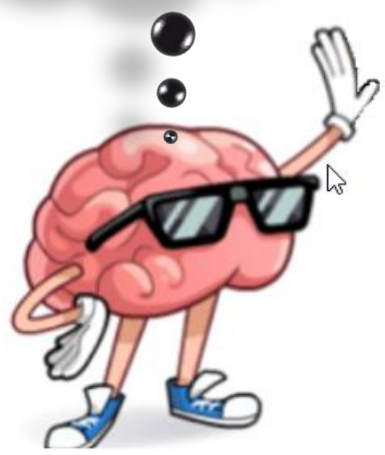
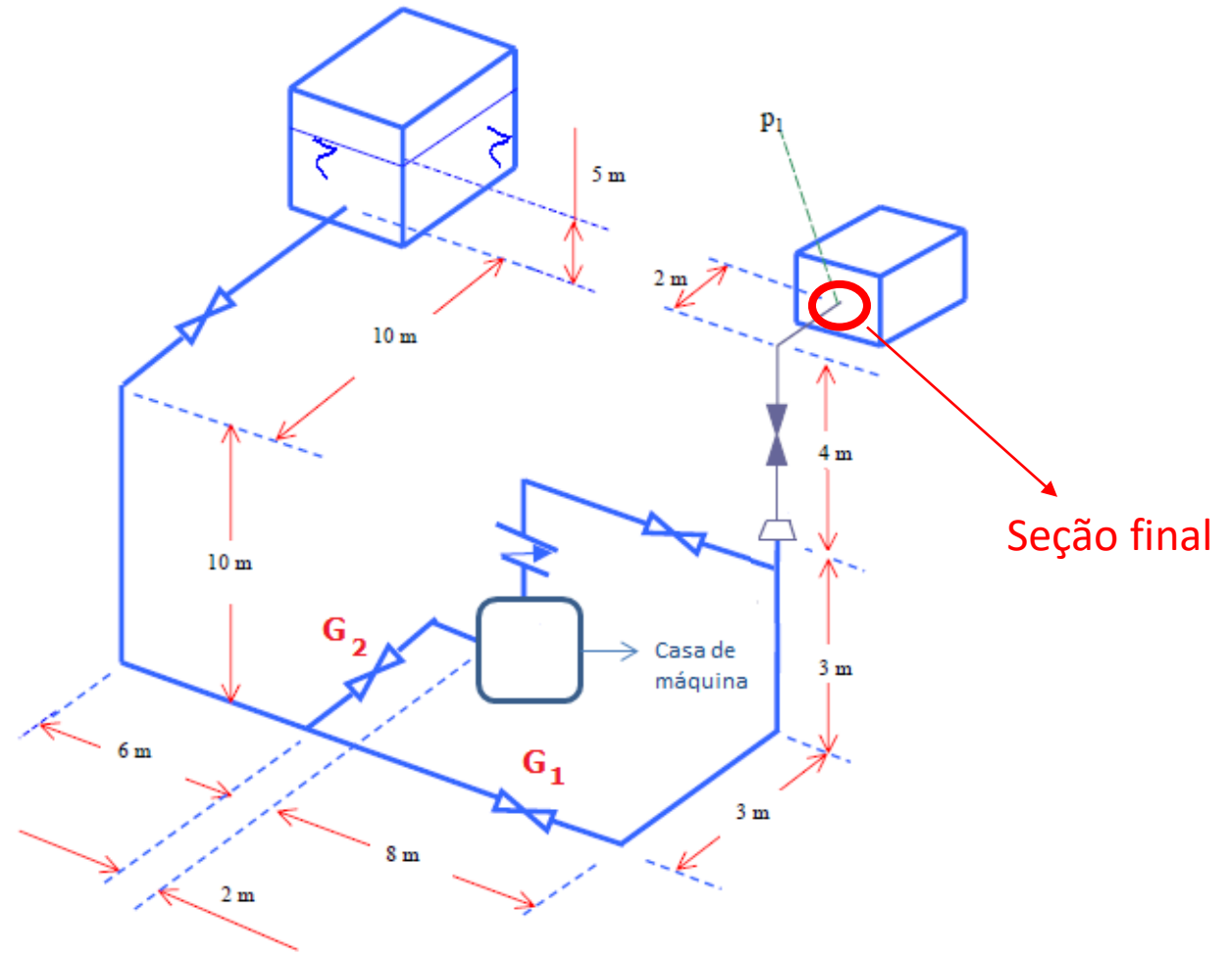


Para entregar em 04/05/20



A instalação da figura deve atender um tanque de processo e a pressão na entrada deste tanque (1) deve ser $p_1 = 1,5 \text{ kgf / cm}^2$, se o escoamento for por gravidade (G_2 - fechada). A bomba H 50 - C com diâmetro de rotor igual a 214 mm será acionada sempre que o processo exigir uma pressão $p_1 = 3,5 \text{ kgf/cm}^2$ (G_1 - fechada). Pede-se:

- a) a equação da CCI para as duas possibilidades mencionadas acima;
- b) o ponto de trabalho para as possibilidades de funcionamento da instalação

