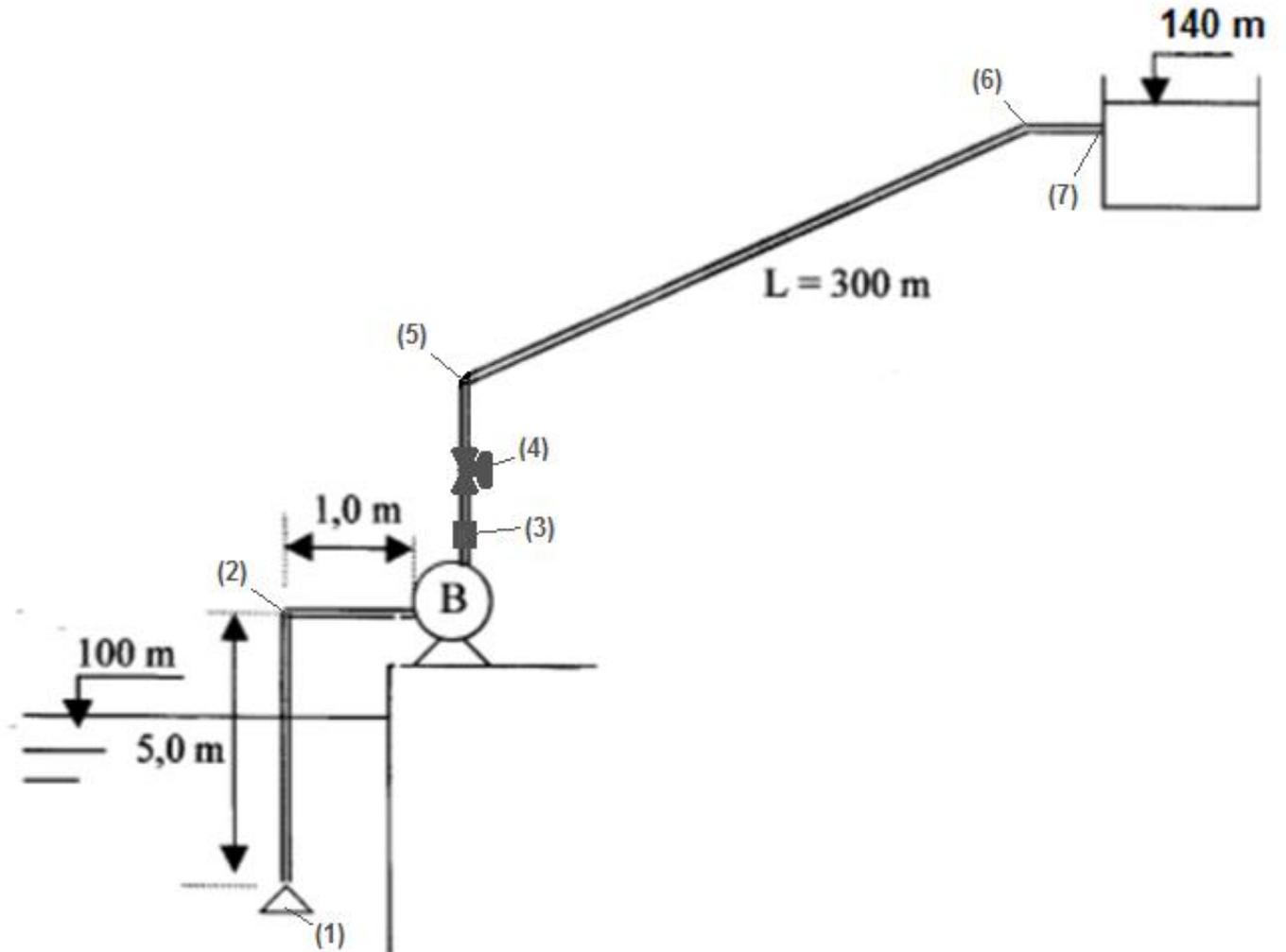
$$H_{\text{final}} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g} = 40 + 0 + 0 = 40\text{m}$$

