Centro Universitário da FEI

Nº ☐☐☐☐☐☐☐☐-☐

FOLHA DE PROVA 1

Aluno:			
Ciclo:	Turma:	Período:	Data:
Curso:	Código da Disciplina:	Nome da Disciplina:	
Assinatura do Professor:		Nota: ( ) ( )	
Obs: GABARITO DA P2 → 2º SEMESTRE DE 2014.			

1ª Questão

a) $H_B = a \times Q^2 + b \times Q + c$.

p/ $Q = 0 \Rightarrow H_B = 26\,m \Rightarrow 26 = a \times 0 + b \times 0 + c$

$\therefore \boxed{c = 26\,m}$.

p/ $Q = 5{,}8\,\frac{m^3}{h} \Rightarrow H_B = 25\,m \Rightarrow 25 = a \times 5{,}8^2 + b \times 5{,}8 + 26$

$\therefore \boxed{b = -\frac{1}{5{,}8} - 5{,}8 \times a}$ (I)

p/ $Q = 9{,}5\,\frac{m^3}{h} \Rightarrow H_B = 18{,}7\,m \Rightarrow$

$18{,}7 = a \times 9{,}5^2 + b \times 9{,}5 + 26$

$-7{,}3 = 90{,}25 \times a + 9{,}5 \times \left(-\frac{1}{5{,}8} - 5{,}8 \times a\right)$

$-7{,}3 = 90{,}25 \times a - 1{,}637931034 - 55{,}1a$.

$-5{,}662068966 = 35{,}15a$

$\therefore \boxed{a \simeq -0{,}1611\,\frac{h^2}{m^5}} \Rightarrow \boxed{b \simeq 0{,}7619\,\frac{h}{m^2}}$

FEI 047

$H_B = -0{,}1611 \times Q^2 + 0{,}7619 \cdot Q + 26$

c/ $[H_B] = m$ e $[Q] = \frac{m^3}{h}$ $\Rightarrow$ (0,5)

ou $H_B = -0{,}161 Q^2 + 0{,}762 Q + 26$

b) $H_S = a \times Q^2 + b \times Q + c$

p/ $Q = 0 \Rightarrow H_S = 1{,}26\,m \Rightarrow 1{,}26 = a \times 0 + b \times 0 + c$

$\therefore$ $c = 1{,}26\,m$

p/ $Q = 7{,}82 \frac{m^3}{h} \Rightarrow H_S = 7{,}67\,m$

$\therefore a \times 7{,}82^2 + b \times 7{,}82 + 1{,}26 = 7{,}67$

$a \times 7{,}82^2 + b \times 7{,}82 = 6{,}41$

$$b = \frac{6{,}41}{7{,}82} - 7{,}82 \times a \quad \rightarrow (I)$$

p/ $Q = 10{,}52 \frac{m^3}{h} \Rightarrow H_S = 11{,}77\,m$

$11{,}77 = a \times 10{,}52^2 + b \times 10{,}52 + 1{,}26$

$10{,}51 = 110{,}6704 \cdot a + 10{,}52 \times \left(\frac{6{,}41}{7{,}82} - 7{,}82 \times a \right)$

$10{,}51 = 110{,}6704 \times a + 8{,}623171356 - 82{,}2664a$

$28,404 \cdot a = 1,8868828644$

$\therefore \boxed{a \cong 0,06643 \frac{h^2}{m^5}}$

$\hookrightarrow \boxed{b \cong 0,3002 \frac{h}{m^2}}$

$H_S = 0,06643 \times Q^2 + 0,3002 \cdot Q + 1,26$

c/ $[H_S] = m$ e $[Q] = \frac{m^3}{h}$ $\Rightarrow$ (0,5)

ou

$H_S = 0,0664 Q^2 + 0,300 Q + 1,26$

c) Ponto de trabalho $\Rightarrow H_S = H_B$

$-0,161 \times Q^2 + 0,762 \cdot Q + 26 = 0,0664 Q^2 + 0,3 \cdot Q + 1,26$

$0,2274 Q^2 - 9462 \cdot Q - 24,74 = 0$

$$Q_B = \frac{0,462 + \sqrt{9462^2 + 4 \times 0,2274 \times 24,74}}{2 \times 0,2274}$$

$Q_G = 11,5 \frac{m^3}{h}$ → (0,2)

$H_{BG} = 0,0664 \times 11,5^2 + 0,3 \times 11,5 + 1,26$

$H_{BG} \cong 13,5\,m$ ou

$H_{BG} = -0,161 \times 11,5^2 + 0,762 \times 11,5 + 26$

$H_{BG} \cong 13,5\,m$ → (0,2)

$$n_q = \frac{3500 \times \sqrt{11,5/3600}}{\sqrt[4]{(13,5)^3}} \cong 28,09\ rpm.$$

trata-se de uma BOMBA CENTRÍFUGA RADIAL

portanto $\varphi = 0,0011$.

