

Gabarito da P2 de EG 522 – Segundo semestre de 2004 – turma A

1ª Questão: O ponto de trabalho é obtido no cruzamento da CCI com a CCB, portanto:

$$0,0005Q_a^2 + 2e^{-16}Q_a + 20 = -0,0003Q_a^2 + 0,0944Q_a + 62,942$$

$$\therefore 0,008Q_a^2 - 0,0944Q_a - 42,942 = 0$$

$$Q_a = \frac{0,0944 + \sqrt{(-0,0944)^2 + 4 \times 0,0008 \times 42,942}}{2 \times 0,008}$$

$$\therefore Q_a \cong 298,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cong 8,28 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 82,8 \frac{\text{l}}{\text{s}} \Rightarrow (0,25)$$

$$H_{B_a} = 0,0005 \times 298,1^2 + 2e^{-16} \times 298,1 + 20 \cong 64,4 \text{ m} \Rightarrow (0,25)$$

Por outro lado, sabe-se que:

$$N_{B_a} = N_{B_{65-20}} + N_{B_{80-20}} = \frac{\gamma \times Q_{65-20} \times H_{B_{65-20}}}{75 \times \eta_{B_{65-20}}} + \frac{\gamma \times Q_{80-20} \times H_{B_{80-20}}}{75 \times \eta_{B_{80-20}}}$$

Como tem-se uma associação em paralelo de bombas, pode-se escrever que:

$$H_{B_a} = H_{B_{65-20}} = H_{B_{80-20}} = 64,4 \text{ m}$$

$$\therefore \text{para } 65-20 \Rightarrow 64,4 = -0,0013Q_{65-20}^2 + 0,0453Q_{65-20} + 86$$

$$Q_{65-20} = \frac{0,0453 + \sqrt{(-0,0453)^2 + 4 \times 0,0013 \times 21,6}}{2 \times 0,0013} \cong 147,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow (0,25)$$

$$Q_{80-20} = Q_a - Q_{65-20} = 298,1 - 147,5 = 150,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow (0,25)$$

$$\therefore \eta_{B_{65-20}} = -0,0049 \times 147,5^2 + 1,039 \times 147,5 + 21,158 \cong 68\% \Rightarrow (0,25)$$

$$\eta_{B_{80-20}} = -0,0026 \times 150,6^2 + 0,833 \times 150,6 + 15,558 \cong 82\% \Rightarrow (0,25)$$

$$N_{B_a} = \frac{10^3 \times \frac{147,5}{3600} \times 64,4}{0,68 \times 75} + \frac{10^3 \times \frac{150,6}{3600} \times 64,4}{0,82 \times 75} \cong 95,6 \text{ CV} \Rightarrow (0,50)$$

2ª Questão: Para obter a classificação da bomba pela rotação específica (n_q), consideramos que:

$$n_q = \frac{n \times \sqrt{Q}}{H_B^{3/4}} \Rightarrow \text{onde :}$$

$Q \Rightarrow$ vazão em $\frac{m^3}{s}$ e $H_B \Rightarrow$ em m e ambos obtidos para o ponto de projeto, ou seja, para o ponto de rendimento máximo, portanto :

$$Q = 400 \frac{m^3}{h} = \frac{400}{3600} \frac{m^3}{s} \text{ e } H_B = 103m$$

$$\therefore n_q = \frac{1750 \times \sqrt{\frac{400}{3600}}}{103^{3/4}} \cong 18,04 \text{rpm}$$

Como $10 < n_q < 40$ pode-se afirmar se tratar de uma bomba centrífuga radial ou pura $\rightarrow (0,50)$

Para continuar a solução desta questão, evoca-se as condições de semelhança, ou seja:

$$\psi_{1750} = \psi_{1350} \Rightarrow \frac{H_{B1750}}{H_{B1350}} = \left(\frac{n_{1750}}{n_{1350}} \right)^2 \times \left(\frac{D_{r1750}}{D_{r1350}} \right)^2$$

$$\phi_{1750} = \phi_{1350} \Rightarrow \frac{Q_{1750}}{Q_{1350}} = \frac{n_{1750}}{n_{1350}} \times \left(\frac{D_{r1750}}{D_{r1350}} \right)^3$$

$$\eta_{B1350} = 1 - \left(1 - \eta_{B1750} \right) \times \left(\frac{n_{1750}}{n_{1350}} \right)^{0,1}$$