$$0 + H_S = 40 + H_{p_{aB}} + H_{p_{dB}}$$



Termo que não depende da Q é denominado de carga estática

$$H_{\text{estática}} = 40\text{m}$$



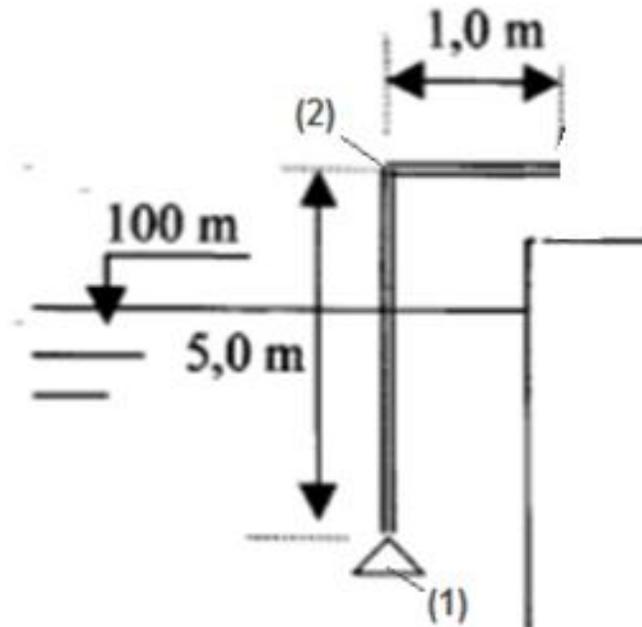
Como a carga estática deu positiva, há a necessidade de uma bomba hidráulica, isto por que não existe o escoamento em queda livre. E para completar a CCI, vamos calcular inicialmente as perdas antes da bomba pela fórmula universal:



$$H_{paB} = f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{HaB}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2}$$

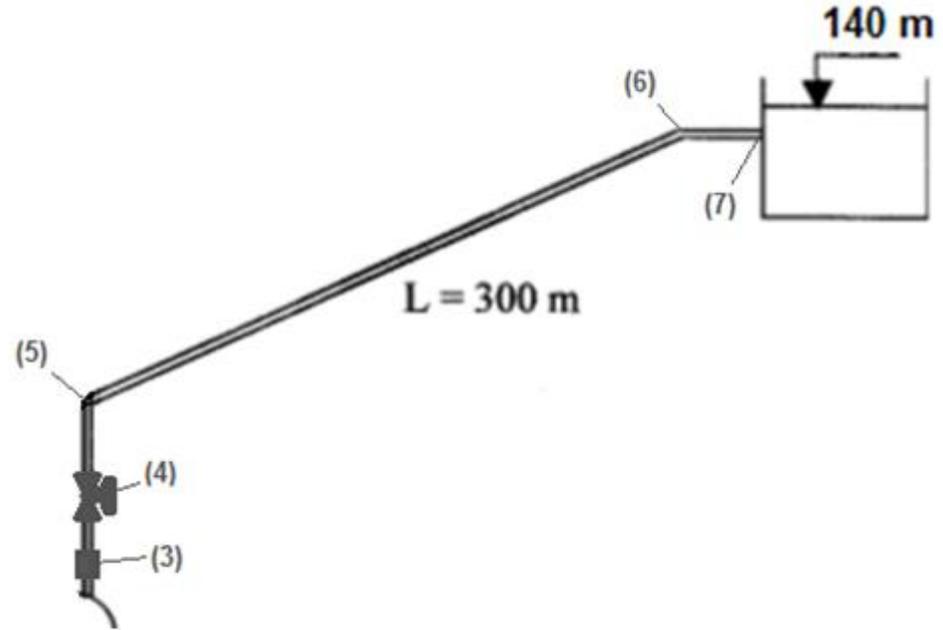
$$H_{paB} = f_{aB} \times \frac{(6 + 135)}{0,31953} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times \left(\frac{\pi \times 0,31953^2}{4} \right)^2}$$

