

# Segunda aula de laboratório de ME5330

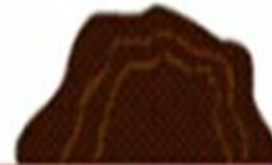
Primeiro semestre de 2014



Precisamos  
praticar a  
certeza que o  
engenheiro  
precisa resolver  
problemas



Considerando a instalação hidráulica da aula de teoria e a equação da CCI, calcule a perda de carga para a tubulação antes da bomba (tubulação de 2") e para a tubulação depois da bomba (tubulação de 1,5") para as vazões de 6,6 m<sup>3</sup>/h e 4,6 m<sup>3</sup>/h.





A grande maioria considerou as expressões abaixo:

$$H_{p_{2''}} = f_{2''} \times 5136769,3 \times Q^2; H_{p_{1,5''}} = f_{1,5''} \times 44741397,6 \times Q^2$$

Os coeficientes de perda de carga distribuída, ou coeficientes de Darcy Weisbach foram calculados pela fórmula de Churchill



$$f = 8 \times \left[ \left( \frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A + B)^{3/2}} \right]^{1/12}$$

$$A = \left\{ -2,457 \times \ln \left[ \left( \frac{7}{\text{Re}} \right)^{0,9} + \frac{0,27 \times K}{D} \right] \right\}^{16} \rightarrow B = \left( \frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$



propriedades do fluido transportado

temp (°C)	$\mu$ (kg/ms)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho v$ (Pa)	$v$ (m <sup>2</sup> /s)
20	1,00E-03	998,2		1,004E-06

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

Q
m <sup>3</sup> /h
6,6

Q
m <sup>3</sup> /h
4,6

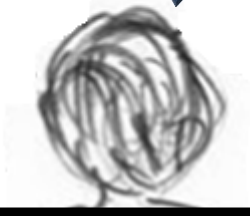
$f_{\text{Churchill}}$
0,0243

$f_{\text{Churchill}}$
0,0257

$$H_{p_{2''}} = 0,0243 \times 5136769,3 \times \left( \frac{6,6}{3600} \right)^2 \cong 0,419\text{m}$$

$$H_{p_{2''}} = 0,0257 \times 5136769,3 \times \left( \frac{4,6}{3600} \right)^2 \cong 0,216\text{m}$$

Portanto a perda diminui com a diminuição da vazão!



propriedades do fluido transportado

temp (°C)		$\mu$ (kg/ms)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho v$ (Pa)	$v$ (m <sup>2</sup> /s)
20		1,00E-03	998,2		1,004E-06

mat. tubo aço			
espessura	Dint (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	
	40,8	13,1	
	K(m)	DH/k	
	4,60E-05	887	