$\sigma = 0,0011 \times (28,09)^{4/3} \Rightarrow \sigma = 0,093927984$

$NPSH_{req} = \sigma \times H_B = 0,093927984 \times 13,5$

$NPSH_{req_G} = 1,27\,m$ → (0,2) .

cont. →

Centro Universitário da FEI

Nº ☐☐☐☐☐☐☐☐-☐

FOLHA DE PROVA 5

Aluno:			
Ciclo:	Turma:	Período:	Data:
Curso:	Código da Disciplina:	Nome da Disciplina:	
Assinatura do Professor:		Nota: ( ) ( )	
Obs:			

$nq_{USA} = 51{,}6475 \times nq_{SI} \simeq 1451\ rpm.$

$Q_{GPM} = 11{,}5 \times 4{,}402868 \simeq 50{,}6\ GPM$
$\simeq 51 GPM$

pelo gráfico (ANEXO 1), temos:

$\eta_{BG} \simeq 0{,}662 \simeq 66{,}2\% \Rightarrow (0{,}2)$

$$N_{BG} = \frac{997 \times 9{,}8 \times (11{,}5/3600) \times 13{,}5}{0{,}662}$$

H_2O a 25°C

$\rho_{H_2O} = 997\ \frac{kg}{m^3}$.

$\gamma_{H_2O} = 0{,}892 \times 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$.

Obtido na tabela publicada na página www.escoladavida.eng.br.

FEI 047

$N_{BG} = 636,5\ W$ (0,2) $\Rightarrow$ ou $N_{BG} = 0,866\ CV$

d) consumo de operação para o processo I.

(0,25)

$$N_{m\,real} = \frac{636,5}{0,9} \cong 707,2\ W \simeq 0,962\ C.V$$

Supondo a rede de 220 V optamos pelo motor de 1 CV c/ $\eta_{m\,real} \simeq 86,6\%$ (0,25)

$$\text{Consumo de operação} = 12 \times 30 \times \frac{735}{1000} \simeq 264,6\ \frac{Kwh}{mês}$$

$$\frac{h}{dia} \times \frac{dia}{mes} \times Kw$$

(0,5)

e) $L + \Sigma Leq = ?$

$$H_5' = H_{est} + \frac{Q^2}{2g A_{2''}^2} + f_{2''} \times \frac{(L + \Sigma Leq)}{D_{H_{2''}}} \times \frac{Q^2}{2g A_{2''}^2}$$

$$H_5 = 1,26 + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + f_{2''} \times \frac{(L + \Sigma Leq)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

(7)

$$H_S = 1{,}26 + 10834{,}9 \times Q^2 + f_{2''} \times (L + \Sigma L_{eq}) \times 206378{,}8355 \times Q^2$$

$f_{2''} = ?$ p/ $Q_6 = 11{,}5 \frac{m^3}{h}$.

$$Re_{2''} = \frac{(11{,}5/3600) \times 52{,}5 \times 10^{-3}}{21{,}7 \times 10^{-4} \times 0{,}892 \times 10^{-6}} \simeq 86642{,}31641.$$

$$B = \left(\frac{37530}{Re}\right)^{16} = \left(\frac{37530}{86642{,}31641}\right)^{16} \simeq 1{,}535946732 \times 10^{-6}$$

$$A = \left\{ -2{,}457 \times \ln\left[\left(\frac{7}{Re}\right)^{0{,}9} + \frac{0{,}27 \times k}{D}\right]\right\}^{16}$$

$$A = \left\{ -2{,}457 \times \ln\left[\left(\frac{7}{86642{,}31641}\right)^{0{,}9} + \frac{0{,}27 \times 4{,}6 \times 10^{-5}}{0{,}0525}\right]\right\}^{16}$$

$$A \simeq 2{,}807741422 \times 10^{20}$$

$$f_{2''} = 8 \times \left[\left(\frac{8}{86642{,}31641}\right)^{12} + \frac{1}{(2{,}807741422 \times 10^{20} + 1{,}535946732 \times 10^{-6})^{3/2}}\right]^{1/12}$$

$$f_{2''} \simeq 0{,}02223574 4 \Rightarrow (0{,}25)$$

$$H_S = 1{,}26 + 10834{,}9 \times \left(\frac{11{,}5}{3600}\right)^2 + 0{,}02223574 4 \times (L + \Sigma L_{eq}) \times 206378{,}8355 \times \left(\frac{11{,}5}{3600}\right)^2$$

