

Mecânica dos Fluidos para Engenharia Química

ME5330

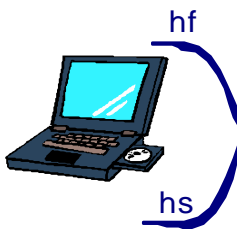
08/09/2009

RESOLUÇÃO DA TERCEIRA ATIVIDADE



Considerando a vazão especificada na bancada e lendo a pressão na seção de entrada da bomba, pede-se calcular a perda de carga até esta seção de três maneiras diferentes: pela equação da energia, pela fórmula universal + pelo cálculo da perda de carga singular e pela fórmula universal considerando os comprimentos equivalentes. Compare os resultados e comente as possíveis diferenças.

aplicar a equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente



calcular

determinar



Exemplo
de
bancadas
de 1 a 5



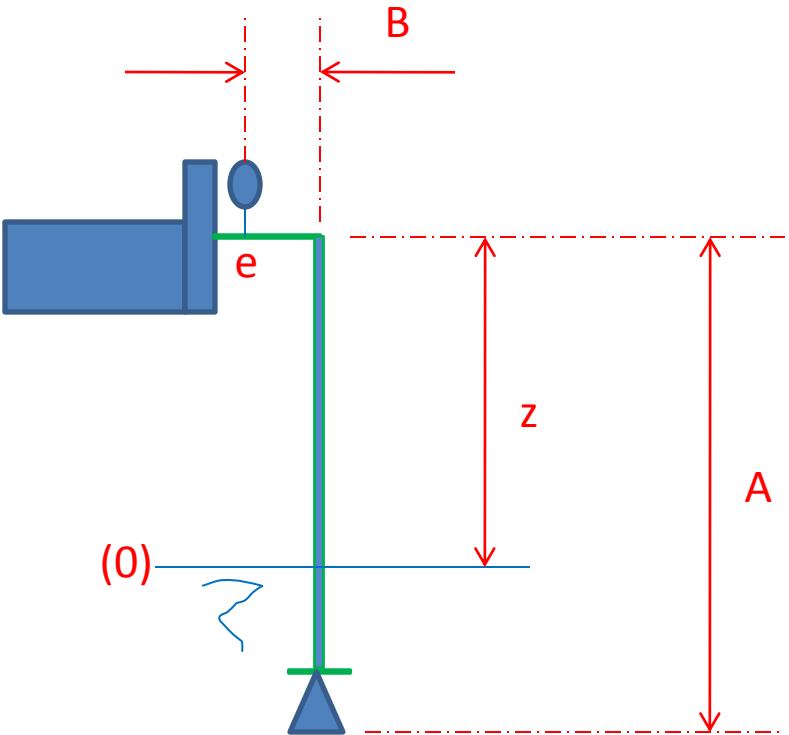


H

B

26 3 2008

Esboço parcial da foto anterior



Determinando a perda pela equação da energia

$$H_0 = H_e + H_{p_{aB}}$$

0 → nível de captação

e → seção de "entrada" da bomba

aB → antes da bomba

Adotando PHR em 0 e trabalhando na escala

efetiva e considerando um escoamento em regime permanente:

$$0 = z + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{Q^2}{2g \times A_e^2} + H_{p_{aB}}$$

$$H_{p_{aB}} = - \left(z + \frac{(p_{me} + \gamma \times H)}{\gamma} + \frac{Q^2}{2g \times A_e^2} \right)$$

Determinando a perda pela fórmula universal (ou Darcy-Weisbach) e calculando as perdas singulares.

$$H_{p_{aB}} = h_f + \sum h_s$$

$$H_{p_{aB}} = f_{aB} \times \frac{L_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2} + K_{s_{v,pé}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{v,pé}^2} + \dots$$

Determinando a perda pela fórmula universal (ou Darcy-Weisbach) e recorrendo-se aos comprimentos equivalentes

$$H_{p_{aB}} = f_{aB} \times \frac{(L_{aB} + Leq_{v.pé})}{D_{H_{aB}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{aB}^2} + \dots$$

