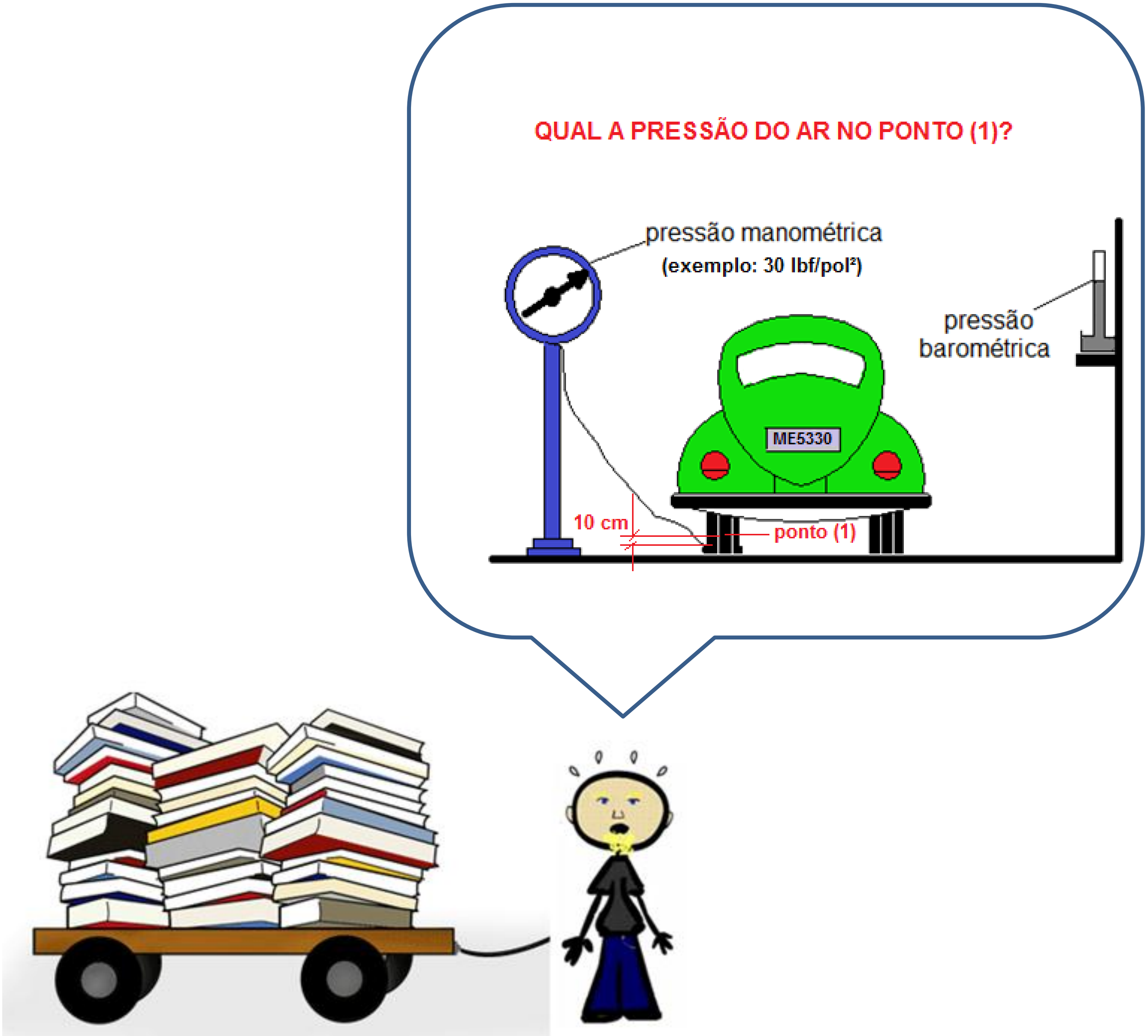
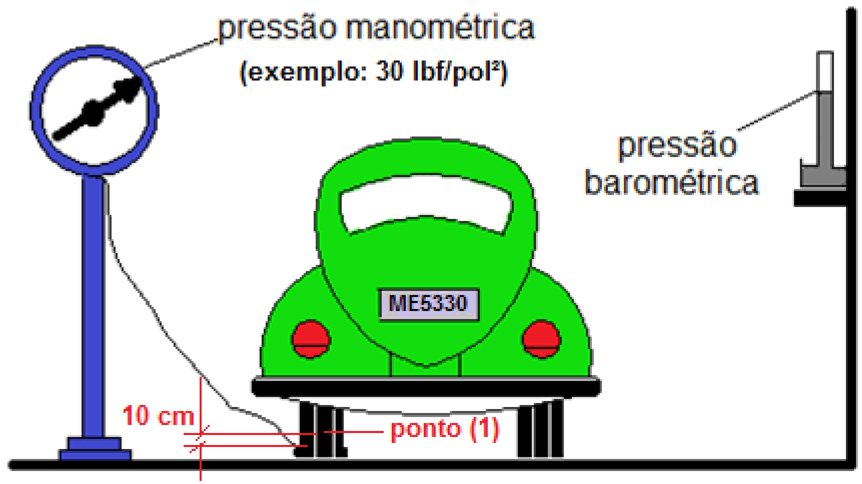
Aula 4 de teoria de ME5330