$$H_{paB} = f_{aB} \times 3501,3 \times Q^2$$





Calculando
as perdas
depois da
bomba:



$$H_{p_{dB}} = f_{dB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{dB}}{D_{H_{dB}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{dB}^2}$$

$$H_{p_{dB}} = f_{dB} \times \frac{(300 + 188)}{0,26721} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times \left(\frac{\pi \times 0,26721^2}{4} \right)^2}$$

$$H_{p_{dB}} = f_{dB} \times 29629,24 \times Q^2$$

Portanto temos a equação da CCI

$$H_S = 40 + 3501,3 \times f_{aB} \times Q^2 + 29629,24 \times f_{dB} \times Q^2$$

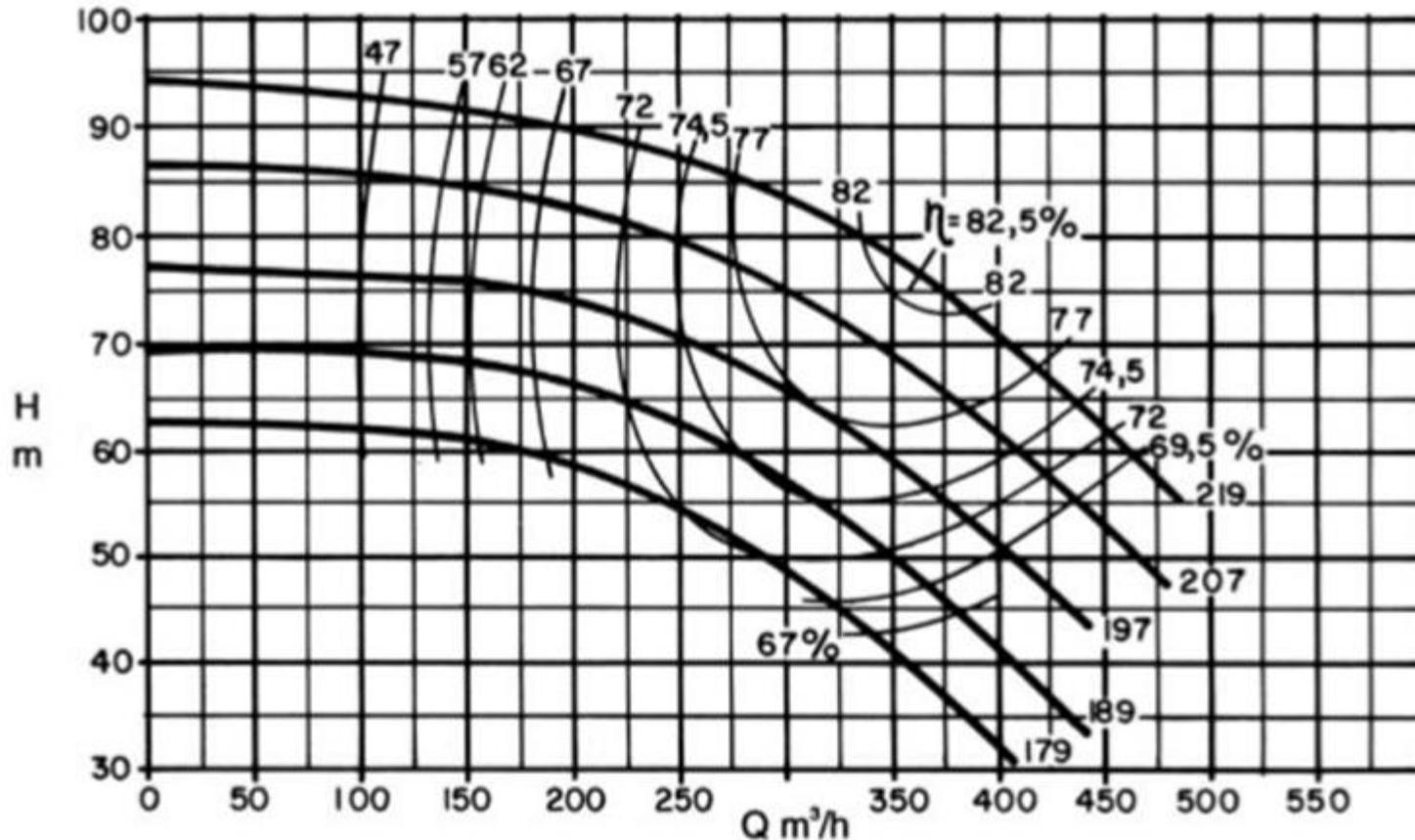
$$H_S = 40 + 3501,3 \times 0,02 \times Q^2 + 29629,24 \times 0,02 \times Q^2$$