Dados e cálculos

Bancadas	p_e (kPa)	Q (m ³ /s)	A (cm)	B (cm)	Z (cm)
1	-22,6648	0,002560	158,0	12,0	117,0
2	-21,9982	0,002419	158,0	11,0	116,0
3	-26,6645	0,002671	152,0	10,0	117,0
4	-23,9980	0,002531	158,0	11,0	117,0
5	-24,6646	0,002478	160,0	10,0	115,5
6	-25,3313	0,003487	162,0	30,0	114,0

A = comprimento da válvula de pé até o eixo da bomba

Z = cota do nível do reservatório de captação até o eixo da bomba

B = comprimento do cotovelo ou curva longa até a seção de leitura da pressão na "entrada" da bomba

Dados e cálculos

Singularidades

1 a 5	Ks	Leq (m)
válvula de pé com crivo	7,53	19,81
joelho de redução 2" para 1,5"	0,8	0,85

6	Ks	Leq (m)
válvula de pé com crivo	7,53	19,81
curva longa	0,5	1,35
união	0,04	0,01
niple	0,04	0,01

D1½"	A1½"	D2"	A2"	T	γH2O	g
(mm)	(cm²)	(mm)	(cm²)	(°C)	(N/m³)	(m²/s)
40,8	13,1	52,5	21,7	20	9782,36	9,8

SI 0,0408 0,00131 0,0525 0,00217

SI m m² m m²

Cálculos

Bancada					1½			2				
	Q	f1½	f2	Hp prático	v	Hp Ks	Hp Leq	v	Hp Ks	Hp Leq	Hp Ks	Hp Leq
	(m³/s)			(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	0,00256	0,023277	0,023152	0,95	1,95	0,169	0,107	1,18	0,584	0,670	0,75	0,78
2	0,002419	0,023414	0,023326	0,91	1,85	0,150	0,095	1,11	0,522	0,602	0,67	0,70
3	0,002671	0,023179	0,023028	1,34	2,04	0,182	0,114	1,23	0,633	0,723	0,82	0,84
4	0,002531	0,023304	0,023187	1,09	1,93	0,164	0,104	1,17	0,571	0,656	0,74	0,76
5	0,002478	0,023355	0,023251	1,18	1,89	0,157	0,099	1,14	0,548	0,631	0,70	0,73
6	0,003487	0,022621	0,022311	1,32	2,66			1,61	1,176	1,293	1,18	1,29