$\downarrow$ 13,5

$13,5 = 1,26 + 0,110564469 + 0,046828205 \times (L + \Sigma Leq)$

$L + \Sigma Leq \simeq 259,02\ m \Rightarrow (0,75)$

(f) processo II $\Rightarrow$ $Q_{desejada} = 15,2\ \frac{m^3}{h}$

fator de segurança mínimo $= 1,1$

$Q_{projeto} = 1,1 \times 15,2 \simeq 16,72\ \frac{m^3}{h}$, portanto neste caso somente a associação em paralelo tem a possibilidade de atender esta vazão, portanto:

$$(L + \Sigma Leq)_{Qap} = 259,02 - (7 + 2 \times 0,33 + 2,74 + 1,04 + 3 \times 0,70 + 19,81) + 2 \times 3,33$$

$(L + \Sigma Leq)_{Qap} = 225,67\ m + 6,66$

$\therefore (L + \Sigma Leq)_{Qap} = 232,33\ m$

$(L + \Sigma Leq)_{\frac{Qap}{2}} = 7 + 3 \times 0,70 + 19,81 + 0,33 + 1,04$

$(L + \Sigma Leq)_{\frac{Qap}{2}} = 30,28\ m.$

Centro Universitário da FEI

Nº ☐☐☐☐☐☐☐☐-☐

FOLHA DE PROVA 9

Aluno:			
Ciclo:	Turma:	Período:	Data:
Curso:	Código da Disciplina:	Nome da Disciplina:	
Assinatura do Professor:		Nota: ( ) ( )	
Obs:			

GCI -> para associação paralelo das bombas.

$$\gamma \times Qap \times Hin + \gamma \times Qap \times Hsap = \gamma \times Qap \times Hjcn + \gamma \times Qap \times Hp_{Qap} + \gamma \times 2 \times \frac{Qap}{2} \times Hp_{\frac{Qap}{2}} \quad (\div \gamma \times Qap)$$

$$Hin + Hsap = Hjcn + Hp_{Qap} + Hp_{\frac{Qap}{2}}$$

$$Hsap = (Hjcn - Hin) + Hp_{Qap} + Hp_{\frac{Qap}{2}}$$

$$Hsap = Hest + \frac{Qap^2}{2g A_2^2} + Hp_{Qap} + Hp_{\frac{Qap}{2}}$$

$$Hsap = 1{,}26 + 10834{,}9 \times Qap^2 + \int Qap \times \frac{232{,}33}{0{,}0525} \times \frac{Qap^2}{19{,}6 \times (21{,}7 \times 10^{-4})^2}$$

$$+ \int \frac{Qap}{2} \times \frac{30{,}28}{0{,}0525} \times \frac{Qap^2}{19{,}6 \times (21{,}7 \times 10^{-4})^2 \times 4}$$

FEI 047

(10)

$$H_{sap} = 1{,}26 + 10834{,}9 \times Q_{ap}^2 + f_{Q_{ap}} \times 47947994{,}85 \times Q_{ap}^2 + f_{\frac{Q_{ap}}{2}} \times 1562287{,}785 \times Q_{ap}^2$$

$Q_{ap} = 16{,}72 \frac{m^3}{h} \Rightarrow f_{Q_{ap}} = 0{,}02143233$ (2ª)

$\frac{Q_{ap}}{2} = \frac{16{,}72}{2} \frac{m^3}{h} \Rightarrow f_{\frac{Q_{ap}}{2}} = 0{,}02309104$ (2ª)