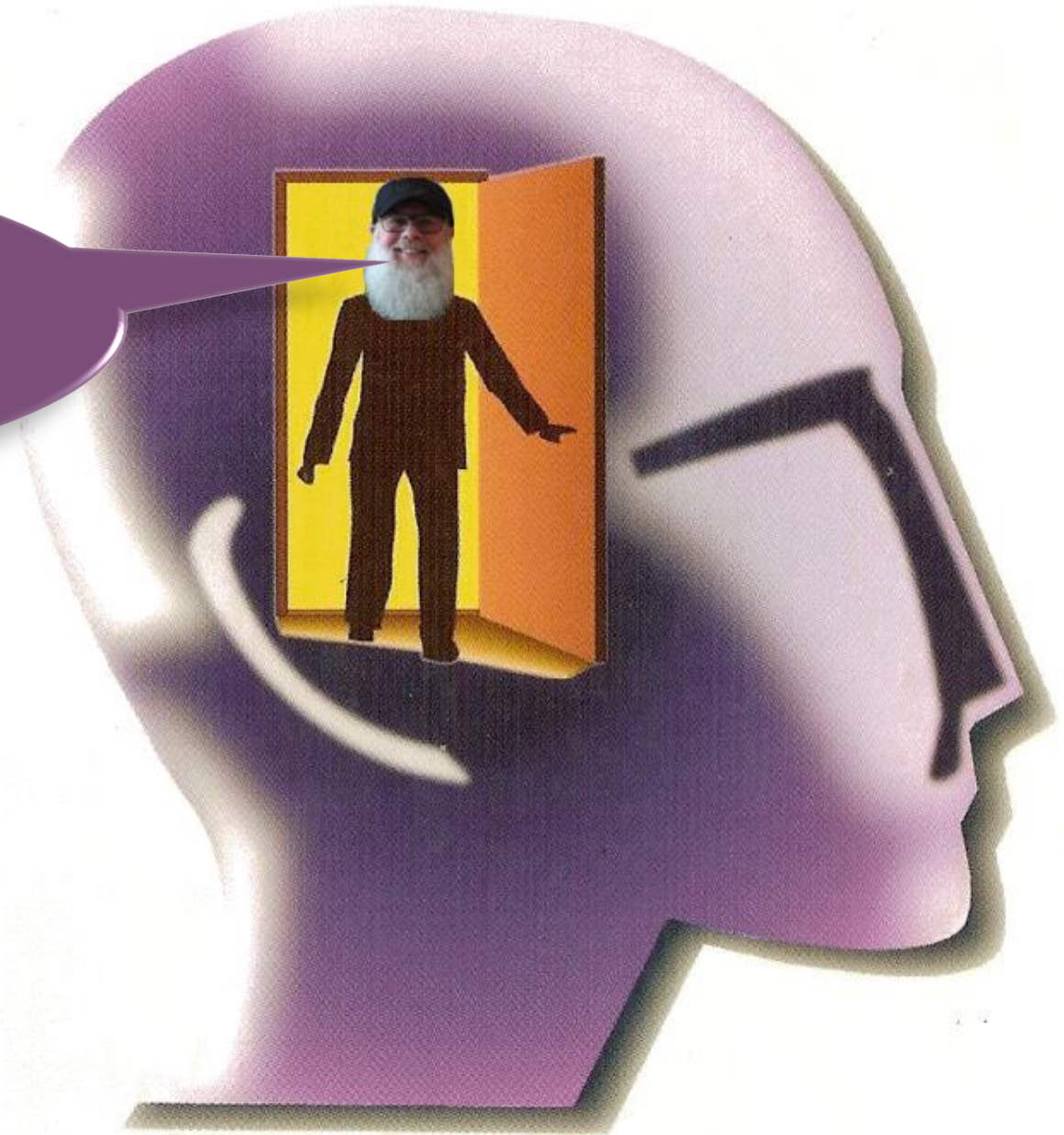


Nota: — = 3" Sch 40

— = 2" Sch 40

$$\rho_{\text{água}} = 997,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Ache a equação da CCI para a instalação operando sem bomba e responda: ***existe a vazão em queda livre?*** Se não existir, qual a solução que você daria e qual o ponto de trabalho obtido?