Refletindo sobre correções

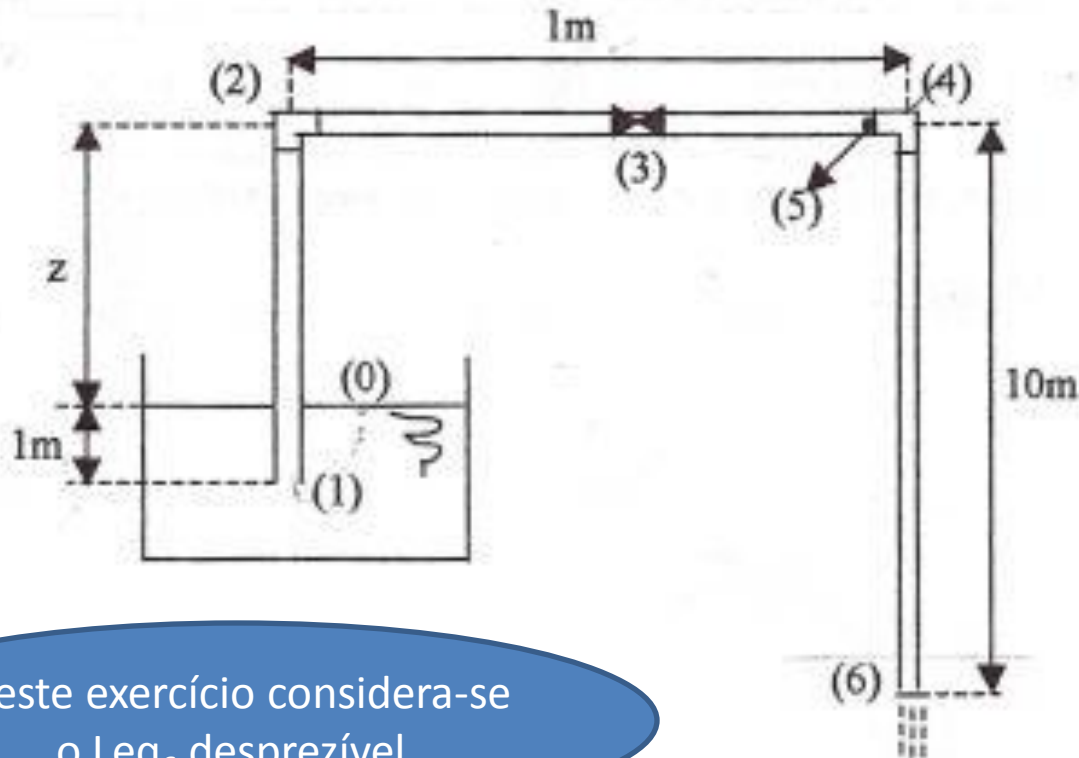
Bancada	Q (m ³ /s)	Hp prático (m)	Hp Ks (m)	Hp Leq (m)	fator/Ks	fator/Leq
1	0,00256	0,95	0,75	0,78	1,27	1,22
2	0,002419	0,91	0,67	0,70	1,36	1,30
3	0,002671	1,34	0,82	0,84	1,63	1,60
4	0,002531	1,09	0,74	0,76	1,47	1,43
5	0,002478	1,18	0,70	0,73	1,69	1,62
6	0,003487	1,32	1,18	1,29	1,12	1,02

Não dá para se concluir ainda nada, pois deveremos analisar novos valores de K_s e Leq principalmente os obtidos experimentalmente, porém já se pode constatar que existe diferenças entre os valores determinado pela equação da energia (situação real) e os calculados pelas fórmulas e tabelas, o que nos leva a começar a pensar em fatores de correção que deverão ser utilizados no desenvolvimento de projetos.

Exercício

2) Na instalação da figura, a mínima pressão absoluta no ponto (5) deve ser $0,24 \text{ kgf/cm}^2(\text{abs})$. Qual a máxima cota z para que essa condição seja satisfeita?

Dados: $L_{eq1} = L_{eq2} = L_{eq4} = 2\text{m}$; $L_{eq3} = 10\text{m}$; $p_{atm} = 1 \text{ kgf/cm}^2(\text{abs})$; $D = 2\text{cm}$ (C^{10}); $f = 0,02$; $\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Obs: desprezar as dimensões das singularidades.



Neste exercício considera-se o Leq_6 desprezível.

Resolução

$$H_{5_{\text{abs}}} = H_{6_{\text{abs}}} + H_{p_{5-6}}$$

Adotando PHR em 6 e como $v_5 = v_6$, tem-se:

$$10 + \frac{0,24 \times 10^4}{10^3} = \frac{1 \times 10^4}{10^3} + 0,02 \times \frac{(10 + 2)}{0,02} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{v^2}{2g} = 0,2 \text{ m}$$

$$H_{0_{\text{abs}}} = H_{5_{\text{abs}}} + H_{p_{0-5}}$$

Adotando-se agora PHR em 0, tem-se:

$$\frac{10^4}{10^3} = z + \frac{0,24 \times 10^4}{10^3} + 0,2 + 0,02 \times \frac{(16 + z)}{0,02} \times 0,2$$

$$z = \frac{4,2}{1,2} = 3,5 \text{ m}$$

Voltando a falar da CCI e novamente considerando uma instalação hidráulica de um único diâmetro.

$$H_s = (z_f - z_1) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma} + \left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

$$H_{estática} = (z_f - z_1) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma}$$

$$B_{instalação} = \left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) + f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{1}{2g \times A^2}$$

$$H_s = H_{estática} + B_{instalação} \times Q^2 \rightarrow \text{equação da CCI}$$