Q
m <sup>3</sup> /h
6,6

Q
m <sup>3</sup> /h
4,6

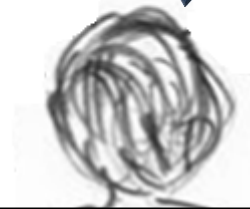
$f_{\text{Churchill}}$
0,0242

$f_{\text{Churchill}}$
0,0253

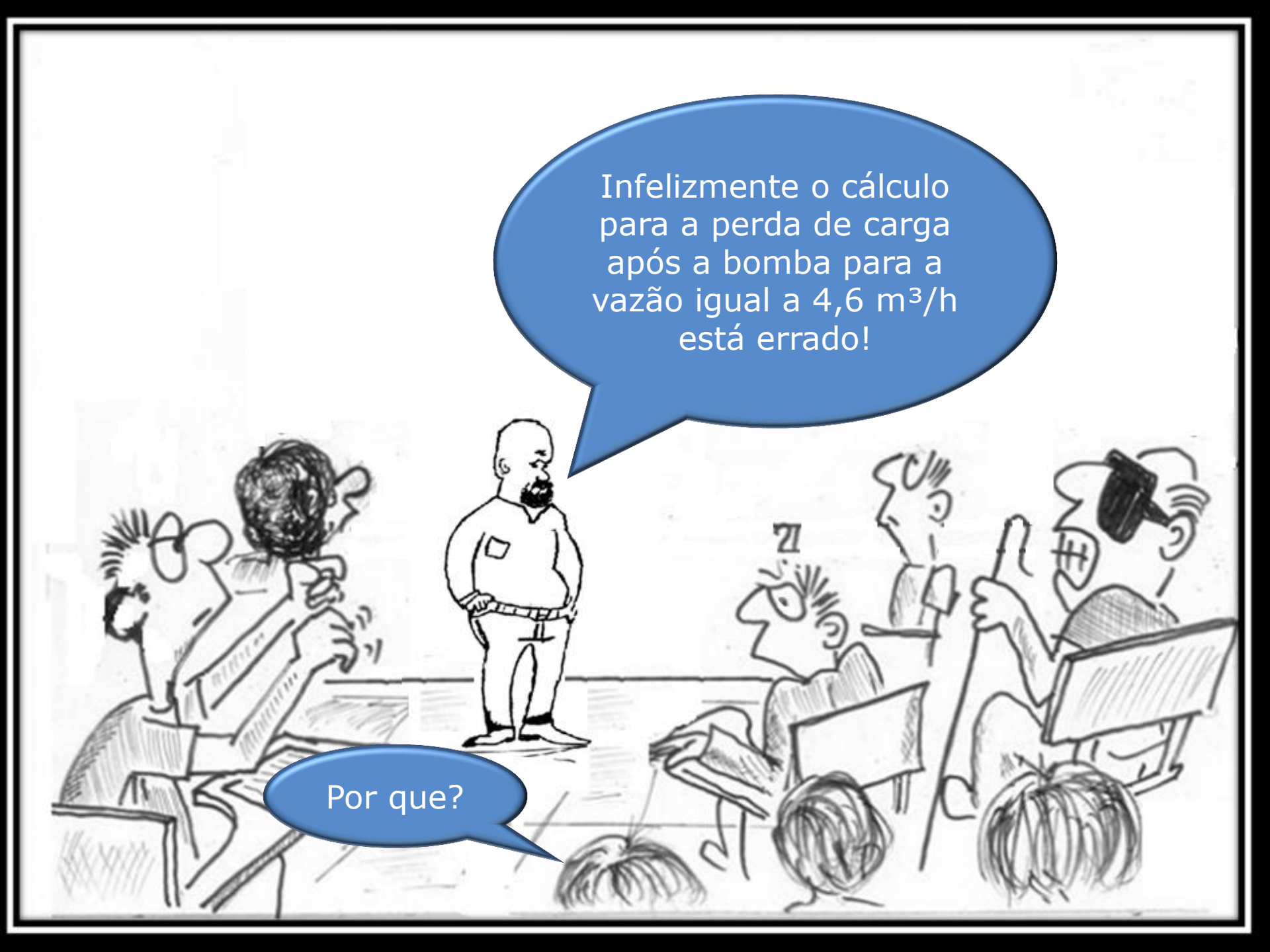
$$H_{p_{1,5''}} = 0,0242 \times 44741397,6 \times \left( \frac{6,6}{3600} \right)^2 \cong 3,7\text{m}$$

$$H_{p_{1,5''}} = 0,0253 \times 44741397,6 \times \left( \frac{4,6}{3600} \right)^2 \cong 1,9\text{m}$$

Portanto a perda diminui com a diminuição da vazão!







Infelizmente o cálculo para a perda de carga após a bomba para a vazão igual a  $4,6 \text{ m}^3/\text{h}$  está errado!

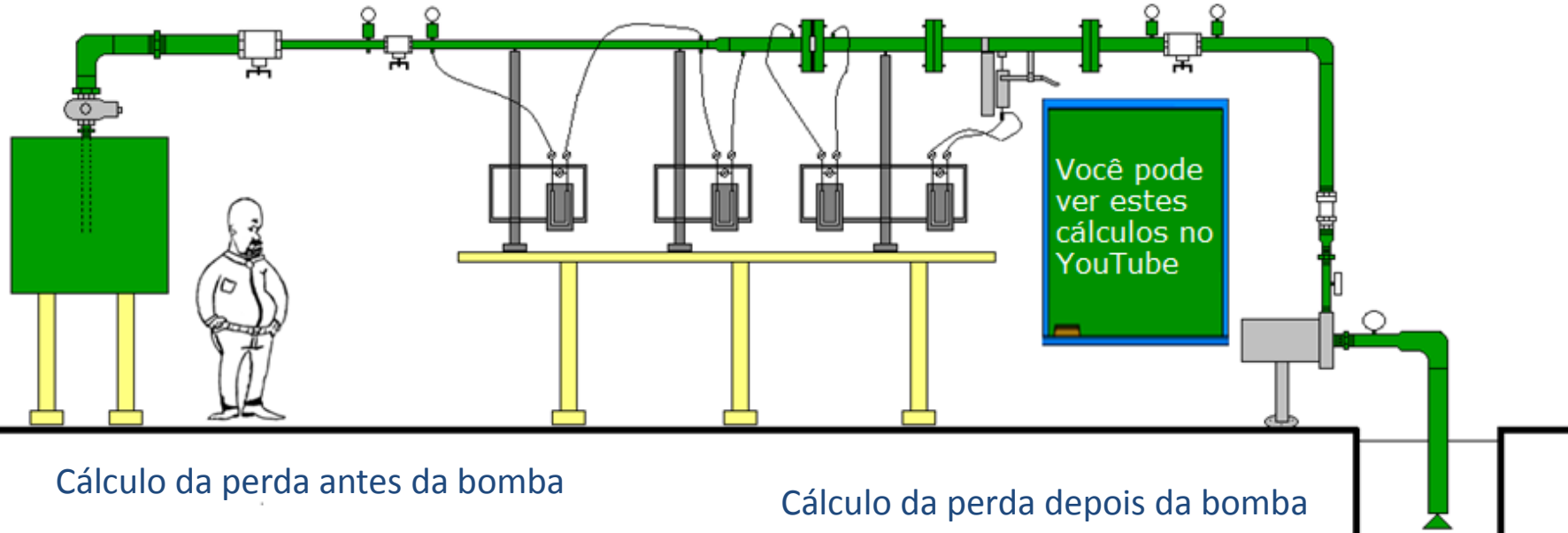
Por que?