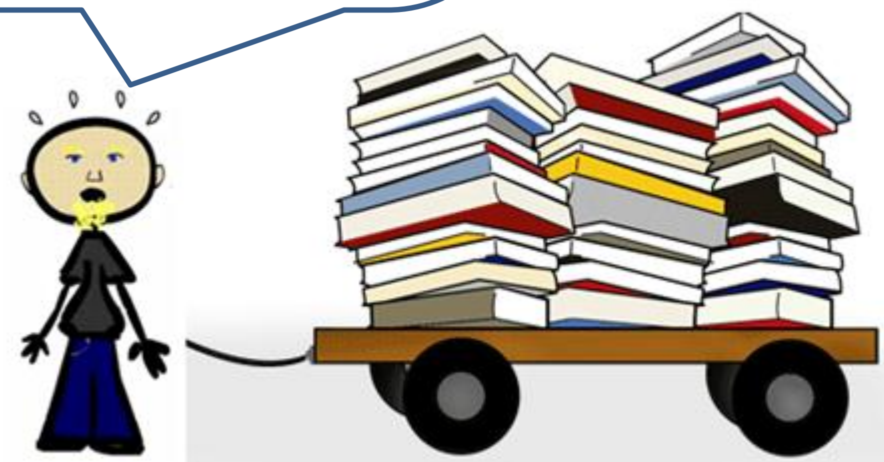
Segundo semestre de 2011

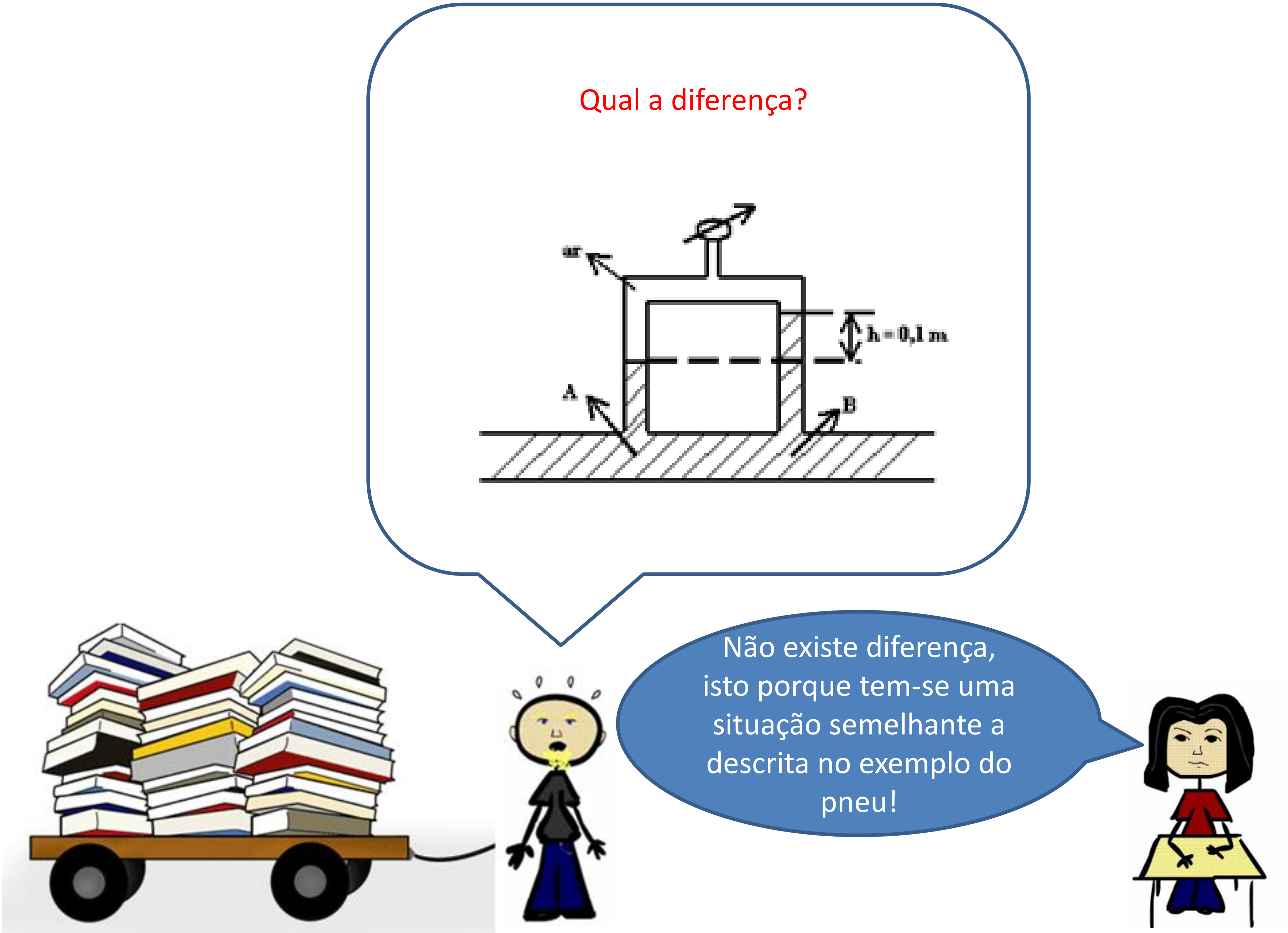

ANTES DE INICIAR ESTE ENCONTRO EU GOSTARIA DE PROPOR UM QUESTIONAMENTO.
Lá vem ….

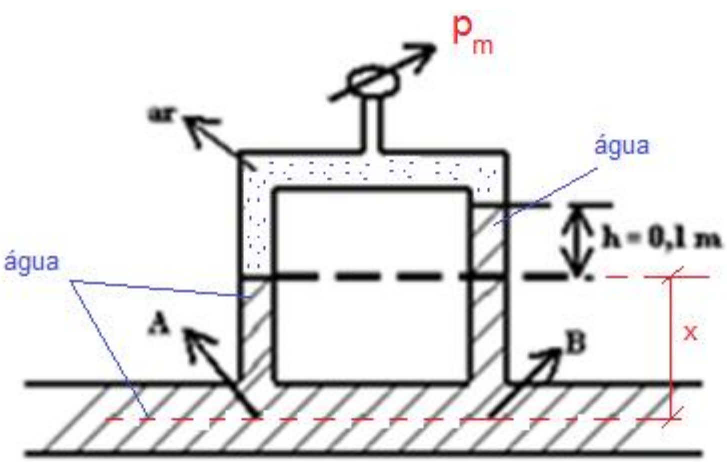

QUAL A PRESSÃO DO AR NO PONTO (1)?
pressão manométrica
(exemplo: 30 lbf/pol²)
pressão
barométrica
ME5330
10 cm
ponto (1)

Existe uma diferença de pressão desprezível entre os pontos no pneu, de tal forma que considera-se em seu interior a pressão constante e no caso igual a 30 lbf/pol².





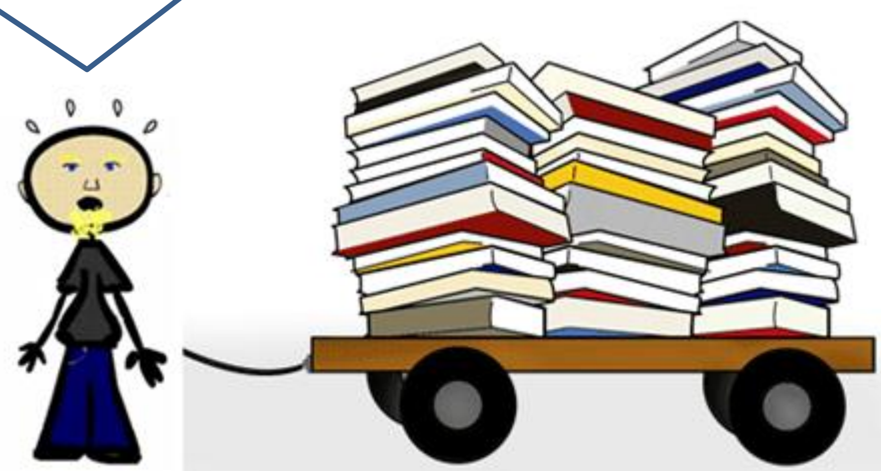

Qual a diferença?
ar
h = 0,1 m
A
B
Não existe diferença, isto porque tem-se uma situação semelhante a descrita no exemplo do pneu!