$y = 0 \rightarrow$ se for nível de reservatório

$y = 1 \rightarrow$ se for seção de tubulação

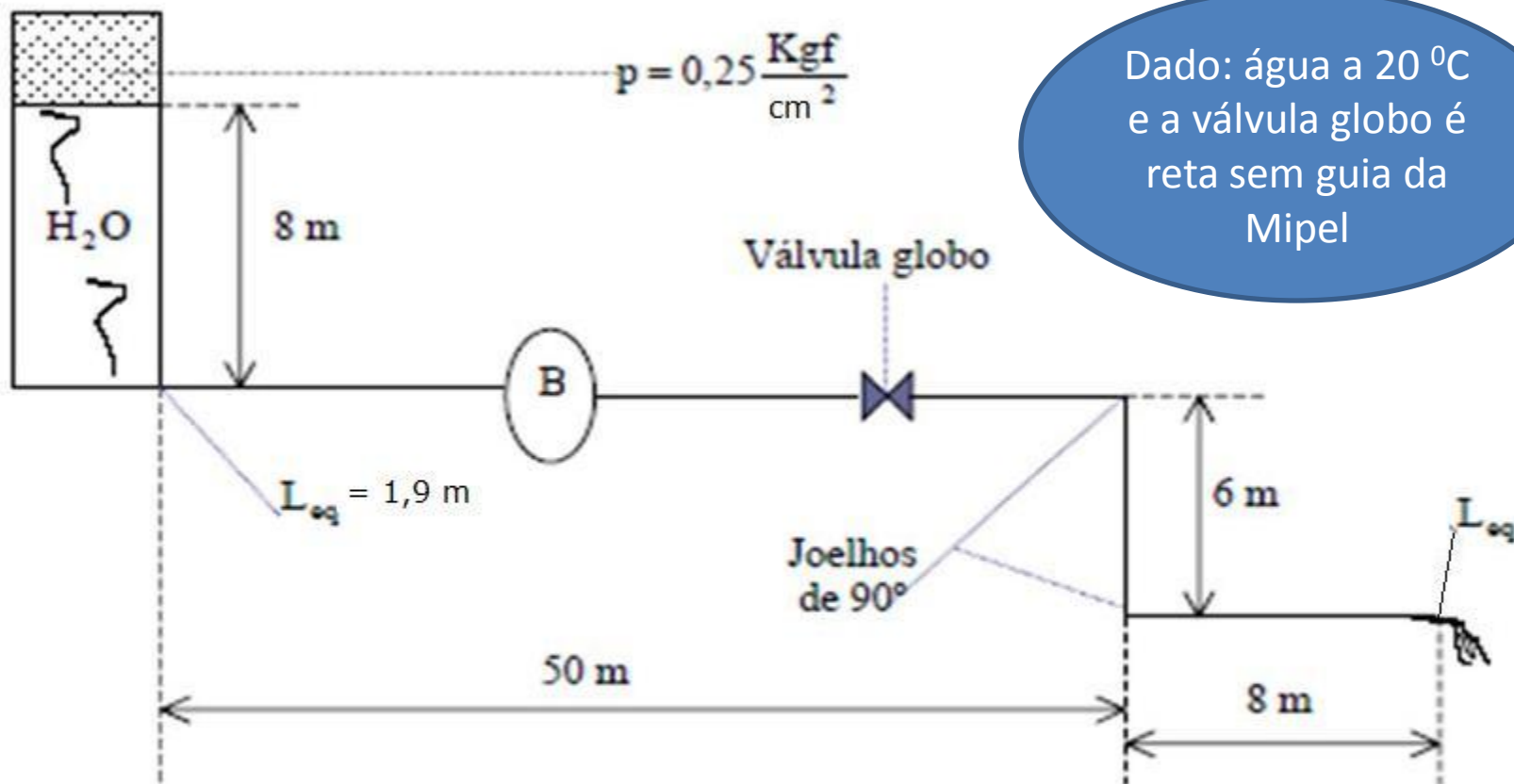
Qual a condição para existir um escoamento sem bomba, ou seja, em queda livre? Qual a expressão para o cálculo da vazão em queda livre?