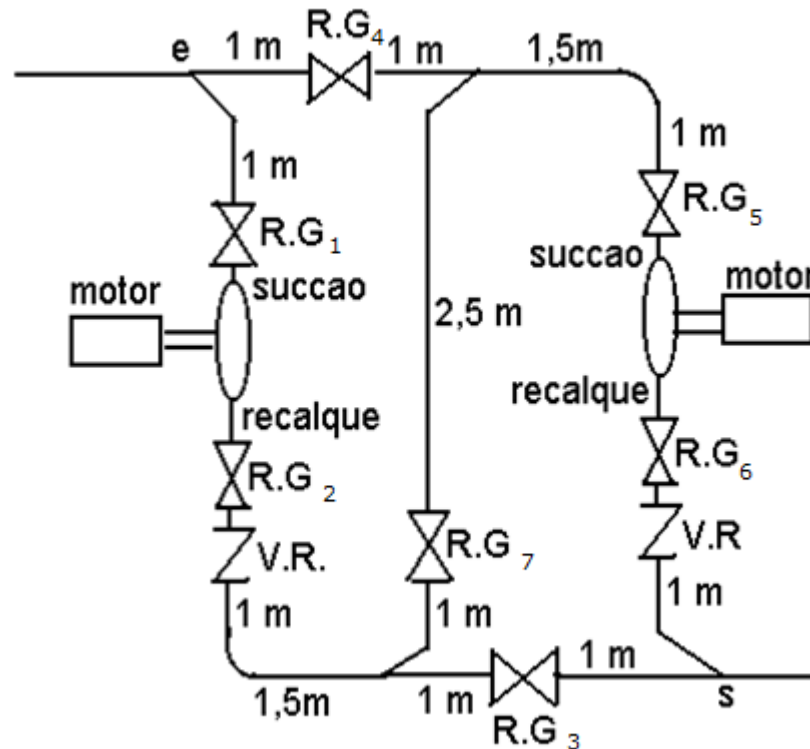
Número	Singularidade	Leq (m)	Referência	D _N	D _{int} (mm)	A (cm ²)
1	Saída normal de reservatório	1,1	Tupy	3"	77,9	47,7
2	Válvula gaveta	1,03	Mipel	3"	77,9	47,7
3	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
4	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
5	Tê de passagem direta	0,50	Tupy	3"	77,9	47,7
6	Válvula gaveta	1,03	Mipel	3"	77,9	47,7
7	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
8	Joelho fêmea de 90 ⁰	2,82	Tupy	3"	77,9	47,7
9	Tê de passagem direta	0,50	Tupy	3"	77,9	47,7
10	Redução de 3 para 2"	0,70	Tupy	2"	52,5	21,7
11	Válvula globo reta sem guia	17,68	Mipel	2"	52,5	21,7
12	Joelho fêmea de 90 ⁰	1,88	Tupy	2"	52,5	21,7

Dados (cont.):

Télétravail



Já vimos o detalhe da casa de máquina, onde as ligações isoladas possíveis das bombas foram apresentadas.