$$p_m = p_{ar}$$

$$p_A = p_m + \gamma_{água} \times x$$

$$p_B = p_m + \gamma_{água} \times x + \gamma_{água} \times 0{,}1$$



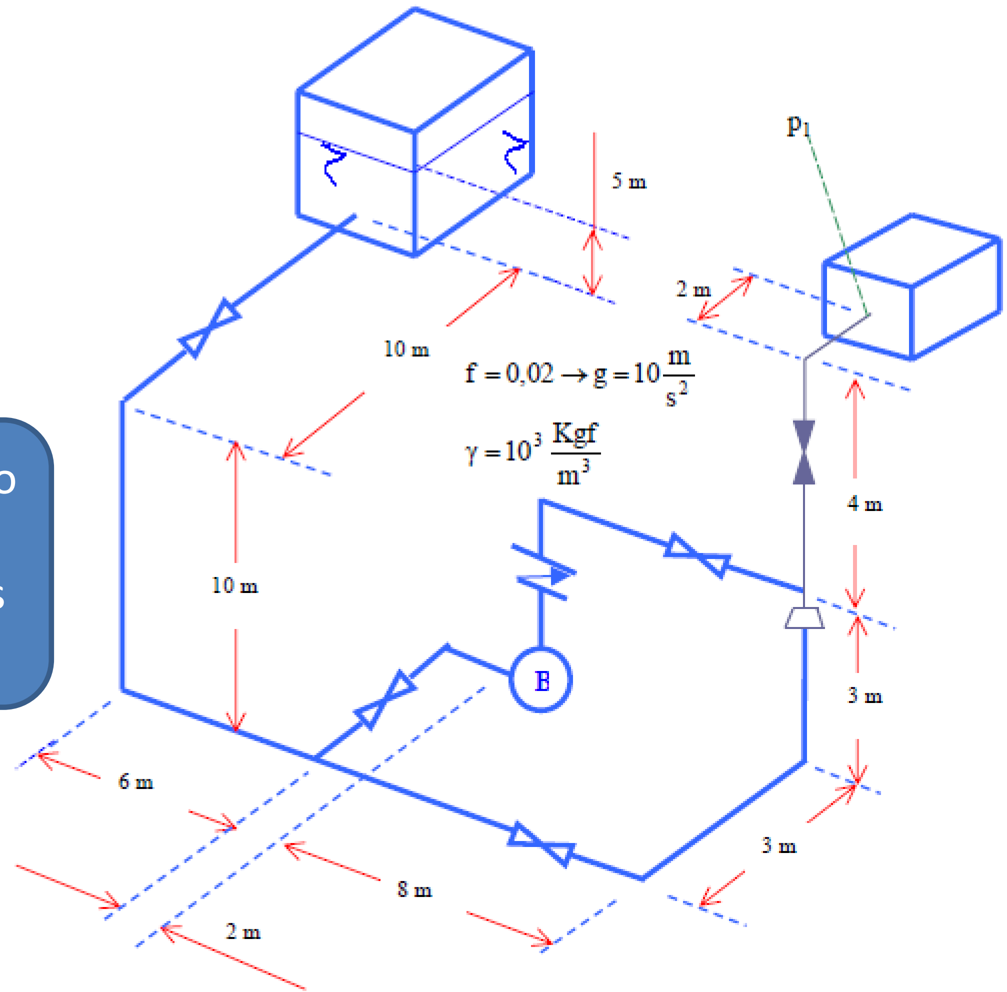
Outra coisa importante:

a(o) engenheira(o) precisa desenvolver o senso crítico e saber corrigir aquilo que recebe, em outras palavras, deve saber distinguir entre o certo e errado.

Vamos praticar isto através dos exercícios propostos!

Vamos agora aos exercícios…

7.12.15



Verifique a solução apresentada e se necessária faça as correções

Dados:

Nota: **▬ = 3" Sch 40 → ―― = 2" Sch 40**

d) Na sua opinião, qual a bomba mais cara a H 50 - C ∅ 214 mm, ou H 50 - C ∅ 185mm ? Justifique.

L_{eq} (m)		v. gaveta	v. globo	Joelho 90º	Tê – para ramal	Tê – passagem direta	redução	retenção	Saída do reserv.
2"	$D_i = 52{,}5mm$	0,3	16,0	1,7	3,6	1,0	0,2	3,4	-
3"	$D_i = 77{,}9mm$	0,5	26,0	2,8	5,8	1,5	1,5	5,5	2,8

Notas:

1ª - A tabela I fornece os valores para a construção das seguintes curvas características para o diâmetro do rotor igual a 185 mm.

$Q\left(\frac{m^3}{h}\right)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$H_B(m)$	24	23,5	23	22,5	22	21,5	21	20,5	19	17	15
$\eta_B(\%)$	-	-	32,5	45	55	61,25	66	69	67,5	63	57,5

Tabela I

Dados (cont.):

2ª - A tabela II fornece os valores para a construção das seguintes curvas características para o diâmetro do rotor igual a 214 mm.

$Q\left(\frac{m^3}{h}\right)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$H_B(m)$	17,2	17,2	17	16,5	16	15	13,5	12	9	5,5	3
$\eta_B(\%)$	-	-	35	46	55	57,5	60	57,5	46	-	-

Tabela II

a

$$Ho + Hs = H1 + Hp_{2''} + Hp_{3''}$$

Caminho sem passar pela bomba

$$Hp_{2''} = f_{2''} x \frac{(\sum Leq + L)\ x\ v^2}{D_H\ x\ 2\ x\ g}$$

$$\sum Leq = tê\ de\ passagem\ direta + val.globo + joelho + redução$$

$$\sum Leq = 1{,}0 + 16{,}0 + 1{,}7 + 0{,}2 = 18{,}9\ m$$

$$Hp_{2''} = f_{2''} x \frac{(18{,}9 + 6)\ x\ Q^2}{52{,}7\ x\ 10^{-3}\ x\ 2\ x\ 9{,}8\ x\ (21{,}7\ x\ 10^{-4})^2}$$

$$Hp_{3''} = f_{3''} x \frac{(\sum Leq + L)\ x\ v^2}{D_H\ x\ 2\ x\ g}$$

$$\sum Leq = 2\ gavetas + 4\ joelhos + tê\ de\ passagem\ direta + saída$$

$$\sum Leq = 2\ x\ 0{,}5 + 4\ x\ 2{,}8 + 1{,}5 + 2{,}8 = 16{,}5\ m$$

$$Hp_{3''} = f_{3''} x \frac{(16{,}5 + 42)\ x\ Q^2}{77{,}9\ x\ 10^{-3}\ x\ 2\ x\ 9{,}8\ x\ (47{,}7\ x\ 10^{-4})^2}$$

$$Zo + \cancel{\frac{po}{\gamma}} + \cancel{\frac{\alpha \; x \; v_0^{\;2}}{2 \; x \; g}} + Hs = Z1 + \frac{p1}{\gamma} + \frac{\alpha \; x \; v_1^{\;2}}{2 \; x \; g} + Hp_{2''} + Hp_{3''}$$

Isolando Hs,

$$Hs = -Z0 + Z1 + \frac{p1}{\gamma} + \frac{\alpha \; x \; v_1^{\;2}}{2 \; x \; g} + Hp_{2''} + Hp_{3''}$$