Porque a vazão diminuiu com o fechamento parcial da válvula globo e isto faz com que seu comprimento equivalente aumente mais que a vazão diminui, portanto a perda deve aumentar.

Podemos visualizar isto na bancada?



É justamente isto que proponho: calcular as perdas de carga antes e depois da bomba para a vazão máxima e uma vazão menor



Cálculo da perda antes da bomba



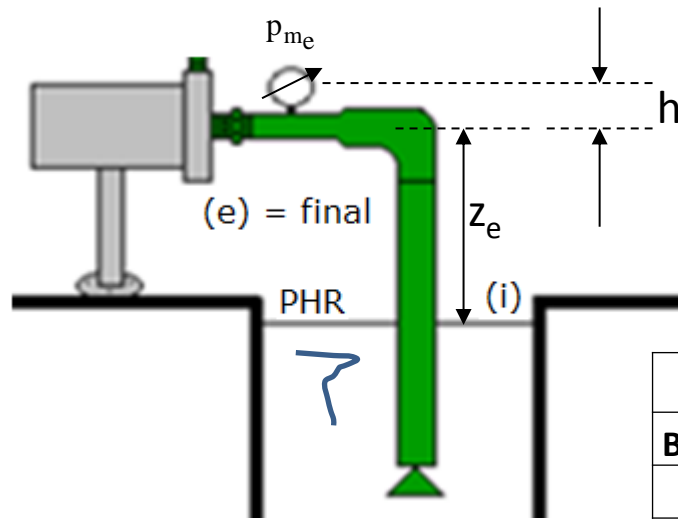
<http://www.youtube.com/watch?v=4mjmlINdBW8>

Cálculo da perda depois da bomba



<http://www.youtube.com/watch?v=59veYGVgEc>

# Cálculo da perda de carga antes da bomba



$$0 = 1,13 + \frac{(-0,190 \times 13600 \times 9,8 + 0,12 \times \gamma)}{\gamma} + \frac{v_e^2}{19,6} + H_{p_{aB}}$$

## Dados para a vazão máxima

Bancada	$Z_e$ (cm)	$P_{me}$ (mmHg)	$h_e$ (cm)	$\Delta h$ (mm)	t (s)
1	113	-190	12	100	19,9

## Válvula globo parcialmente fechada

Bancada	$P_e$ (mmHg)	$\Delta h$ (mm)	t (s)
1	-150	100	25,61

$$D_e = D_{aB} = 40,8\text{mm}$$

$$A_e = 13,1\text{cm}^2$$

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{temperatura} = 78^{\circ}\text{F}$$

reservatório

área

0,5476

$\text{m}^2$

$$t_C = \frac{100}{180} \times (t_F - 32) = \frac{100}{180} \times (78 - 32) \cong 25,56^{\circ}\text{C}$$

$$\rho = 1000 - 0,00178 \times |t_C - 4|^{1,4} = 1000 - 0,01788 \times |25,56 - 4|^{1,7} \therefore \rho \cong 996,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 980,616 - 2,5928 \times \cos 2\varphi + 0,0069 \times (\cos 2\varphi)^2 - 0,3086 \times z$$

$$\text{SBC} \rightarrow \varphi = -23,69389^{\circ} \rightarrow z = 762\text{m}$$

$$g = 980,616 - 2,5928 \times \cos(2 \times -23,69389) + 0,0069 \times (\cos(2 \times -23,69389))^2 - 0,3086 \times 0,762$$

$$g \cong 978,63 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \approx 9,79 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Q_{\text{máx}} = \frac{\Delta h \times A_t}{t} = \frac{0,1 \times 0,5476}{19,9} \cong 2,75 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow v_e = \frac{2,75 \times 10^{-3}}{13,1 \times 10^{-4}} \cong 2,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q' = \frac{\Delta h \times A_t}{t} = \frac{0,1 \times 0,5476}{25,61} \cong 2,14 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow v_e = \frac{2,14 \times 10^{-3}}{13,1 \times 10^{-4}} \cong 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\ln \frac{\mu}{\mu_0} = -1,704 - 5,306 \times \theta + 7,003 \times \theta^2; \theta = \frac{273(\text{K})}{t(\text{K})}; \mu_0 = 1,788 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$$

$$\ln \frac{\mu}{1,788 \times 10^{-3}} = -1,704 - 5,306 \times \left( \frac{273}{25,56 + 273} \right) + 7,003 \times \left( \frac{273}{25,56 + 273} \right)^2 \therefore \mu \cong 8,875 \times 10^{-4} \text{Pa} \times \text{s}$$