Dados adicionais

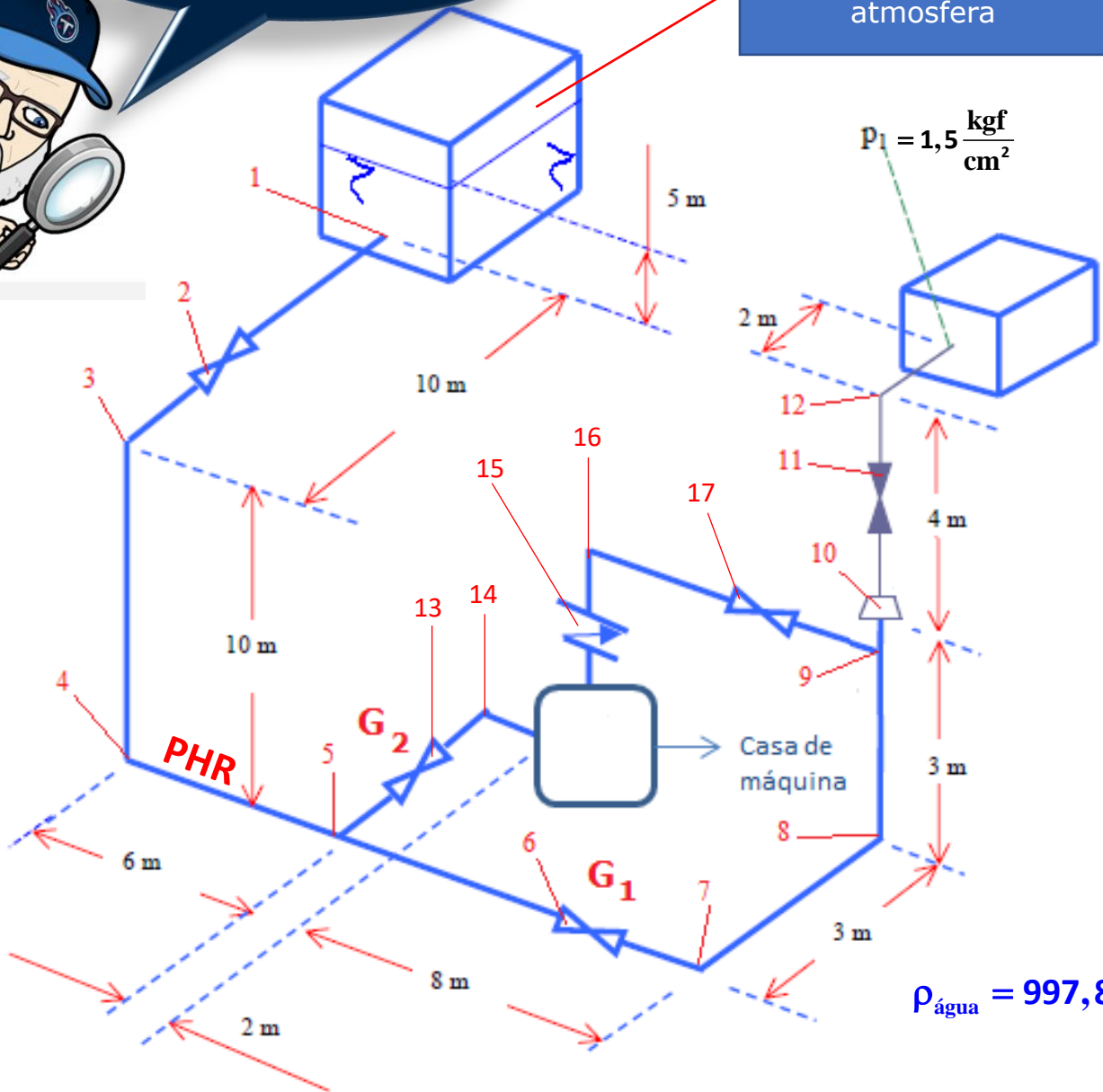
DADOS DA BOMBA ESCOLHIDA E QUE ESTÁ NA CASA DE MÁQUINA

Q(m ³ /h)	H _{B214} (m)	η _{B214} (%)
0	17,2	
5	17,2	
10	17	35
15	16,5	46
20	16	55
25	15	57,5
30	13,5	60
35	12	57,5
40	9	46
45	5,5	
50	3	



Vamos determinar a carga estática

Tanque de grandes dimensões e aberto à atmosfera



$$H_{\text{estática}} = (z_{\text{final}} - z_{\text{inicial}}) + \left(\frac{p_{\text{final}} - p_{\text{inicial}}}{\gamma} \right)$$

$$H_{\text{estática}} = (7 - 15) + \left(\frac{1,5 \times 98000 - 0}{997,8 \times 9,8} \right)$$

$$H_{\text{estática}} \cong -8 + 15,03$$

$$H_{\text{estática}} \cong 7,03\text{m}$$

Portanto não existe a vazão em queda livre!

Deu uma carga estática positiva!



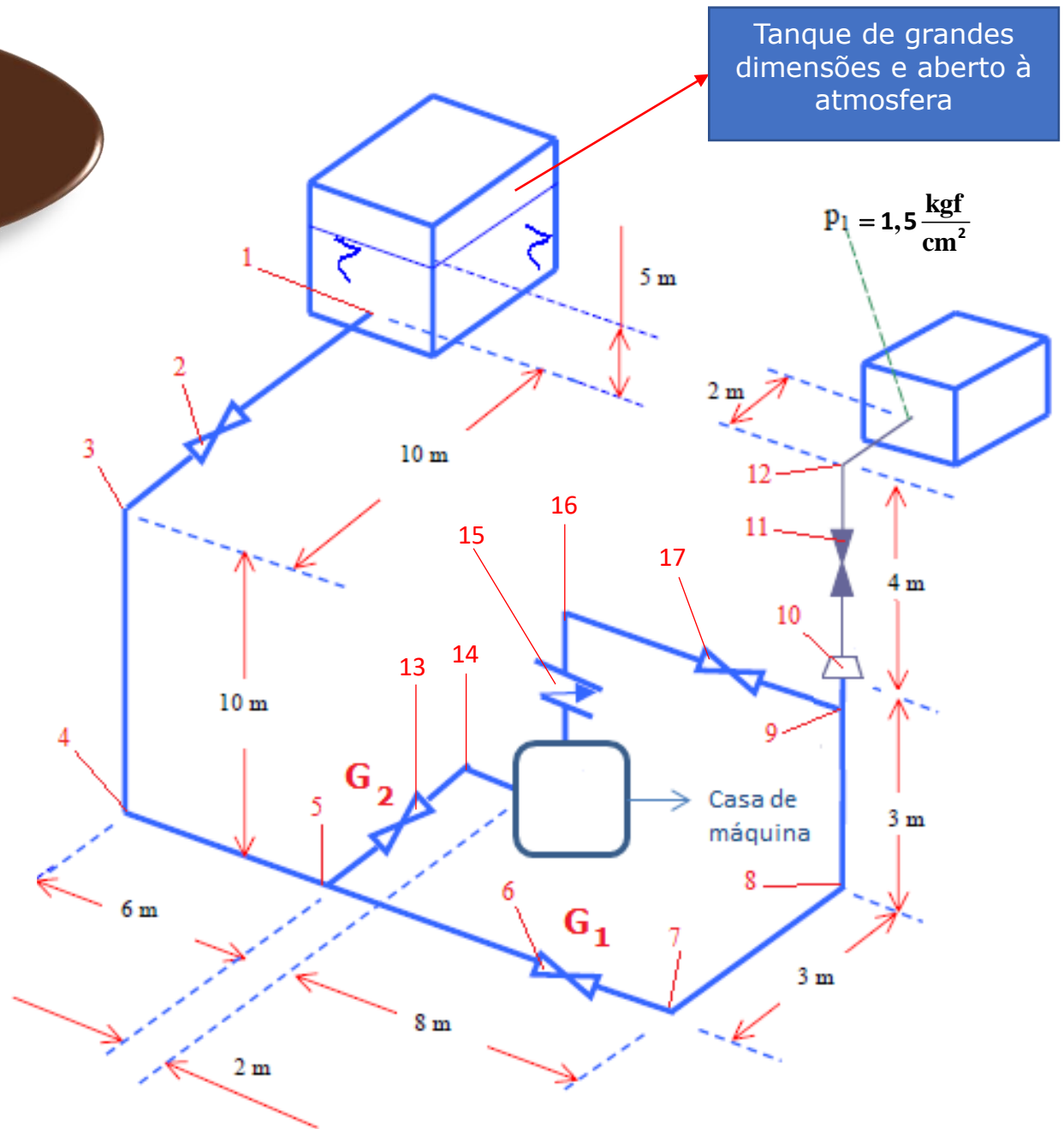
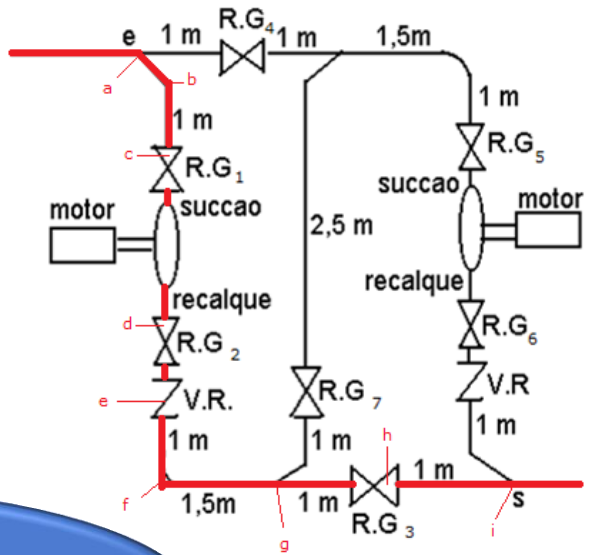
$$\rho_{\text{água}} = 997,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Portanto, vamos fechar G_1 , abrir G_2 e operar com uma bomba só!