$$H_S = 40 + 662,7 \times Q^2 \rightarrow \text{CCI}$$

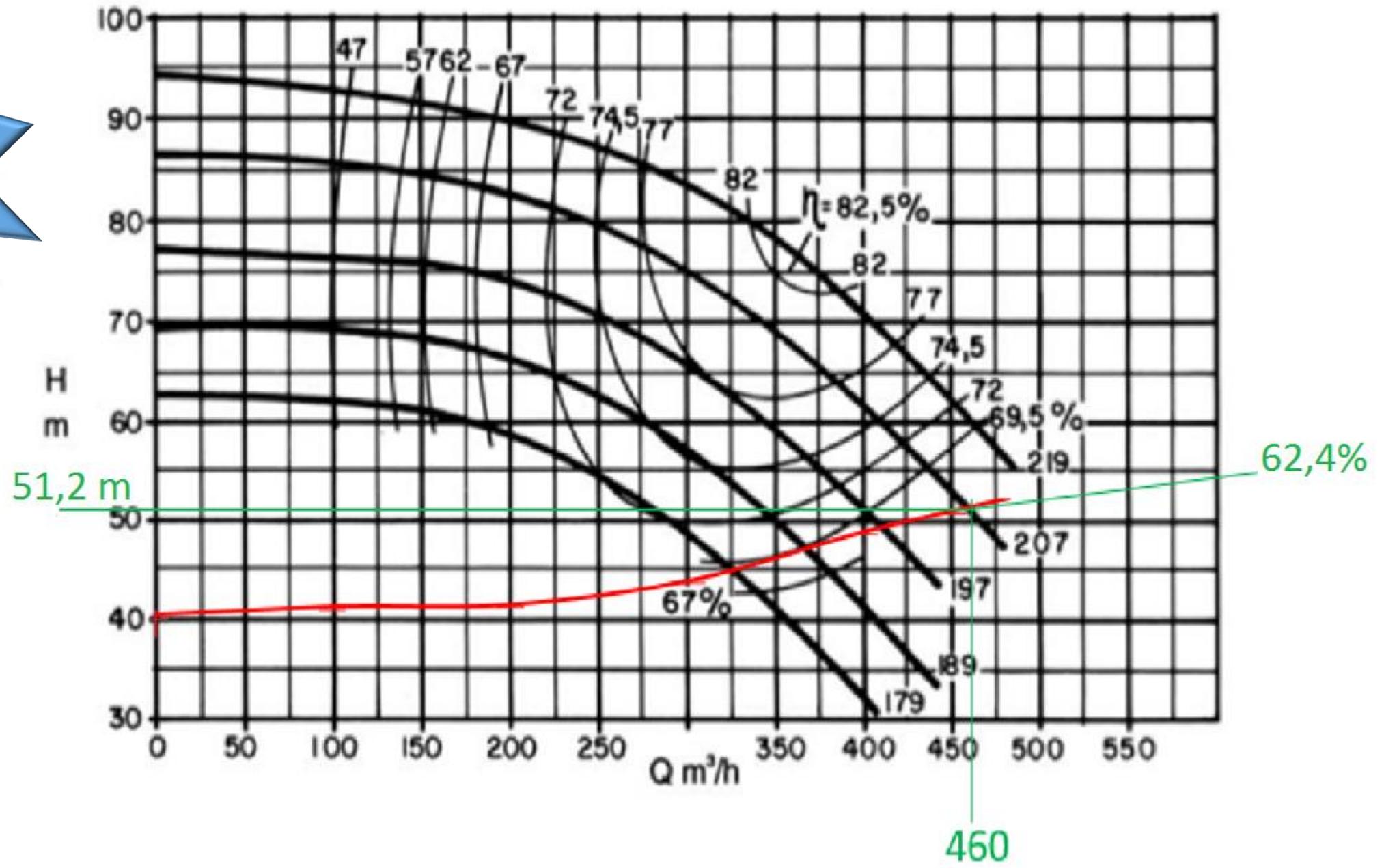


CONSIDERANDO O INTERVALO DE VAZÃO DA CURVA DA BOMBA, PODEMOS, VARIANDO A VAZÃO, CONSTRUIR A TABELA QUE PERMITIRÁ O TRAÇADO DA CCI E OBTENÇÃO DO PONTO DE TRABALHO.

$$H_S = 40 + 662,7 \times Q^2 \rightarrow \text{CCI}$$



Q(m³/h)	Hs(m)
0	40,0
100	40,5
200	42,0
300	44,6
400	48,2
450	50,4



Calculando a potência nominal da bomba:

$$Q_{\tau} \cong 460 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}; H_{B_{\tau}} \cong 51,2\text{m}; \eta_{B_{\tau}} \cong 62,4\%;$$

$$N_{B_{\tau}} = \frac{\gamma \times Q_{\tau} \times H_{B_{\tau}}}{\eta_{B_{\tau}}} = \frac{9800 \times \left(\frac{460}{3600} \right) \times 51,2}{0,624}$$

$$N_{B_{\tau}} \cong 102746,4\text{W} \approx 102,8\text{kW}$$

Sim e isto pode
trazer resultados
diferentes!

O que vem a ser instalação de recalque?

classe 25?

Por que a tula

vamos as
perguntas

Existem outras maneiras de calcular a perda de carga em uma instalação?

Como calculamos a potência nominal da bomba?

o a vazão em m^3/h para m^3/s ?

Que tipo de

Como obtenho o ponto



**Na busca de novas
soluções, recorreremos a
fórmula de Hazen -
Williams para o cálculo das
perdas!**

A nossa instalação opera em regime turbulento

- Para o regime turbulento existe na literatura mais de 100 fórmulas empíricas para o cálculo da perda de carga, o professor Azevedo Netto menciona em seu livro 40 delas. Vamos ver, na nova solução deste problema a fórmula de Hazen–Williams.
- A fórmula de Hazen-Williams é recomendada para diâmetros maior a 50 mm (2") e como é empírica, vale para os fluidos que foi testada, ou seja, a água.

NO SISTEMA INTERNACIONAL (SI) A FÓRMULA DE HAZEN WILLIAMS PODE SER ESCRITA DA SEGUINTE FORMA:

$$J = 10,643 \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times Q^{1,85}$$

Q = vazão em m³/s

D = diâmetro interno em m

J = perda de carga unitária = Hp/L em m/m

Hp = perda para um dado diâmetro

L = comprimento total, ou seja, $L_{\text{tub}} + \sum L_{\text{eq}}$

C = coeficiente adimensional que depende da natureza (material e estado) das paredes do tubo (exemplo apresentado no slide a seguir).