Para o nosso caso, onde utilizamos um variador de frequência e onde o diâmetro do rotor é mantido constante, tem-se:

$$\Psi_{1750} = \Psi_{1350} \Rightarrow \frac{H_{B1750}}{H_{B1350}} = \left(\frac{1750}{1350}\right)^2 \therefore H_{B1350} = H_{B1750} \times \left(\frac{1350}{1750}\right)^2$$

$$\phi_{1750} = \phi_{1350} \Rightarrow \frac{Q_{1750}}{Q_{1350}} = \frac{1750}{1350} \therefore Q_{1350} = Q_{1750} \times \frac{1350}{1750}$$

$$\eta_{B1350} = 1 - \left(1 - \eta_{B1750}\right) \times \left(\frac{1750}{1350}\right)^{0,1}$$

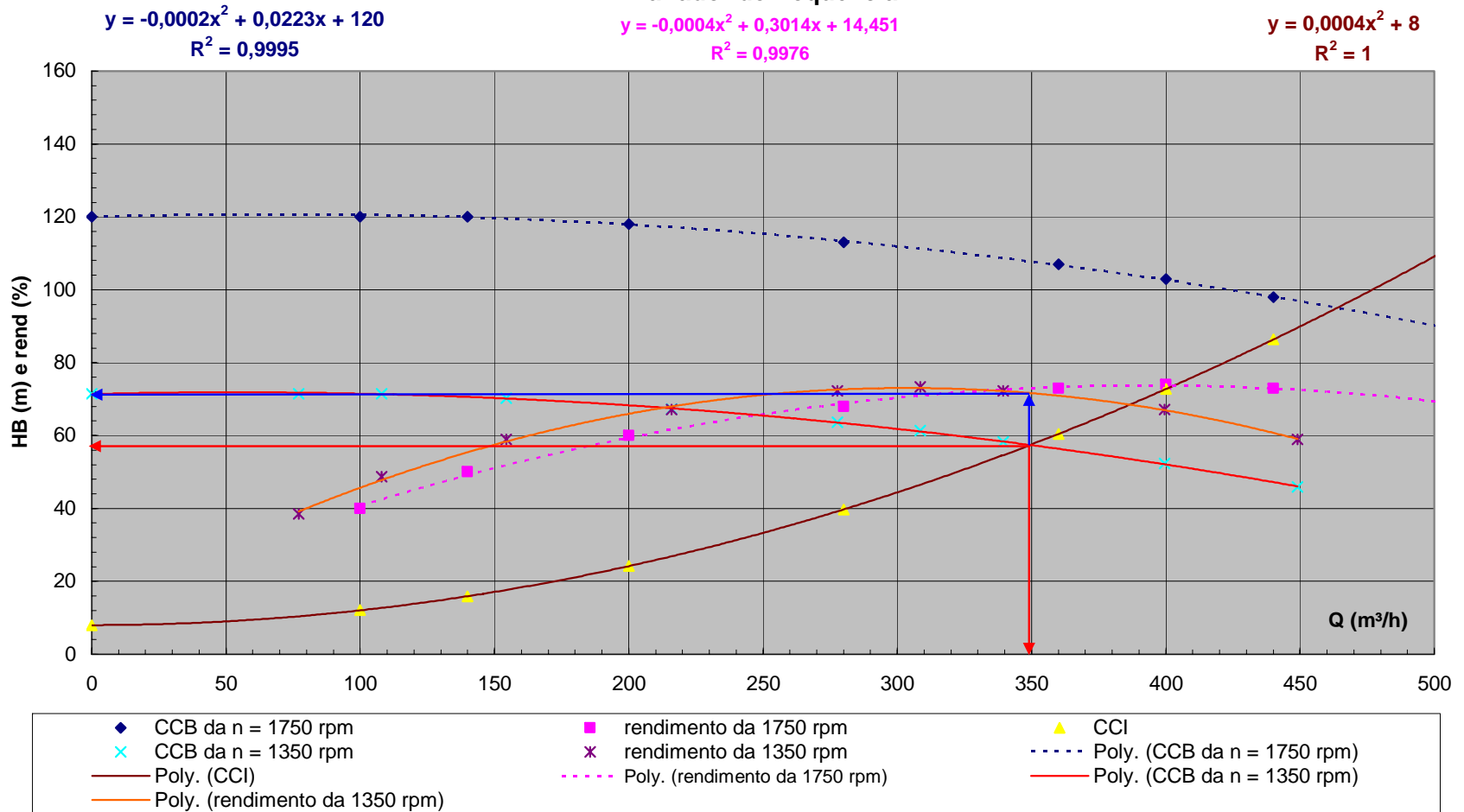
Com as condições anteriores pode-se obter a tabela que dará origem as CCBs da bomba de 1350 rpm;