Z_o = -15 m

Z_1 = -7 m

p_1 = 1,5 kgf/cm² = 147099,8 Pa

$$v_1 = \frac{Q}{A}$$

g = 9,8 m/s²

γ = 9800 N/m³

Adotando o intervalo de vazões iguais aos da curva da bomba, e com este intervalo calculando os coeficientes de fricção respectivos (pela tabela do site do alemão), plotou-se um gráfico onde a equação obtida foi:

$$Hs = 0{,}0089Q^2 + 0{,}0278Q + 23$$

Caminho passando pela bomba

b

$$Hp_{2''} = f_{2''} x \frac{(\sum Leq + L)\ x\ v^2}{D_H\ x\ 2\ x\ g}$$

$$\sum Leq = tê\ de\ passagem\ lateral + val.globo + joelho + redução$$

$$\sum Leq = 3{,}6 + 16{,}0 + 1{,}7 + 0{,}2 = 21{,}5\ m$$

$$Hp_{2''} = f_{2''} x \frac{(21{,}5 + 6)\ x\ Q^2}{52{,}7\ x\ 10^{-3}\ x\ 2\ x\ 9{,}8\ x\ (21{,}7\ x\ 10^{-4})^2}$$

$$Hp_{3''} = f_{3''} x \frac{(\sum Leq + L)\ x\ v^2}{D_H\ x\ 2\ x\ g}$$

$$\sum Leq = 3\ gavetas + 4\ joelhos + 1\ retenção + tê\ de\ passagem\ lateral + saída$$

$$\sum Leq = 3\ x\ 0{,}5 + 4\ x\ 2{,}8 + 5{,}5 + 5{,}8 + 2{,}8 = 26{,}8\ m$$

$$Hp_{3''} = f_{3''} x \frac{(26{,}8 + 42)\ x\ Q^2}{77{,}9\ x\ 10^{-3}\ x\ 2\ x\ 9{,}8\ x\ (47{,}7\ x\ 10^{-4})^2}$$

$$Zo + \cancel{\frac{po}{\gamma}} + \cancel{\frac{\alpha \ x \ v_0^{\ 2}}{2 \ x \ g}} + Hs = Z1 + \frac{p1}{\gamma} + \frac{\alpha \ x \ v_1^{\ 2}}{2 \ x \ g} + Hp_{2''} + Hp_{3''}$$

Isolando Hs,

$$Hs = -Zo + Z1 + \frac{p1}{\gamma} + \frac{\alpha \ x \ v_1^{\ 2}}{2 \ x \ g} + Hp_{2''} + Hp_{3''}$$