Tabela 8.4 – Valores do coeficiente C segundo os dados analisados por Hazen-Williams. Tubos de ferro fundido sem revestimento interno (*)

Diâmetro (mm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1 050	1 500
Anos														
(**)	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
5	117	118	119	120	120	120	120	120	120	120	121	122	122	122
10	106	108	109	110	110	110	111	112	112	112	113	113	113	113
15	96	100	102	103	103	103	104	104	105	105	106	106	106	106
20	88	93	94	96	97	97	98	98	99	99	100	100	100	100
25	81	86	89	91	91	91	92	92	93	93	94	94	94	95
30	75	80	83	85	86	86	87	87	88	89	90	90	90	91
35	70	75	78	80	82	82	83	84	85	85	86	86	87	88
40	64	71	74	76	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84
45	60	67	71	73	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81
50	56	63	67	70	71	72	73	73	74	75	76	76	77	78

Exemplo para as tubulações de ferro fundido!



Perda na tubulação de sucção:

$$H_{p_{\text{sucção}}} = (6 + 135) \times 10,643 \times 130^{-1,85} \times 0,31953^{-4,87} \times Q^{1,85}$$

$$H_{p_{\text{sucção}}} \cong 47,7 \times Q^{1,85}$$

Perda na tubulação de recalque:

$$H_{p_{\text{recalque}}} = (300 + 188) \times 10,643 \times 130^{-1,85} \times 0,26721^{-4,87} \times Q^{1,85}$$

$$H_{p_{\text{sucção}}} \cong 394,4 \times Q^{1,85}$$

A equação da CCI ser assim representada

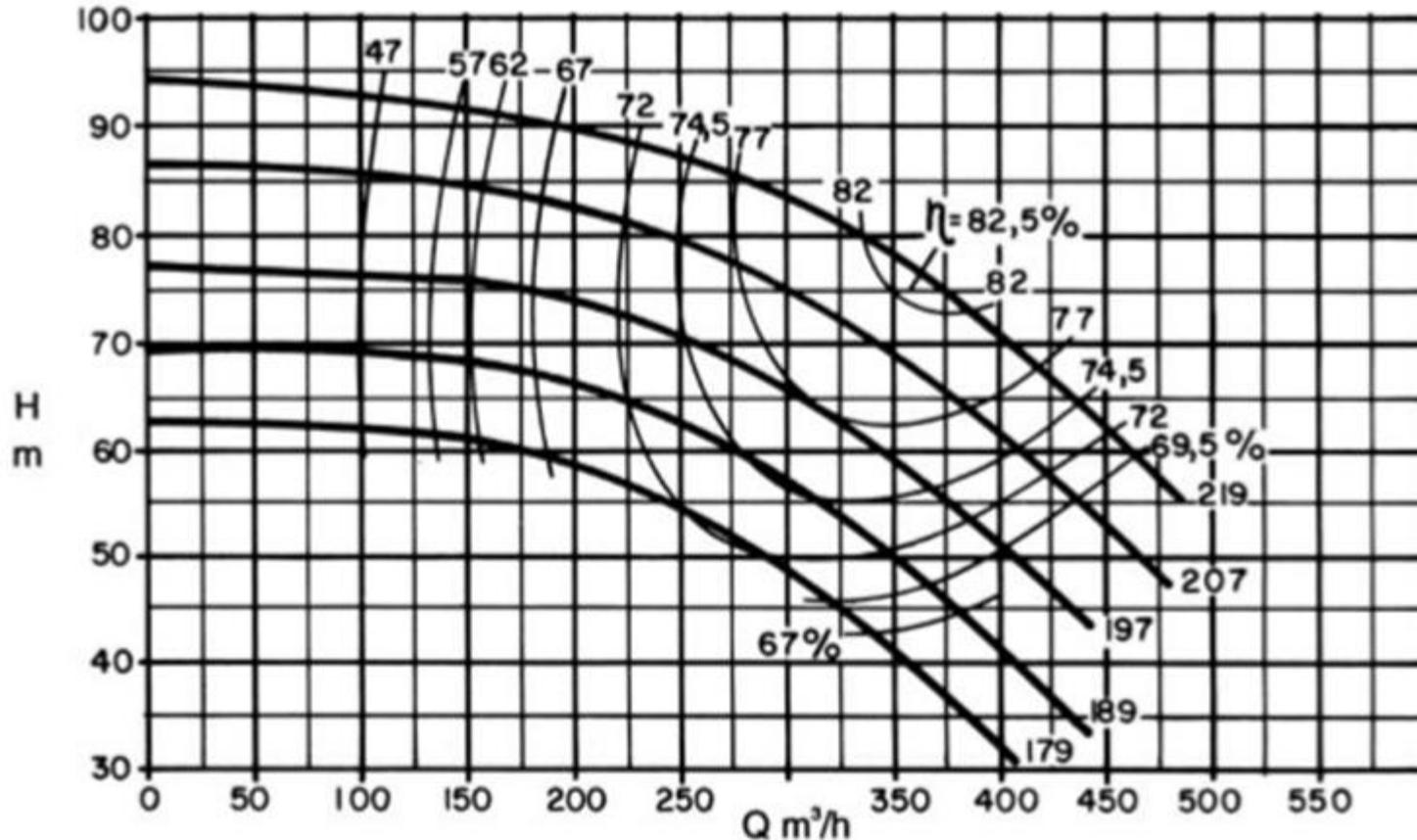
$$H_s = 40 + 47,7 \times Q^{1,85} + 394,4 \times Q^{1,85}$$