$L_{CM} = 5,5 \text{ m}$ e a $\Sigma l_{eq} = 16,61 \text{ m}$

Na casa de máquina



Obtenção dos dados
da instalação (L e
Leq)



$L_{3''} = 47,5 \text{ m}$

$L_{2''} = 6 \text{ m}$

Número	Singularidade (s)	DN	Leq (m)
1	Saída normal de reservatório (tupy)	3"	1,1
2	Válvula gaveta (mipel)	3"	1,03
3	Joelho fêmea de 90° (tupy)	3"	2,82
4	Joelho fêmea de 90° (tupy)	3"	2,82
5	Tê de saída de lado (tupy)	3"	4,11
13	Válvula gaveta (mipel)	3"	1,03
14	Joelho fêmea de 90° (tupy)	3"	2,82
*	Casa de máquina (diversas)	3"	16,61
15	Válvula de retenção vertical (mipel)	3"	32
16	Joelho fêmea de 90° (tupy)	3"	2,82
17	Válvula gaveta (mipel)	3"	1,03
9	Tê de saída de lado (tupy)	3"	4,11
10	Redução de 3 para 2" (tupy)	2"	0,70
11	Válvula globo reta sem guia (mipel)	2"	17,68
12	Joelho fêmea de 90° (tupy)	2"	1,88

Equação da CCI

$$H_S = H_{\text{estática}} + \frac{Q^2}{2g \times A_{2''}^2} + H_{P_{3''}} + H_{P_{2''}} = 7,03 + \frac{Q^2}{2g \times A_{2''}^2} + H_{P_{3''}} + H_{P_{2''}}$$

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
2 -- 60	Std. 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
2½ -- 73	Std. 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3 -- 89	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
	Std. 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 80S	7,62	75,6	42,6	19,5		15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3		27,65	2,68	249,32	56,22	2,66

Equação da CCI

$$H_s = 7,03 + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + f_{3''} \times \frac{(47,5 + 72,3)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} + f_{2''} \times \frac{(6 + 20,26)}{0,0525} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_s = 7,03 + 10834,89 \times Q^2 + f_{3''} \times 3448470,625 \times Q^2 + f_{2''} \times 5419508,219 \times Q^2$$

DADOS DA BOMBA
ESCOLHIDA E QUE ESTÁ
NA CASA DE MÁQUINA



Q(m³/h)	H _{B214} (m)	η _{B214} (%)
0	17,2	
5	17,2	
10	17	35
15	16,5	46
20	16	55
25	15	57,5
30	13,5	60
35	12	57,5
40	9	46
45	5,5	
50	3	

propriedades do fluido transportado				
temp (°C)	μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	p_v (Pa)	v (m ² /s)
22	9,55E-04	997,8		9,570E-07

mat. tubo aço		
espessura	Dint (mm)	A (cm ²)
40	77,9	47,7
K(m)		DH/k
4,60E-05		1693

Q m ³ /h
5,0
10,0
15,0
20,0
25,0
30
35
40
45
50

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f_{Haaland}	$f_{\text{Swamee e Jain}}$	$f_{\text{Churchill}}$	f_{planilha}
5,0	0,29	23701	0,0259	0,0263	0,0263	0,0262
10,0	0,58	47403	0,0227	0,0231	0,0231	0,0230
15,0	0,87	71104	0,0213	0,0217	0,0217	0,0216
20,0	1,16	94806	0,0205	0,0209	0,0209	0,0208
25,0	1,46	118507	0,0200	0,0204	0,0204	0,0203
30,0	1,75	142209	0,0197	0,0200	0,0200	0,0199
35,0	2,04	165910	0,0194	0,0197	0,0197	0,0196
40,0	2,33	189611	0,0192	0,0195	0,0195	0,0194
45,0	2,62	213313	0,0190	0,0193	0,0193	0,0192
50,0	2,91	237014	0,0188	0,0191	0,0191	0,0190

propriedades do fluido transportado					
temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	p_v (Pa)	v (m ² /s)
22		9,55E-04	997,8		9,570E-07

mat. tubo aço			
espessura	Dint (mm)	A (cm ²)	
40	52,5	21,7	
K(m)		DH/k	
4,60E-05		1141	