Z_o = -15 m

Z_1 = -7 m

p_1 = 1,5 kgf/cm² = 147099,8 Pa

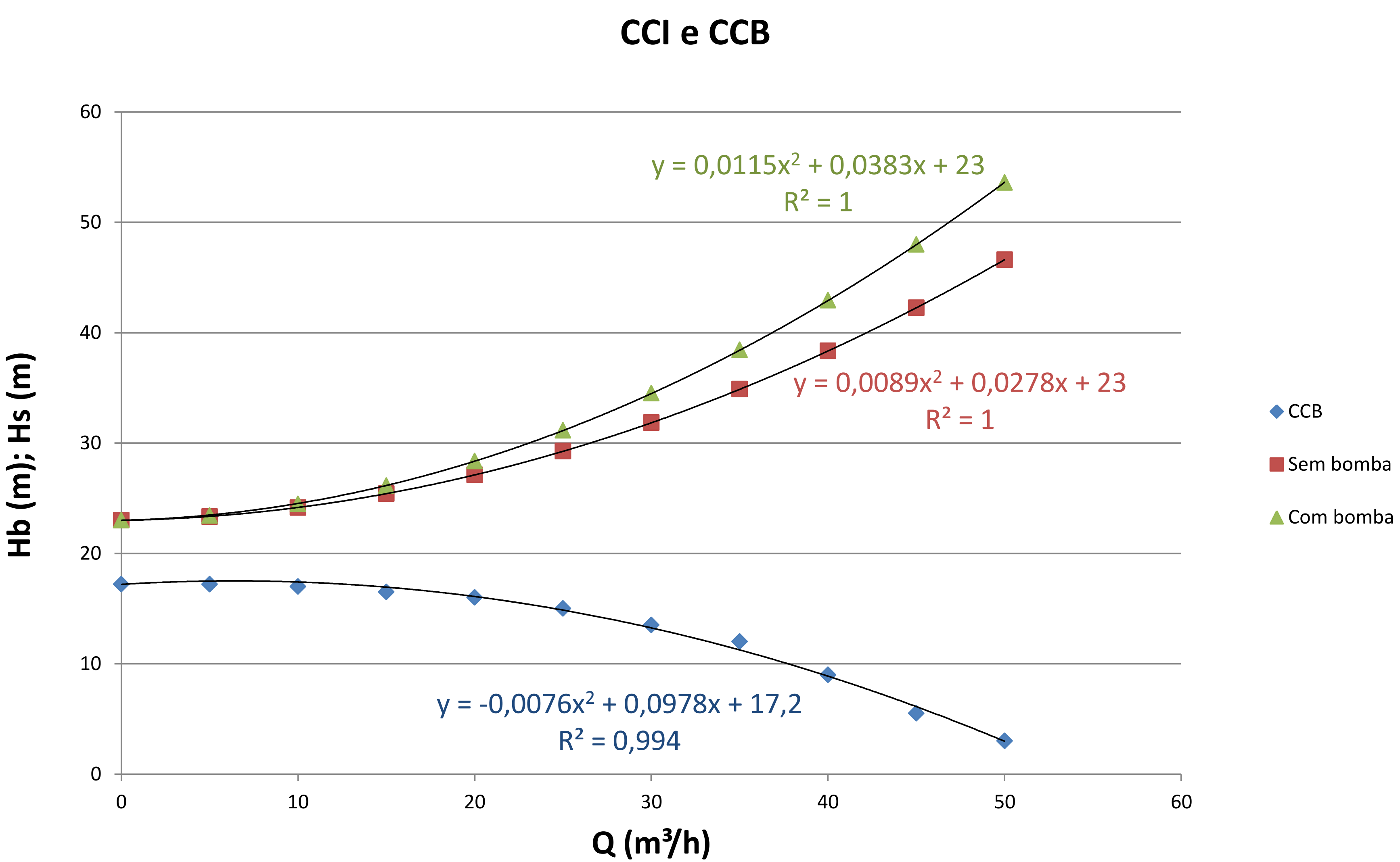
$$v_1 = \frac{Q}{A}$$

g = 9,8 m/s²

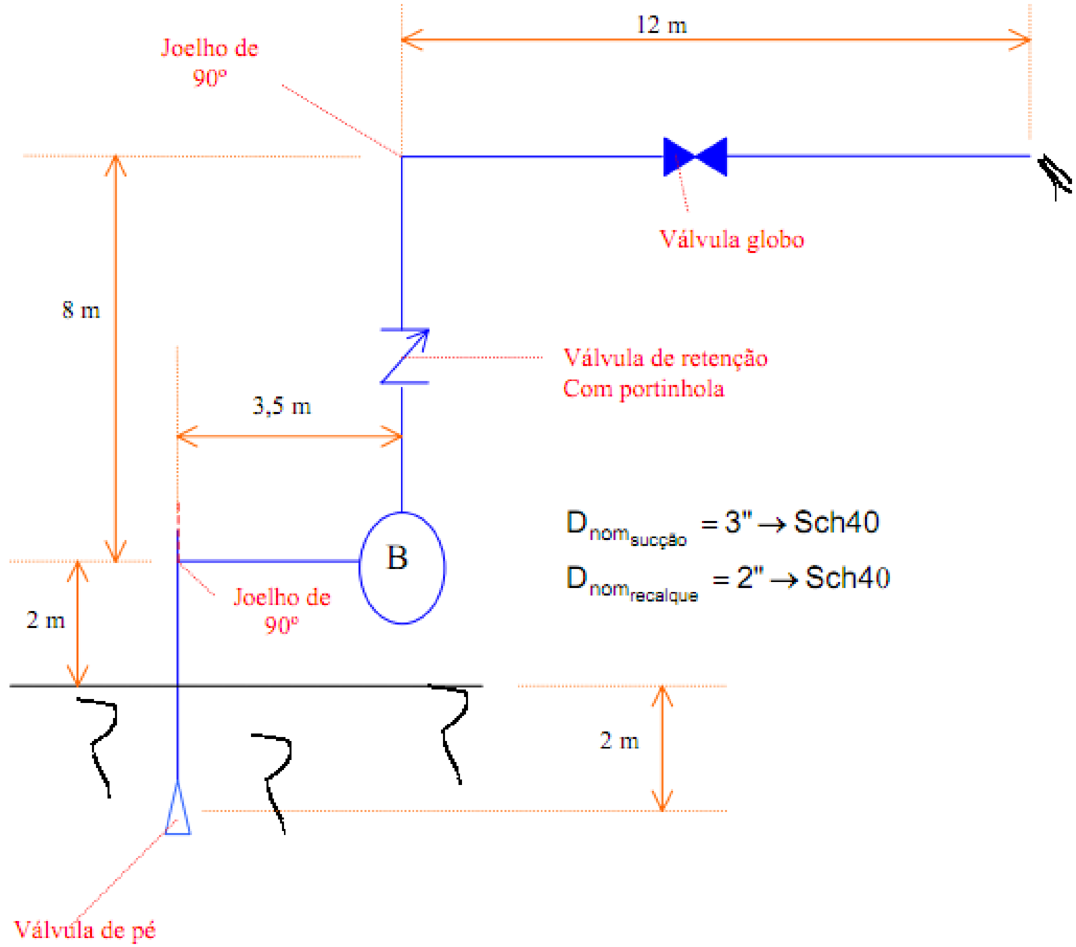
γ = 9800 N/m³

Adotando o intervalo de vazões iguais aos da curva da bomba, e com este intervalo calculando os coeficientes de fricção respectivos (pela tabela do site do alemão), plotou-se um gráfico onde a equação obtida foi:

$$Hs = 0{,}0115Q^2 + 0{,}0383Q + 23$$


CCI e CCB
Hb (m); Hs (m)
Q (m³/h)
y = 0,0115x² + 0,0383x + 23
R² = 1
y = 0,0089x² + 0,0278x + 23
R² = 1
y = -0,0076x² + 0,0978x + 17,2
R² = 0,994
CCB
Sem bomba
Com bomba
0
10
20
30
40
50
60

7.12.16



Verifique a solução apresentada e se necessária faça as correções

a-)

Adotando-se a temperatura de fluido de 20ºC.

$\rho(kg/m^3)$	998,2
$\nu(m^2/s)$	$1{,}004.10^{-6}$
$\mu(Kg/m.s)$	1.10^{-3}

$$Sucção\ 3": \begin{Bmatrix} \cdot\ Diâmetro = 82{,}5\ mm \\ \cdot\ Área = 53{,}9\ cm^2 \end{Bmatrix}$$

$$\text{Re}calque\ 2": \begin{Bmatrix} \cdot\ Diâmetro = 52{,}5\ mm \\ \cdot\ Área = 21{,}7\ cm^2 \end{Bmatrix}$$

Comprimentos Equivalentes:

$$Sucção\ 3": \begin{Bmatrix} \cdot\ Válvula\ de\ pé = 32{,}00\ m \\ \cdot\ Joelho\ 90° = 2{,}82\ m \end{Bmatrix}$$

$$\text{Re}calque\ 2": \begin{Bmatrix} \cdot\ Válvula\ de\ retenção\ com\ portinhola = 2{,}68\ m \\ \cdot\ Válvula\ globo\ reta\ sem\ guia = 17{,}68\ m \\ \cdot\ Joelho\ 90° = 1{,}88\ m \end{Bmatrix}$$

$$H_s = H_{estático} + B_{instalação} Q^2$$

$$H_s = (Z_s - Z_e) + B_{instalação} Q^2$$

Equação 1

Onde,

$$B_{instalação} = \left\{ \left[\frac{1}{2.g.A_{AB}^{2}} . \left(f_{3''} . \frac{(L + \Sigma Leq)}{D_{h\,AB}} \right) \right] + \left[\frac{1}{2.g.A_{DB}^{2}} . \left(f_{2''} . \frac{(L + \Sigma Leq}{D_{h\,DB}} \right) \right] . \frac{Y_f}{2.g.A_{DB}^{2}} \right\}$$

$$B_{instalação} = \left\{ \left[\frac{1}{19{,}6.(53{,}9.10^{-4})^2} \left(f_{3''} . \frac{(7{,}5 + 34{,}82)}{82{,}5.10^{-3}} \right) \right] + \left[\frac{1}{19{,}6.(21{,}7.10^{-4})^2} \left(f_{2''} . \frac{(20 + 22{,}24)}{52{,}5.10^{-3}} \right) \right] . \frac{1{,}0}{19{,}6.(21{,}7.10^{-4})^2} \right\}$$

$$B_{instalação} = 897597{,}7.f_{3''} + 8717442{,}0.f_{2''} + 10834{,}9$$

Voltando na equação 1:

$$H_s = 10 + (897597{,}7.f_{3''} + 8717442{,}0.f_{2''} + 10834{,}9).Q^2$$

Para determinação dos coeficientes de perda distribuída (f) utilizou-se a planilha do site.