$$H_s = 40 + 442,1 \times Q^{1,85}$$

Supondo
tubulação
nova:

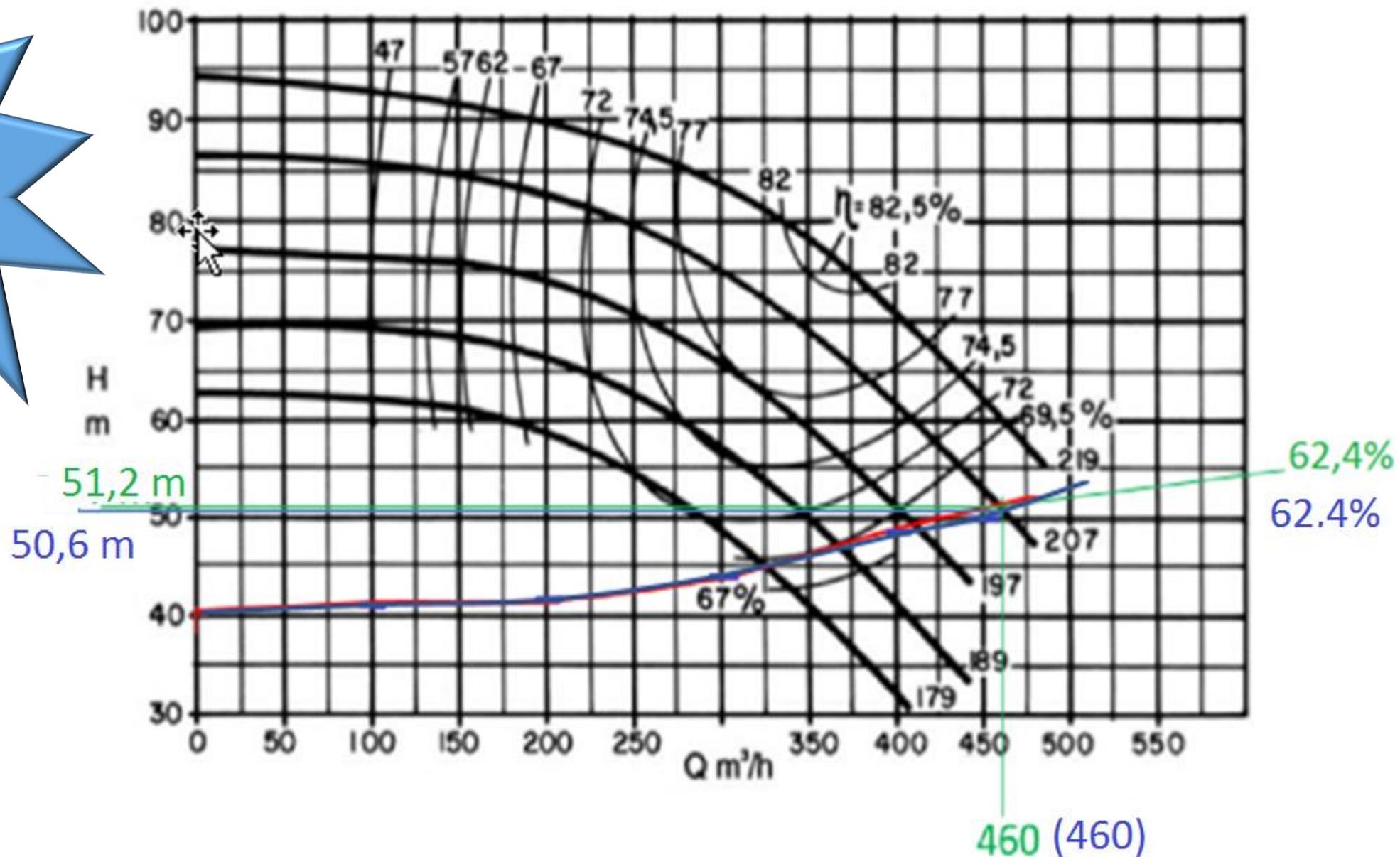


$$H_s = 40 + 442,1 \times Q^{1,85} \rightarrow \text{CCI}$$



Q(m³/h)	Hs(m)
0	40,0
100	40,6
200	42,1
300	44,5
400	47,6
450	49,5

O NOVO PONTO
DE TRABALHO
FOI
PRATICAMENTE
O MESMO!



Cálculo da potência nominal da bomba

$$Q_{\tau} \cong 460 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}; H_{B_{\tau}} \cong 50,6\text{m}; \eta_{B_{\tau}} \cong 62,4\%;$$

$$N_{B_{\tau}} = \frac{\gamma \times Q_{\tau} \times H_{B_{\tau}}}{\eta_{B_{\tau}}} = \frac{9800 \times \left(\frac{460}{3600} \right) \times 50,6}{0,624}$$

$$N_{B_{\tau}} \cong 101542,4\text{W} \approx 101,6\text{kW}$$

A black and white line drawing of a classroom. A teacher with long hair, wearing a plaid shirt and jeans, stands in the center with arms crossed. In the foreground, three students are seated at desks, their heads down as if sleeping. A trash