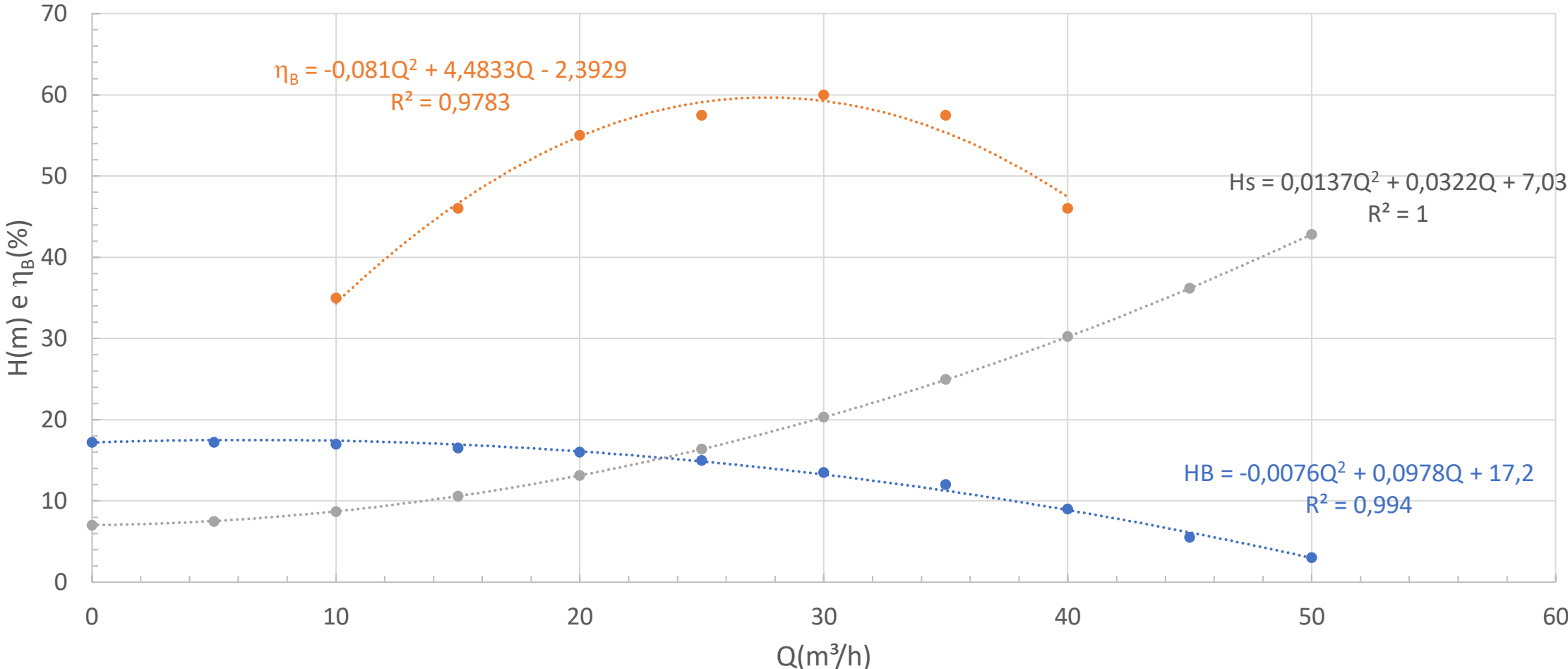
Q m ³ /h
5,0
10,0
15,0
20,0
25,0
30
35
40
45
50

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	$f_{\text{Swamee e}}$			
			f_{Haaland}	Jain	$f_{\text{Churchill}}$	f_{planilha}
5,0	0,64	35112	0,0247	0,0251	0,0252	0,0250
10,0	1,28	70224	0,0223	0,0228	0,0228	0,0226
15,0	1,92	105336	0,0214	0,0218	0,0218	0,0216
20,0	2,56	140448	0,0209	0,0212	0,0212	0,0211
25,0	3,20	175560	0,0205	0,0209	0,0209	0,0207
30,0	3,84	210672	0,0203	0,0206	0,0206	0,0205
35,0	4,48	245784	0,0201	0,0204	0,0204	0,0203
40,0	5,12	280896	0,0200	0,0203	0,0203	0,0201
45,0	5,76	316008	0,0199	0,0202	0,0202	0,0000
50,0	6,40	351120	0,0198	0,0201	0,0201	0,0199

$$H_s = 7,03 + 10834,89 \times Q^2 + f_{3''} \times 3448470,625 \times Q^2 + f_{2''} \times 5419508,219 \times Q^2$$