$H_{sap} = 1{,}26 + 1074546{,}998\, Q_{ap}^2$ (Q_{ap} em m^3/s; H_{sap} em m)

ou

$H_{sap} = 1{,}26 + 0{,}082912577\, Q_{ap}^2$ (Q_{ap} em m^3/h; H_{sap} em m) (1,0)

g) $Q_{ap_G} = ?$

Uma só bomba $\Rightarrow H_B = -0{,}161 \times Q^2 + 0{,}762 \times Q + 26$

duas bombas em paralelo $\Rightarrow H_{B_{ap}} = -0{,}04025\, Q_{ap}^2 + 0{,}381\, Q_{ap} + 26$

Ponto de trabalho -> $H_{s_{ap}} = H_{B_{ap}}$

$$1{,}26 + 0{,}08291257 Q_{ap}^2 = -0{,}04025 Q_{ap}^2 + 0{,}381 Q_{ap} + 26$$

$$0{,}1232 Q_{ap}^2 - 0{,}381 Q_{ap} - 24{,}74 = 0$$

$$Q_{ap_6} = \frac{+0{,}381 + \sqrt{0{,}381^2 + 4 \times 0{,}1232 \times 24{,}74}}{2 \times 0{,}1232}$$

$Q_{ap_6} \cong 15{,}8 \frac{m^3}{h}$ => (0,75)

A vazão do ponto de trabalho é maior que a vazão desejada, porém é menor que a vazão de projeto calculada com o fator de segurança mínimo, portanto deveríamos pensar em diminuir as perdas ou pensar em outra bomba.

-> (0,25)

2ª Questão →

	0,6×Q	0,8×Q	1×Q	1,2×Q
Q (m³/s)	3	4	5	6
H_B (m)	27,9	26,3	24,2	21,8
η_B (%)	63,2	72,3	75	70
C_η	0,76	0,76	0,76	0,76
C_Q	0,85	0,85	0,85	0,85
C_H	0,87	0,91	0,93	0,945
$Q^* C_Q$	2,55	3,4	4,25	5,1
$H_B^* C_H$	24,3	23,9	22,5	20,6
$\eta_B \times C_\eta$	48,0	55,0	57,0	53,2

(0,6 = 0,025×24)

O gráfico (anexo 2) vale (0,4)

CCI

$H_{in} + H_S = H_{final} + H_{p_{TOTAIS}}$

Centro Universitário da FEI

Nº

FOLHA DE PROVA 13

Aluno:			
Ciclo:	Turma:	Período:	Data:
Curso:	Código da Disciplina:	Nome da Disciplina:	
Assinatura do Professor:		Nota: ( ) ( )	
Obs:			

Adotando o PHR no eixo da bomba:

$$3 + \frac{11,8 \times 10^4}{820 \times 9,8} + H_S = 8 + 0,04 \times \frac{(250+222)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{196 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_S = -9,7 + 2.247052,8 \times Q^2 \quad (Q \text{ em } m^3/s)$$

$$\downarrow m$$

ou

$$H_S = -9,7 + 2,25 \times Q^2 \quad (Q \text{ em } l/s)$$

$\Rightarrow (1,0)$

Q(l/s)	0	2,55	3,4	4,25	5,1
Hs(m)	-9,7	4,9	16,3	30,9	48,8

$\rightarrow Q_{VG} = 3,8\ l/s$

$\downarrow$

$H_{BVG} = 24\ m$ e $N_{BVG} = 1309\ W \Rightarrow \left(\frac{0,25}{cada}\right)$

$\eta_{BVG} = 56\%$

total (1,0)

FEI 047

3ª Questão:

Como a $H_{est} = -9{,}7\ m$ podemos afirmar que existe vazão em queda livre.

$H_S = 0 \Rightarrow Q_{qL}$

$0 = -9{,}7 + 2{,}25 \cdot Q_{qL}^2$

$Q_{qL} = \sqrt{\frac{9{,}7}{2{,}25}}$

$Q_{qL} = 2{,}08\ l/s$

ou

$Q_{qL} \simeq 2{,}1\ l/s$

2ª Questão

outra maneira ⇒ EXCEL

$2{,}25 \cdot Q^2 - 9{,}7 = -0{,}519 \cdot Q^2 + 2{,}5 \cdot Q + 21{,}325$

$2{,}769 \cdot Q^2 - 2{,}5Q - 31{,}025 = 0$

$Q_G = \frac{2{,}5 + \sqrt{2{,}5^2 + 4 \times 2{,}769 \times 31{,}025}}{2 \times 2{,}769} \simeq 3{,}83\ l/s$