can labeled 'LIXO' is on the floor. A whiteboard is on the wall behind the teacher. A red speech bubble is on the right side of the image.

**NOVOS PROBLEMAS E
REFLEXÕES ... ISTO
MOTIVA O ENGENHEIRO A
ESTAR SEMPRE
APRENDENDO E
EVOLUINDO ...**

REFAÇAM UTILIZANDO A FÓRMULA DE HANZEN WILLIAMS SUPONDO TUBULAÇÃO DE 10 ANOS E 20 ANOS. FAÇAM A COMPARAÇÃO DE RESULTADOS ATRAVÉS DO EXCEL.

REFAÇAM O EXERCÍCIO, PORÉM NÃO CONSIDERANDO O f CONSTANTE, MAS VARIANDO COM A VAZÃO. O f DEVE SER OBTIDO PELA FÓRMULA DE CHURCHIL. O PONTO DE TRABALHO DEVE SER OBTIDO IGUALANDO AS EQUAÇÕES DAS LINHAS DE TENDÊNCIAS DA CURVA DO FABRICANTE COM A CURVA DA CCI, ISTO TRABALHANDO COM O EXCEL. COMPARE OS RESULTADOS. O endereço abaixo dá acesso a planilha para determinação do coeficiente de perda de carga distribuída (f) na página www.escoladavida.eng.br



http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/primeiro2008/determinação_dos_f.xls