Q(m ³ /h)	H _{B214} (m)	h _{B214} (%)	f _{3''}	f _{2''}	H _s (m)
0	17,2		0	0	7,03
5	17,2		0,0263	0,0252	7,5
10	17	35	0,0231	0,0228	8,7
15	16,5	46	0,0217	0,0218	10,6
20	16	55	0,0209	0,0212	13,1
25	15	57,5	0,0204	0,0209	16,4
30	13,5	60	0,0200	0,0206	20,3
35	12	57,5	0,0197	0,0204	24,9
40	9	46	0,0195	0,0203	30,2
45	5,5		0,0193	0,0202	36,2
50	3		0,0191	0,0201	42,8

Ponto de trabalho



$\eta_B = -0,081Q^2 + 4,4833Q - 2,3929$
 $R^2 = 0,9783$

$H_s = 0,0137Q^2 + 0,0322Q + 7,03$
 $R^2 = 1$

$HB = -0,0076Q^2 + 0,0978Q + 17,2$
 $R^2 = 0,994$

- HB214 (m)
- rendimento
- CCI
- Polinomial (HB214 (m))
- Polinomial (rendimento)
- Polinomial (CCI)

No ponto de trabalho $H_S \equiv H_B$

$$H_S = 0,0137Q^2 + 0,0322Q + 7,03$$

$$H_B = -0,0076Q^2 + 0,0978Q + 17,2$$

$$0,0137Q^2 + 0,0322Q + 7,03 = -0,0076Q^2 + 0,0978Q + 17,2$$

$$0,0213Q^2 - 0,0656Q - 10,17 = 0 \therefore Q_\tau = \frac{0,0656 + \sqrt{(-0,0656)^2 - 4 \times 0,0213 \times (-10,17)}}{2 \times 0,0213}$$

$$Q_\tau \cong 23,45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow H_{B_\tau} = 0,0137(23,45)^2 + 0,0322 \times 23,45 + 7,03 \cong 15,32\text{m}$$

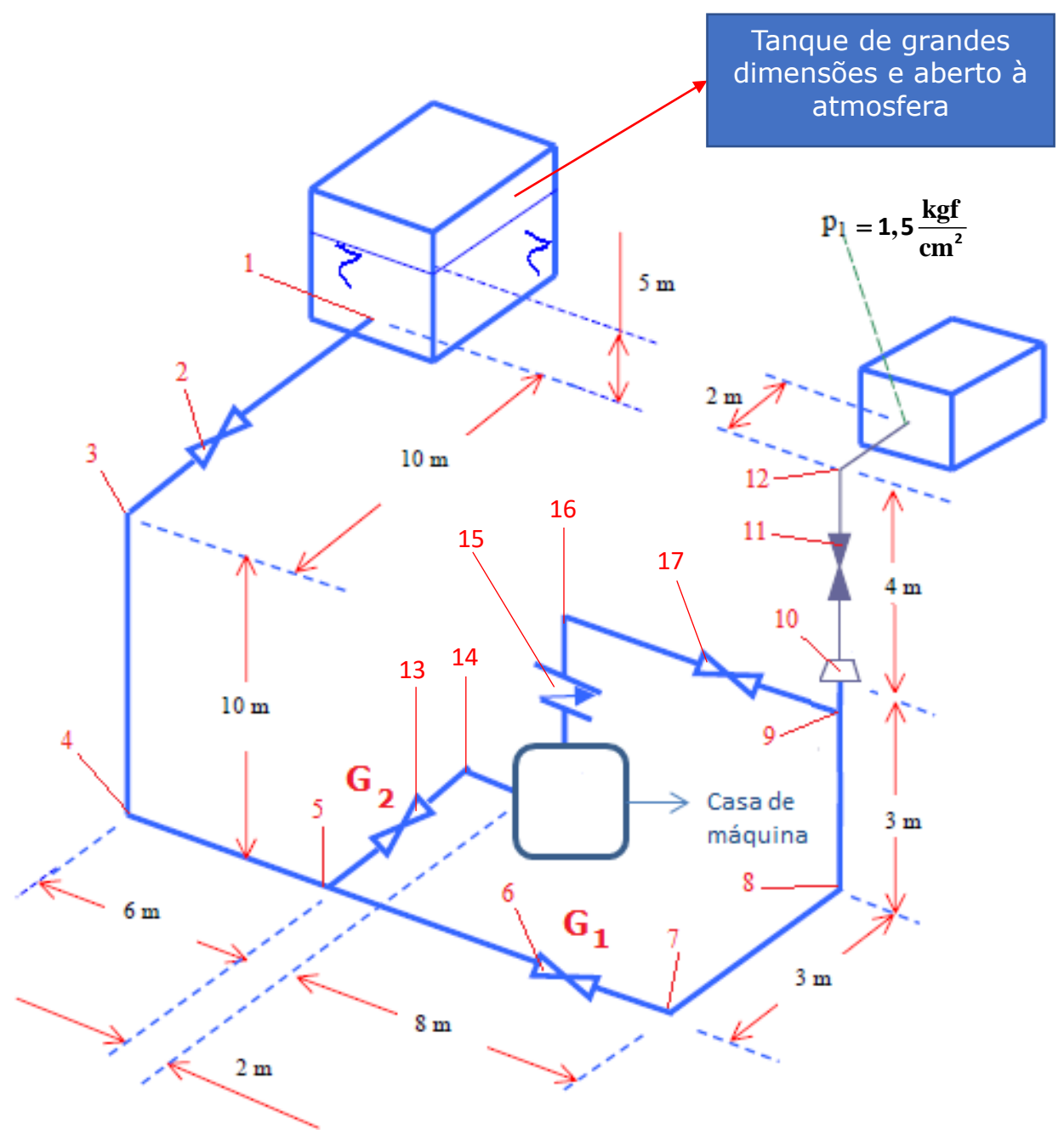
$$\eta_{B_\tau} = -0,081Q^2 + 4,4833Q - 2,3929 = -0,081(23,45)^2 + 4,4833 \times 23,45 - 2,3929 \cong 58,2\%$$