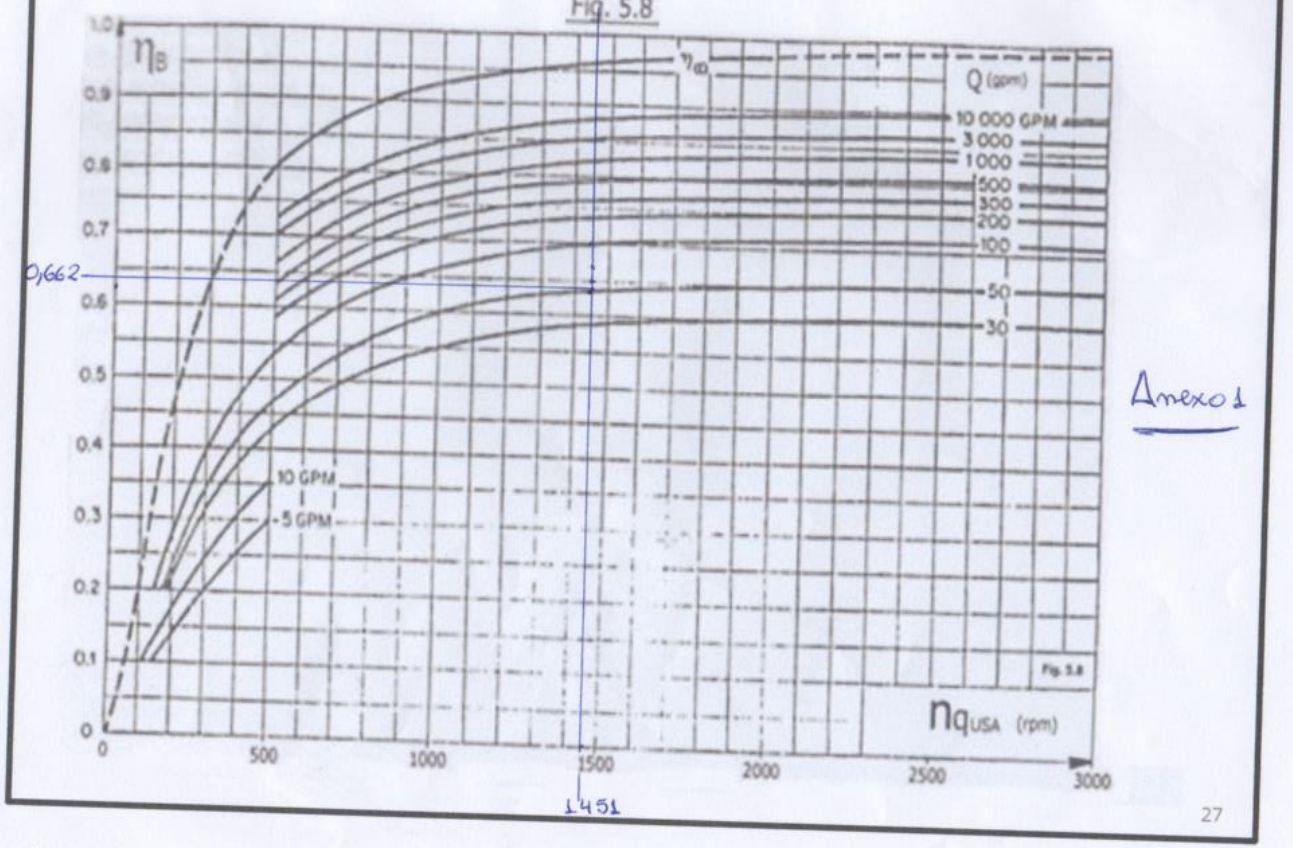
$H_{BG} = 23{,}3\ m \Rightarrow \eta_{BG} = 56{,}7\%$

$N_{BG} = \frac{820 \times 9{,}8 \times 3{,}83 \times 10^{-3} \times 233}{0{,}567} \simeq 1265\ W$