Como o $B_{\text{instalação}}$ é sempre positivo a condição para existir o escoamento em que da livre é a carga estática ser negativa, já que:

$$Q_{\text{queda livre}} = \sqrt{\frac{-H_{\text{estática}}}{B_{\text{instalação}}}}$$

7.12.17 Dada a instalação abaixo (SCH 40 - 2" (D_{nom}) - aço), determine:

- A vazão sem bomba (graficamente);
- O ponto de funcionamento, caso seja colocada à mesma bomba do exercício anterior.



$Q \left(\frac{m^3}{h} \right)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
$H_B (m)$	38	38	38	38	37,5	36	35	34	32,5	30

Solução

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{p_{\text{totais}}}$$

Adotandoo PHR na seçaõoinicial :

$$0 + \frac{0,25 \times 10^4}{998,2} + H_s = -14 + \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + H_{p_{\text{totais}}}$$

$$H_{p_{\text{totais}}} = f \times \frac{(64 + 24,84)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_s = -16,51 + 10834,89 \times Q^2 + 18334695,74 \times f \times Q^2$$

Dados

Singularidades	Leq (m)	propriedades da água a 20°C		
saída do res	1,9	ρ (kg/m ³)	ν (m ² /s)	μ (Pa*s)
globo reta sem guia	17,68	998,2	1,00E-06	1,00E-03
joelho 90°	1,88	tubulação de aço 40 de 2"		
joelho 90°	1,88	Dint (mm)	A (cm ²)	L (m)
saída de tub	1,5	52,5	21,7	64
Σ Leq	24,84	g (m/s ²)		
		9,8		