Com: $k = 4{,}6.10^{-5}$

Chegando-se em:

$$H_s = 0{,}0151Q^2 + 0{,}0316Q + 10$$

$$Q = \left[\frac{m^3}{h}\right];\ \text{Hb=[m]}$$

b-) Com a tabela dada no enunciado, foi possível construir a CCB e obter a equação:

$$H_B = -0{,}0066.Q^2 + 0{,}1195.Q + 38$$
$$H_B = [m] \; Q = \left[{m^3}/{h}\right]$$

Resolvendo a equação de 2° grau:

Q=38,0 m³/h

Voltando em:

$$Hb = -0{,}0066 \, .38^2 + 0{,}1195 \, .38 + 38 = 33{,}0m$$

c)

A equação de rendimento da bomba é:

$$n = -0{,}0592Q^2 + 4{,}1966Q - 1{,}5619$$

Substitui-se o Q e encontra o rendimento. Encontra-se 72,4%

$$N_b = \frac{H_B.Q.\gamma}{\eta} = \frac{33\,.38\,.998{,}2\,.9{,}8}{0{,}724} = 16943{,}5KW$$

d)

Com a metade da vazão dos itens anteriores usando a CCB calculamos o Hb necessario.

$$H_b = -0{,}0066.19^2 + 0{,}1195.19 + 38 = 37{,}9m^3$$

Quando fecha-se a válvula o comprimento equivalente aumenta. E resolve-se o sistema

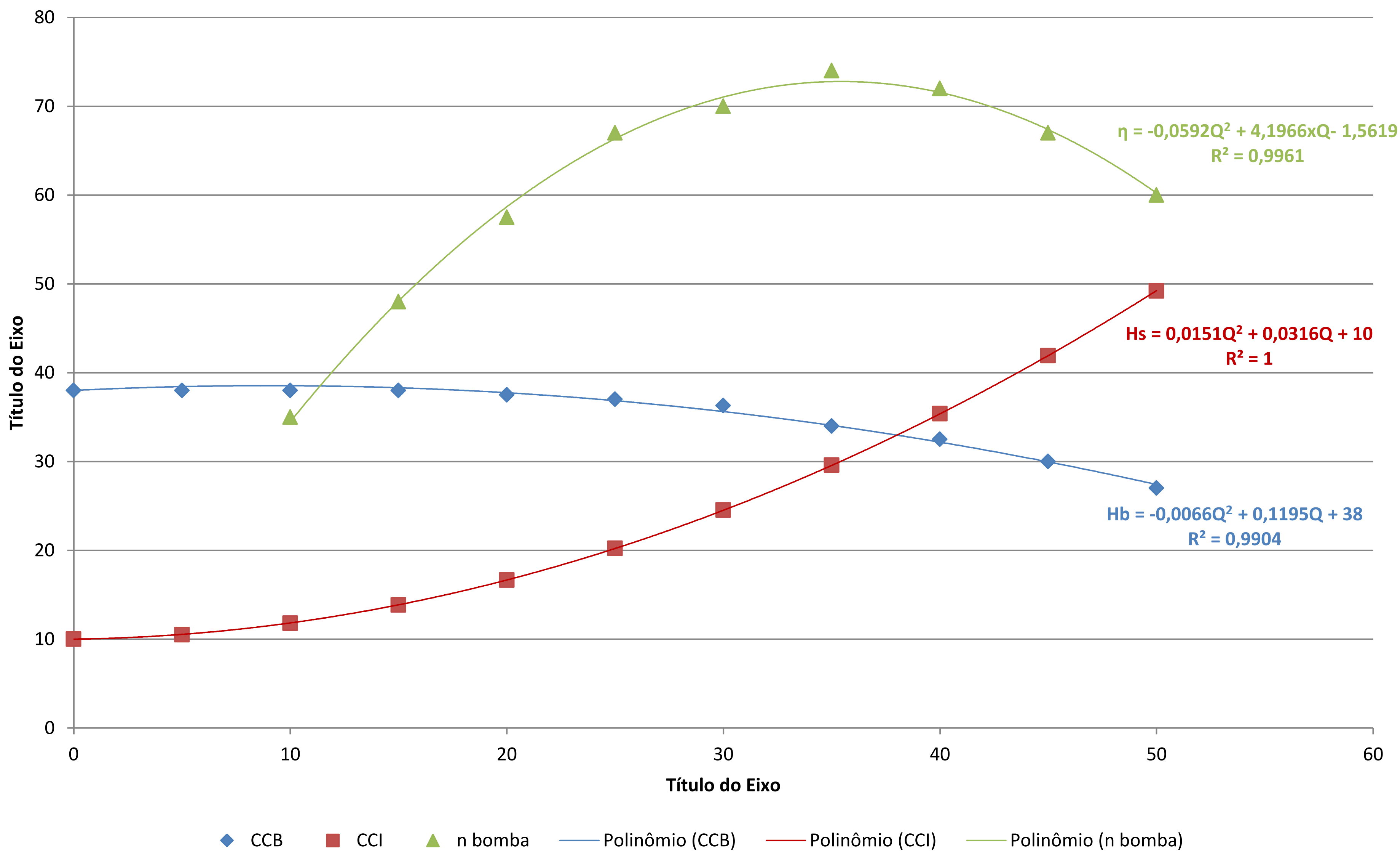
Pela tabela do site obtem-se o $f_{3''} e\ f_{2''}$:

$$37{,}9 = 10 + \left(\frac{19}{3600}\right)^2 .\left[897597{,}7\ .0{,}0213 + 206378{,}8\ .0{,}0214\ .(20 + 4{,}56 + L_{eq}) + 10834{,}9\right]$$

$$L_{eq} = 195{,}4m$$

$$\frac{k_s . Q^2}{2.g\ .A^2} = \frac{L.f.Q^2}{2.g.D_H\ .A^2};$$

$$k_s = \frac{L\ .f}{D_H} = 79{,}7$$



η = -0,0592Q² + 4,1966xQ- 1,5619
R² = 0,9961
Hs = 0,0151Q² + 0,0316Q + 10
R² = 1
Hb = -0,0066Q² + 0,1195Q + 38
R² = 0,9904
Título do Eixo
Título do Eixo
0 10 20 30 40 50 60 70 80
0 10 20 30 40 50 60
CCB
CCI
n bomba
Polinômio (CCB)
Polinômio (CCI)
Polinômio (n bomba)

P3 de ME5330 – Primeiro semestre de 2009

1ª – Projetou-se a bancada abaixo para obtenção da queda de pressão propiciada pela passagem da água a 25 °C por um certo trocador de calor. A bomba centrífuga selecionada para a bancada foi à bomba ALE – 50, de características conhecidas e com diâmetro do rotor igual a 208 mm. Determinar:

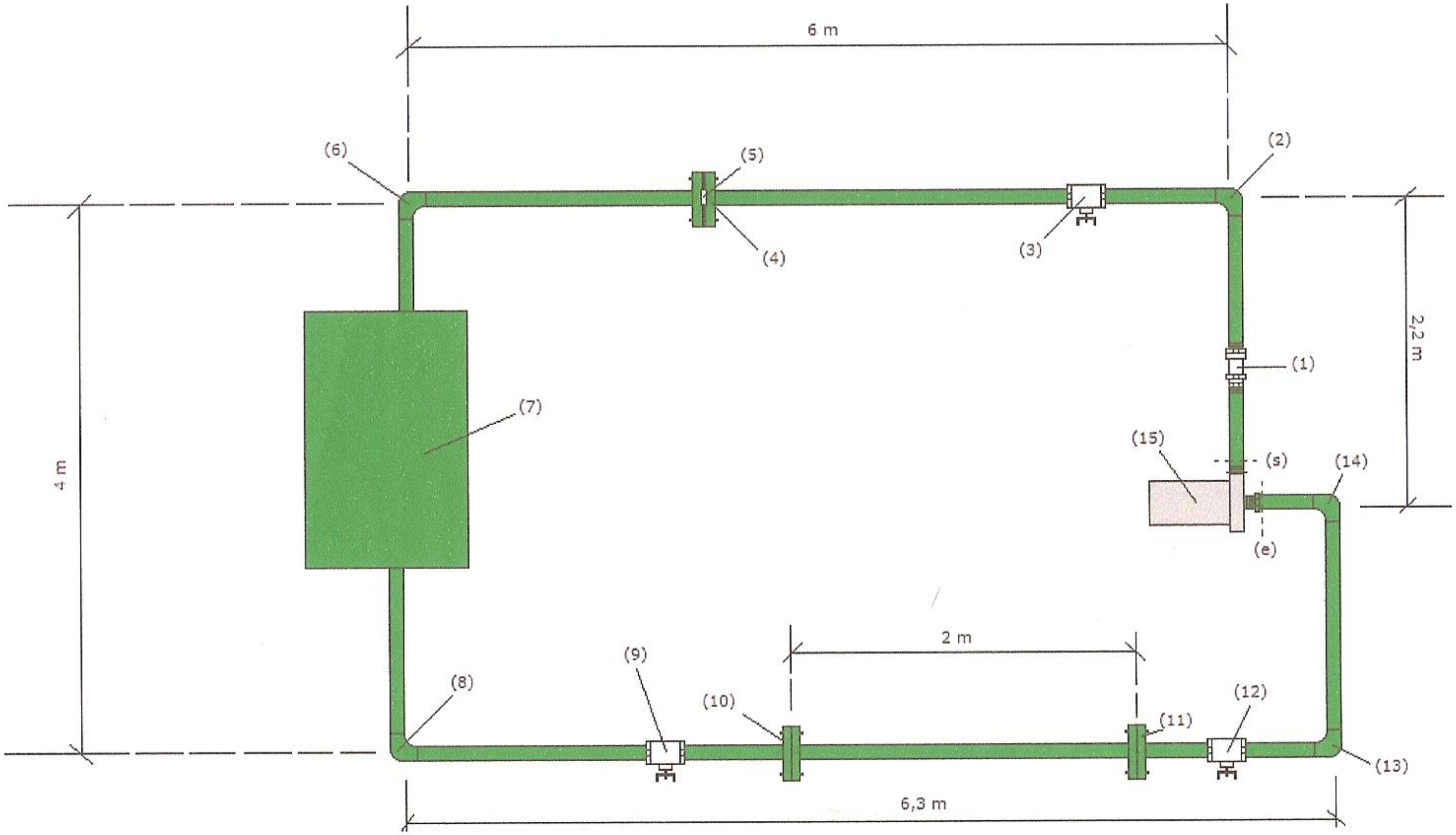
a) a máxima potência da bomba, sem o trocador de calor (valor – 2,5);
b) a potência consumida mensalmente, sabendo que a instalação opera 4 horas por dia e 20 dias no mês (valor – 0,5);
c) instalado o trocador de calor na instalação, a vazão diminui 30% em relação à vazão máxima (sem trocador), nesta situação determine a queda de pressão causada pelo trocador de calor (valor – 2,0).

Dados: tubulação de aço com diâmetro nominal 1,5" (obter as características da tubulação na tabela normalizada para tubos de aço ANSI B.36.10 e B.36.19) com a designação da espessura 40; motores elétricos normalizados em CV para rede de 220V: ½; ¾; 1; 1½; 2; 3; 5; 7½; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150 e 200 CV

Legenda	Acessório hidráulico	Comprimento equivalente (m)
(1)	Válvula de retenção vertical da Mipel	17,07
(2)	Cotovelo de 90^0 da Tupy	1,41
(3)	Válvula globo reta sem guia da Mipel	13,72
(4)	Flange	Desprezível
(5)	Placa de orifício	2,0
(6)	Cotovelo de 90^0 da Tupy	1,41
(7)	Reservatório	Desprezível
(8)	Cotovelo de 90^0 da Tupy	1,41
(9)	Válvula gaveta da Mipel	0,55
(10)	Flange	Desprezível
(11)	Flange	Desprezível
(12)	Válvula gaveta da Mipel	0,55
(13)	Cotovelo de 90^0 da Tupy	1,41
(14)	Cotovelo de 90^0 da Tupy	1,41
(15)	Conjunto motobomba	Desprezível

Dados parciais da bomba ALE-50

Q (m^3/h)	H_B (m)	η_B (%)
0	24	
8	22,8	
12	22	50,5
14	21,5	55,5
16	21	59
18	20,7	62
20	20,2	65
22	19,8	65,8
24	19,2	66,4
26	18,5	66,2
28	17,8	65,8



Importante: O coeficiente de perda de carga distribuída deve ser determinado pela fórmula de Churchill.

Em um circuito fechado tem-se que $H_{inicial} = H_{final}$, portanto:

$$H_{inicial} + H_S = H_{final} + H_{p_{totais}}$$

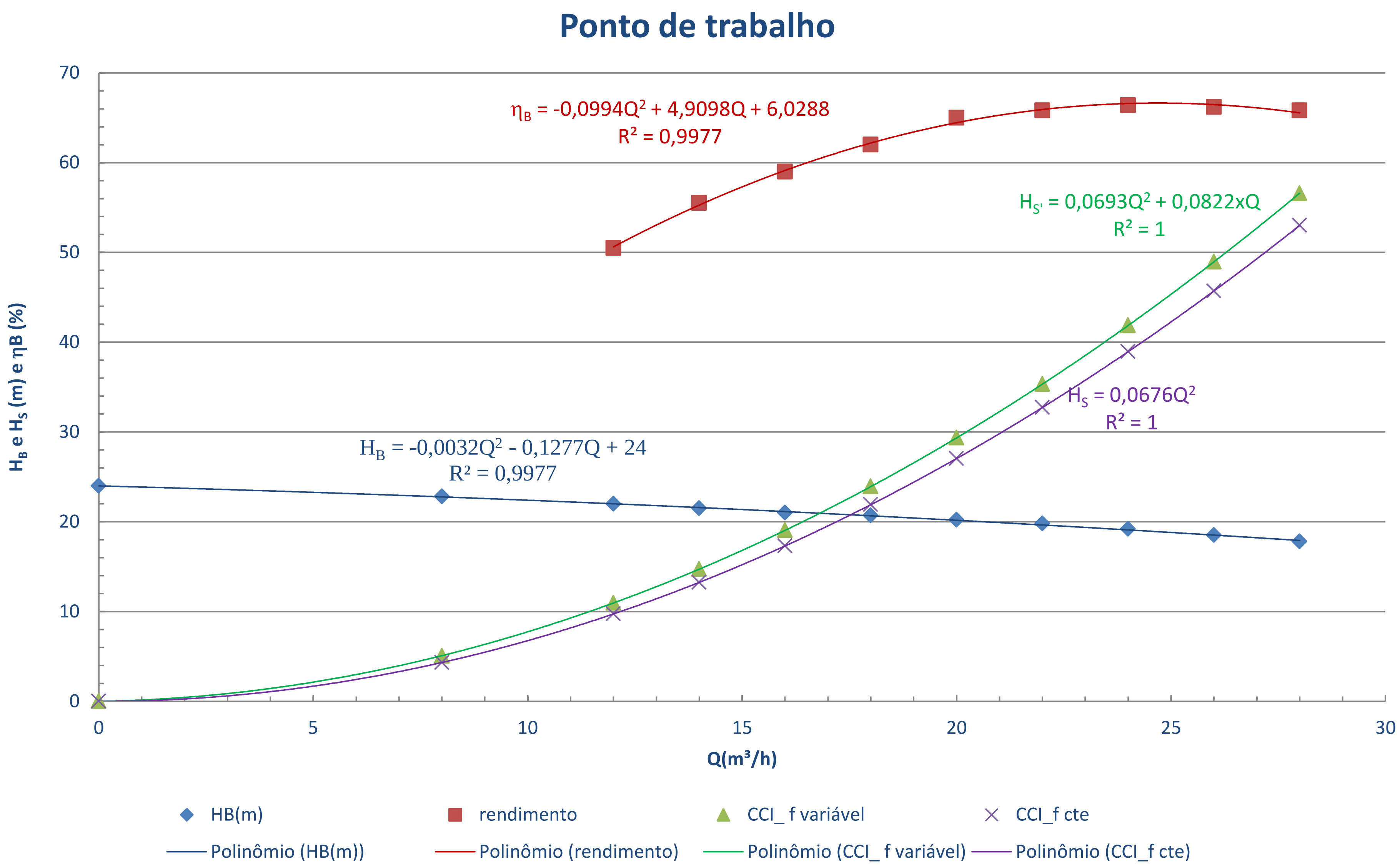
$$H_S = H_{p_{totais}} = f_{1,5} \times \frac{(20,6 + 39,53)}{40,8 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{19,6 \times \left(13,1 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$H_S = f_{1,5} \times 43815964,71 \times Q^2$$

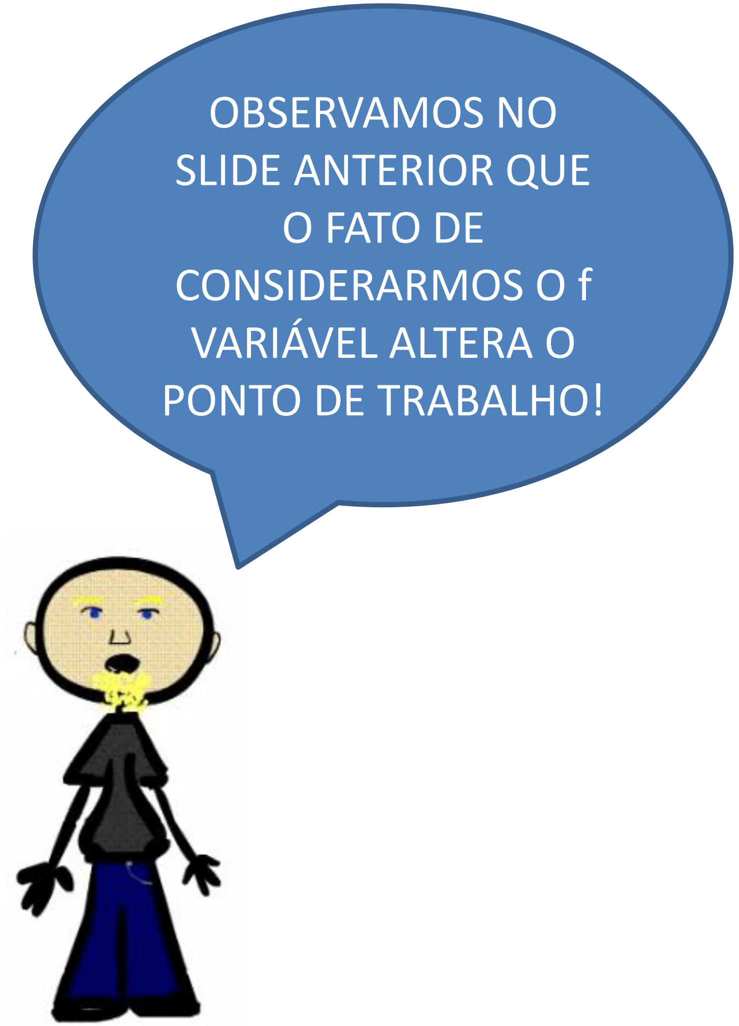
Vamos resolver de duas maneiras distintas, uma adotando f = 0,02 = cte e outra deixando o f com uma variável da vazão!

Construindo a tabela que permitirá solucionar o exercício

				f variável	f cte = 0,02
$Q(m^3/h)$	$H_B(m)$	η_B (%)	f	$H_S(m)$	$H_{S'}(m)$
0	24		0	0	0
8	22,8		0,0233	5,0	4,3
12	22	50,5	0,0225	10,9	9,7
14	21,5	55,5	0,0222	14,7	13,3
16	21	59	0,0220	19,1	17,3
18	20,7	62	0,0218	23,9	21,9
20	20,2	65	0,0217	29,4	27,0
22	19,8	65,8	0,0216	35,3	32,7
24	19,2	66,4	0,0215	41,9	38,9
26	18,5	66,2	0,0214	49,0	45,7
28	17,8	65,8	0,0213	56,6	53,0



Ponto de trabalho
η_B = -0,0994Q² + 4,9098Q + 6,0288
R² = 0,9977
$H_{S'}$ = 0,0693Q² + 0,0822xQ
R² = 1
H_S = 0,0676Q²
R² = 1
H_B = -0,0032Q² - 0,1277Q + 24
R² = 0,9977
H_B e H_S (m) e ηB (%)
Q(m³/h)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
HB(m)
rendimento
CCI_ f variável
CCI_f cte
Polinômio (HB(m))
Polinômio (rendimento)
Polinômio (CCI_ f variável)
Polinômio (CCI_f cte)


OBSERVAMOS NO SLIDE ANTERIOR QUE O FATO DE CONSIDERARMOS O f VARIÁVEL ALTERA O PONTO DE TRABALHO!