Qp (m³/h)	HBp (m)	ηBp (%)
0	71,41	
77,14	71,41	38,4
108,00	71,41	48,7
154,29	70,22	58,9
216,00	67,25	67,2
277,71	63,68	72,3
308,57	61,30	73,3
339,43	58,32	72,3
399,60	52,37	67,2
448,97	45,82	58,9

A partir da representação gráfica da tabela anterior pode-se obter o novo ponto de trabalho, o qual será originado pelo cruzamento da CCI com as CCB da bomba de 1350 rpm, que lendo os gráficos origina aproximadamente:

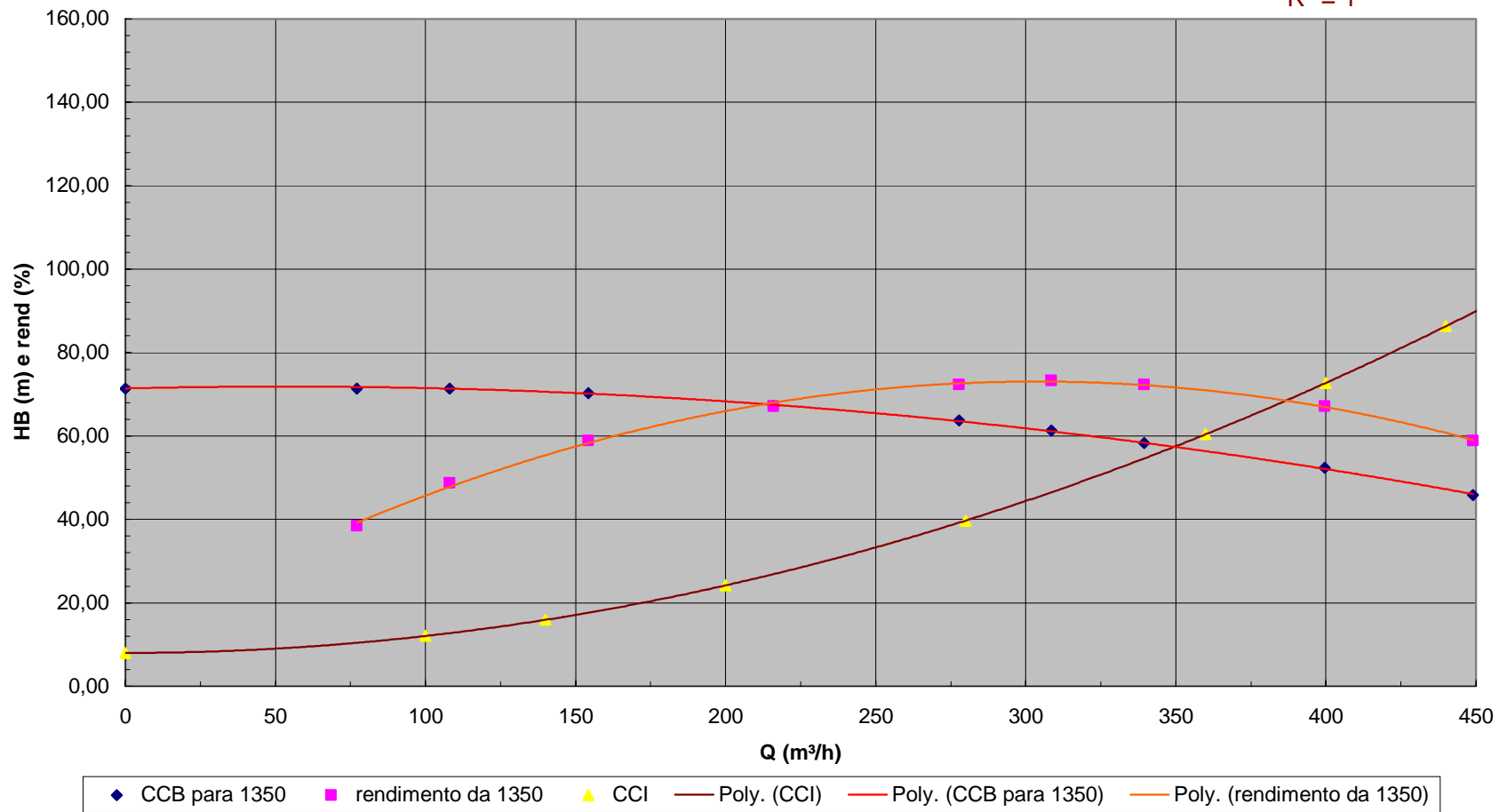
$$Q_{1350} \cong 349 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}(0,50) \Rightarrow H_{B1350} \cong 57\text{m}(0,50) \Rightarrow \eta_{B1350} \cong 71,4\%(0,50)$$