Primeiros cálculos

Adota-se PHR na seção inicial

$$z_{\text{inicial}} \text{ (m)} = 0$$

$$z_{\text{final}} \text{ (m)} = -14$$

$$p_{\text{inicial}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 0,25$$

$$p_{\text{final}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 0$$

$$p_{\text{inicial}}/\gamma \text{ (m)} = 2,50$$

$$p_{\text{final}}/\gamma \text{ (m)} = 0,00$$

$$Q^2/(2g \cdot A^2) \text{ (m)} = 0 \cdot Q^2$$

$$Q^2/(2g \cdot A^2) \text{ (m)} = 10834,89 \cdot Q^2$$

$$H_{\text{inicial}} = 2,50 + 0 \cdot Q^2$$

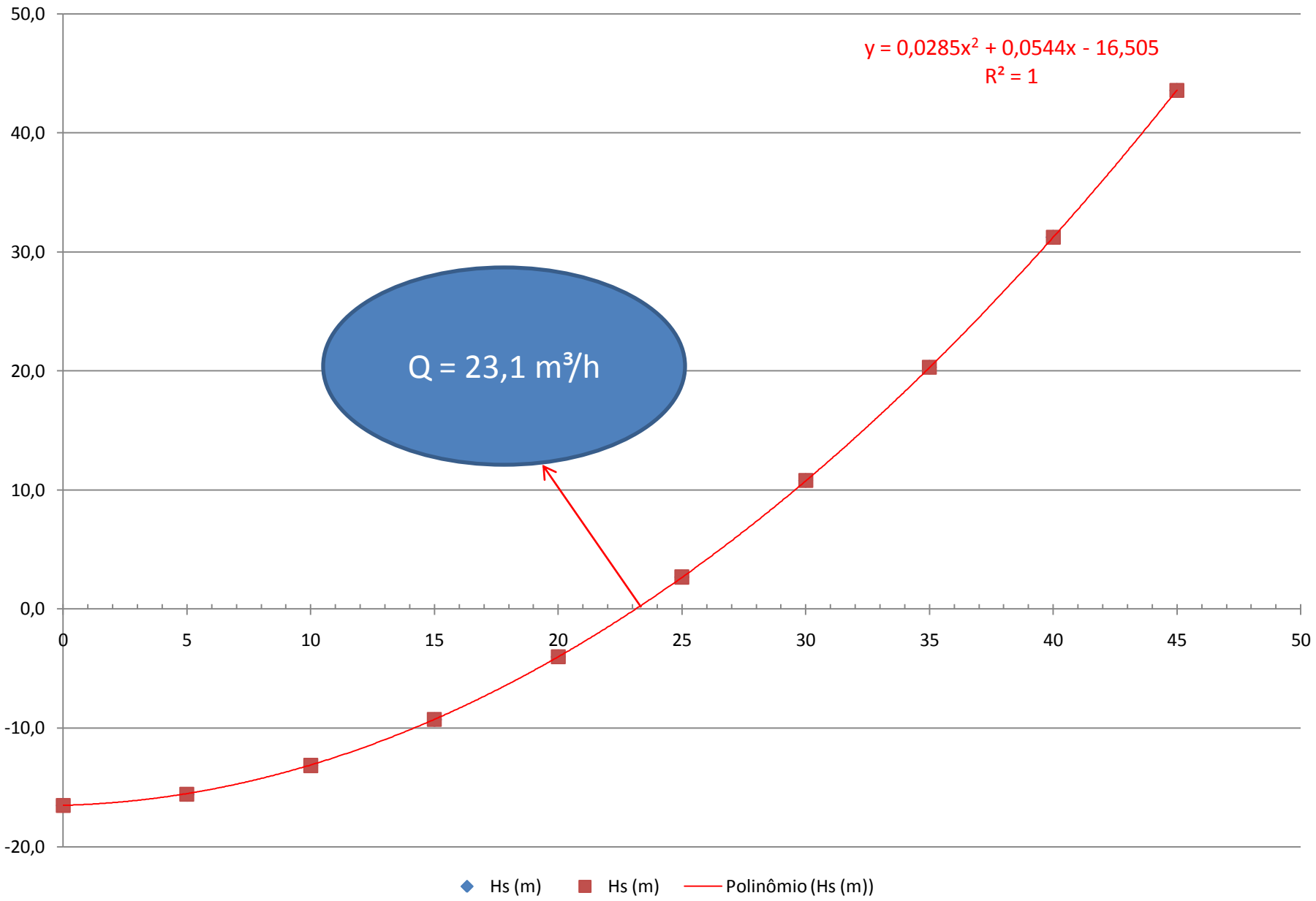
$$H_{\text{inicial}} = -14,00 + 10834,89 \cdot Q^2$$

$$H_{p \text{ totais}} = f \cdot 18334695,74 \cdot Q^2$$

Obtendo a equação da CCI e a sua representação gráfica

$$H_s = -16,50 + 10834,89 * Q^2 + f^* + 18334695,74 * Q^2$$

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	Hs (m)	HB (m)
0	0	0	-16,5	38,0
5	0,0014	0,02545	-15,6	38,0
10	0,0028	0,02304	-13,2	38,0
15	0,0042	0,02203	-9,3	38,0
20	0,0056	0,02147	-4,0	37,5
25	0,0069	0,02110	2,7	36,0
30	0,0083	0,02084	10,8	35,0
35	0,0097	0,02065	20,3	34,0
40	0,0111	0,02050	31,2	32,5
45	0,0125	0,02037	43,6	30,0



Obtendo a vazão de queda livre sem ser graficamente

Q(m ³ /h)	Q(m ³ /s)	f	Hs (m)
0	0	0	-16,5
5	0,0014	0,02545	-15,6
10	0,0028	0,02304	-13,2
15	0,0042	0,02203	-9,3
20	0,0056	0,02147	-4,0
25	0,0069	0,02110	2,7
30	0,0083	0,02084	10,8
35	0,0097	0,02065	20,3
40	0,0111	0,02050	31,2
45	0,0125	0,02037	43,6
23,1	0,0064	0,021222	-0,04
23,13	0,0064	0,02122	0,00

Ponto de trabalho