$$N_{B_\tau} = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B_\tau}}{\eta_{B_\tau}} = \frac{997,8 \times 9,8 \times \left(\frac{23,45}{3600}\right) \times 15,32}{0,582} \cong 1676,7\text{W}$$

Praticando a pedagogia da pergunta

$$Q_{\tau} \cong 23,45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow$$

desejamos esta vazão,
mas em queda livre



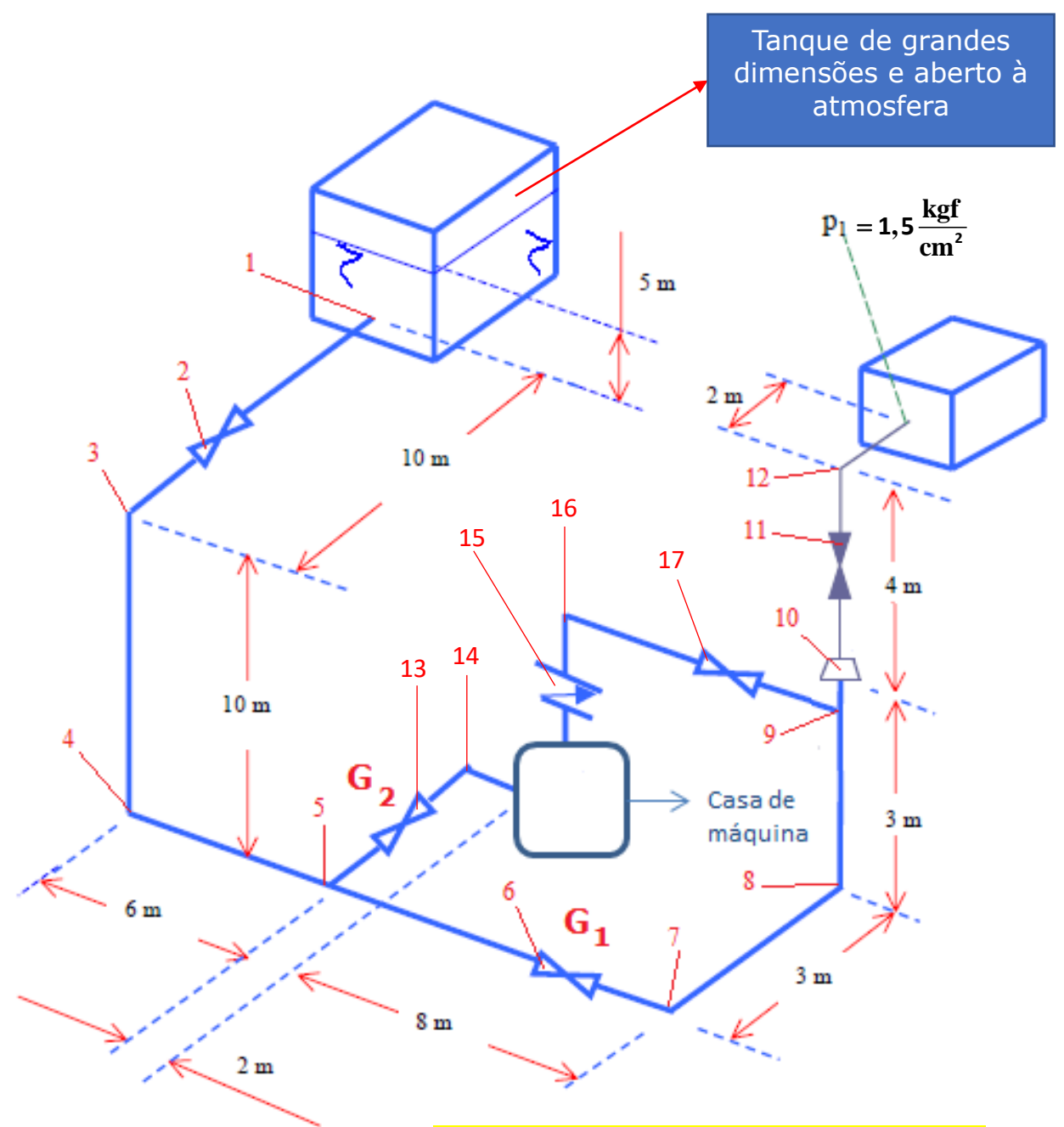
Existem duas possibilidades!

I. Aumentar a cota inicial com G2 fechada e G1 aberta

II. Pressurizar o nível inicial

Pede-se

- Qual é o aumento da cota inicial?
- Qual é a pressão do ar comprimido a ser colocada no nível inicial?



Entrega até 18/04 as 19:00 horas