GABARITO

Bombas & Instalações de Bombeamento – 3ª ed.- Sérgio Lopes dos Santos

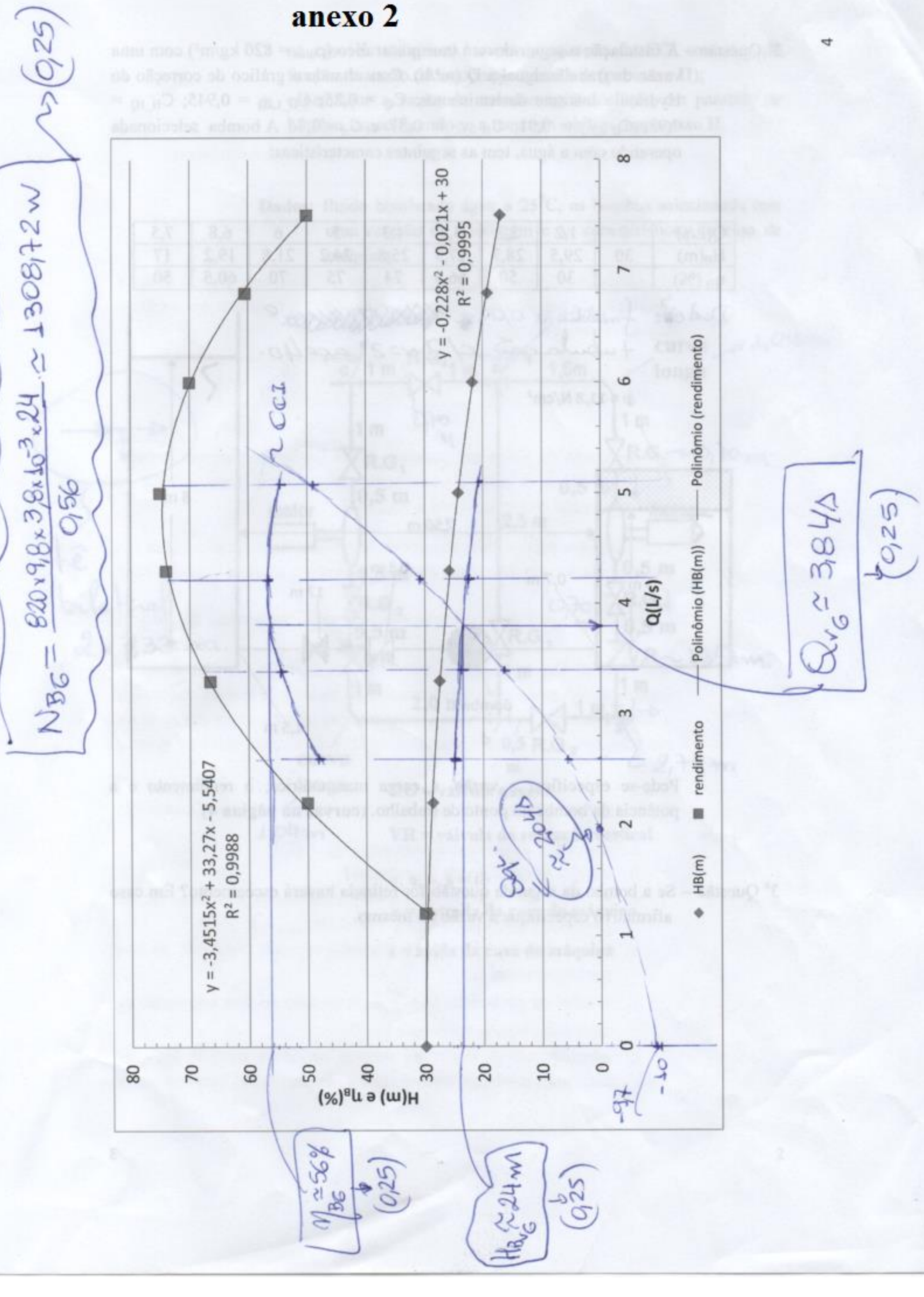
Fig. 5.8



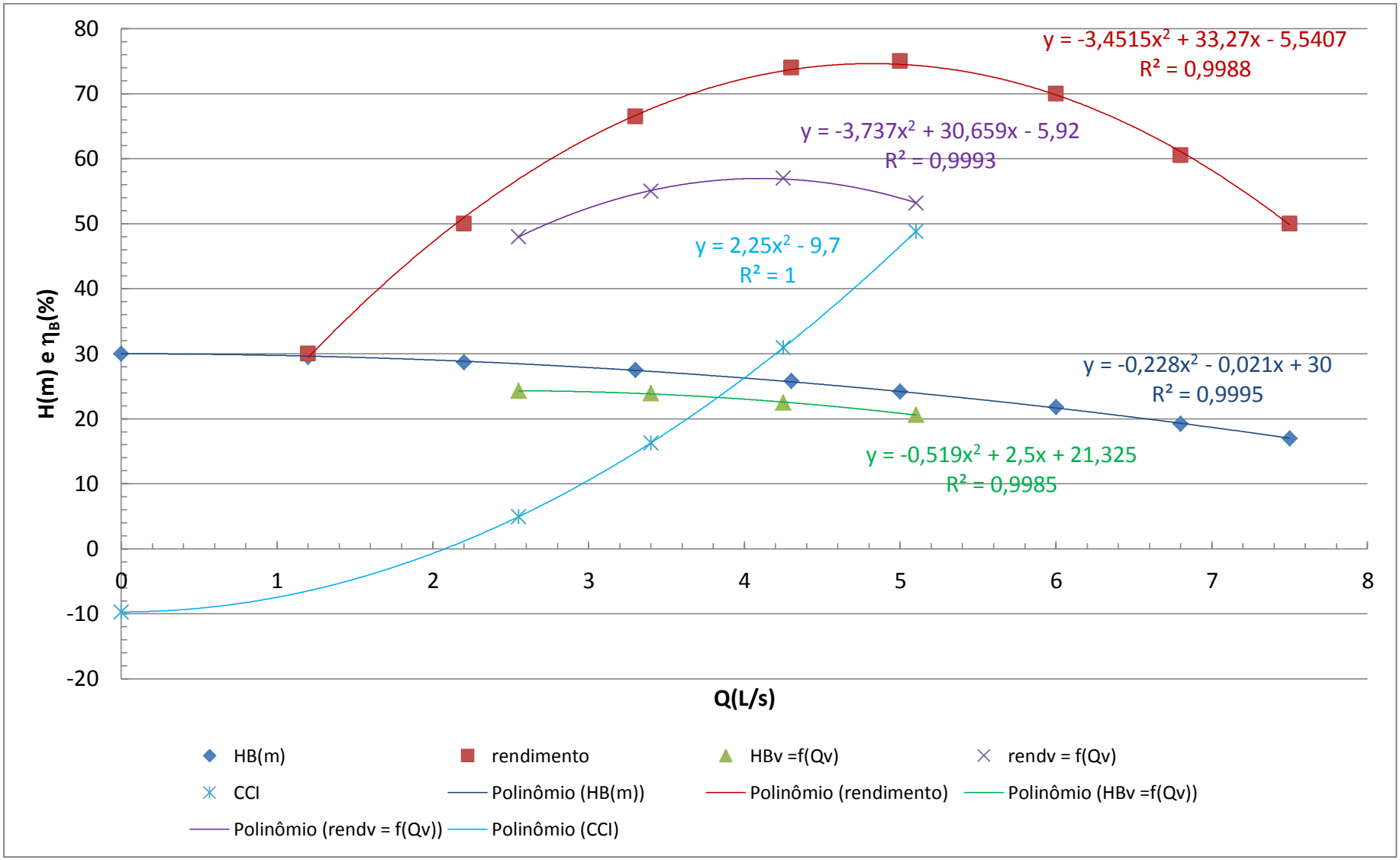
Anexo 1

27

anexo 2



H(m) e ηB(%)
Q(L/s)
y = -3,4515x² + 33,27x - 5,5407
R² = 0,9988
y = -0,228x² - 0,021x + 30
R² = 0,9995
HB(m)
rendimento
Polinômio (HB(m))
Polinômio (rendimento)
N_BG = 820x9,8x3,8x10^-3x24 / 0,56 ≃ 1308,72 W
(0,25)
Q_BG ≃ 3,84 L/s
(0,25)
H_BG ≃ 24 m
(0,25)
η_BG ≃ 56%
(0,25)
CCI


y = -3,4515x² + 33,27x - 5,5407
R² = 0,9988
y = -3,737x² + 30,659x - 5,92
R² = 0,9993
y = 2,25x² - 9,7
R² = 1
y = -0,228x² - 0,021x + 30
R² = 0,9995
y = -0,519x² + 2,5x + 21,325
R² = 0,9985
H(m) e ηB(%)
Q(L/s)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
HB(m)
rendimento
HBv =f(Qv)
rendv = f(Qv)
CCI
Polinômio (HB(m))
Polinômio (rendimento)
Polinômio (HBv =f(Qv))
Polinômio (rendv = f(Qv))
Polinômio (CCI)