Variador de frequência



Ponto de trabalho para 1350 rpm

$$y = 0,0004x^2 + 8$$
$$R^2 = 1$$

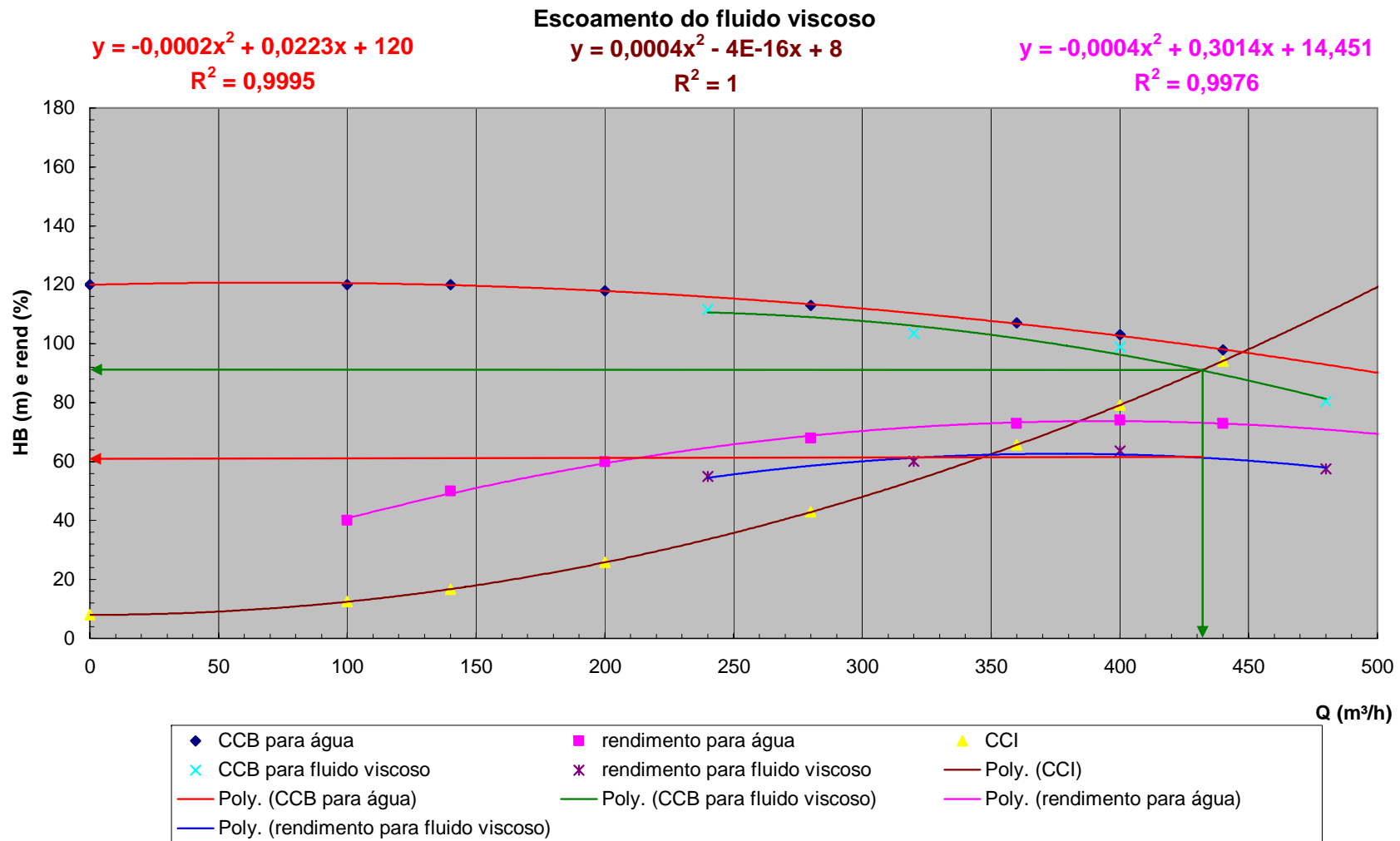


3ª Questão: A primeira decisão a ser tomada é se haverá necessidade de correção das CCBs, ou não, para tal deve-se comparar a viscosidade cinemática com $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, se a viscosidade for maior deve-se corrigir, caso seja menor, ou igual, não haverá a necessidade de corrigir as CCBs.

Para esta questão a viscosidade cinemática é igual a 10 graus Engler, que corresponde a 76 centistoke = $76 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 7,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, portanto haverá necessidade da correção e para tal deve-se ter a tabela a seguir, onde o seu preenchimento inicia-se com a leitura de $1,0 \times Q$ que corresponde ao ponto de rendimento máximo:

Q (m ³ /h)	HB (m)	η_B (%)	Para completar a tabela recorre-se as equações da linha de tendência:
0	120		
100	120	40	$H_B = -0,0002Q^2 + 0,0223Q + 120$
140	120	50	
200	118	60	$\eta_B = -0,0004Q^2 + 0,3014Q + 14,451$
280	113	68	
360	107	73	
400	103	74	
440	98	73	
518	88	68	Ou então, recorre-se a leitura das CCBs
582	77	60	

	0,6xQ (água)	0,8xQ (água)	1,0xQ (água)	1,2xQ (água)
Vazão (água)	240 m³/h	320 m³/h	400 m³/h	480 m³/h
H_B (água)	113.8 m	106.7 m	103 m	84.6 m
η_B (água)	63.8 %	69.9 %	74 %	67 %
Viscosidade	10⁰ Engler	10⁰ Engler	10⁰ Engler	10⁰ Engler
C_{η}	0.86	0.86	0.86	0.86
C_Q	1	1	1	1
C_H	0.98	0.97	0.96	0.95
Vazão (fluido)	240 m³/h	320 m³/h	400 m³/h	480 m³/h
H_B (fluido)	111.5 m	103.5 m	98.9 m	80.4 m
η_B (fluido)	54.9 %	60.1 %	63.6 %	57,6 %



No cruzamento da CCI com a nova CCB, obtém-se: $Q_{\tau} \cong 432 \frac{m^3}{h}$; $\eta_{B_{\tau}} \cong 61\%$ e $H_{B_{\tau}} \cong 91m$