Vou calcular Reynolds para a vazão menor ( $Q'$ ), pois se para ela der escoamento turbulento para a máxima também o será!

$$Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{996,7 \times 1,6 \times 0,0408}{8,875 \times 10^{-4}}$$

$$Re \cong 73312,2 \therefore \alpha_e \cong 1,0$$

$$Q_{\max} = 2,75 \frac{L}{s}$$

$$0 = 1,13 + \frac{(-0,190 \times 13600 \times 9,8 + 0,12 \times 996,7 \times 9,8)}{996,7 \times 9,8} + \frac{1 \times 2,1^2}{2 \times 9,8} + H_{paB}$$

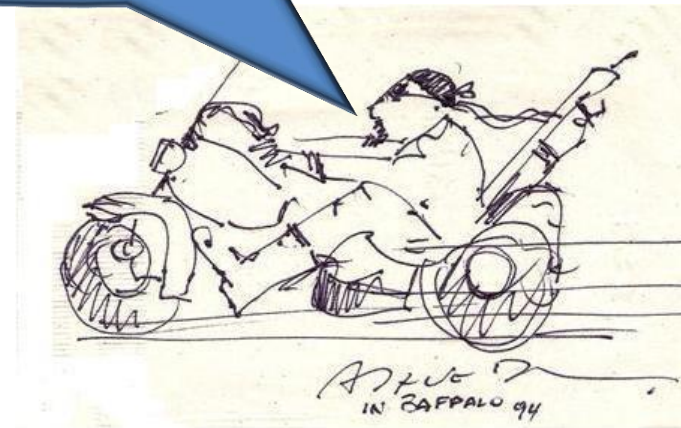
$$H_{paB} \cong 1,12m$$

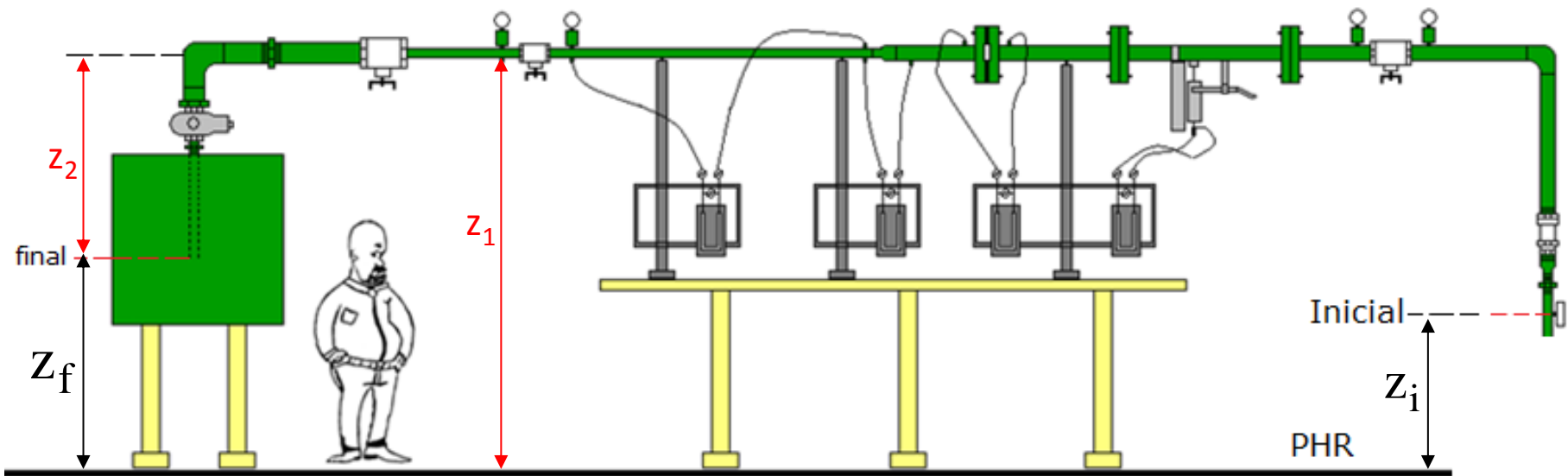
Portanto antes da bomba a perda diminui com a diminuição da vazão!

$$Q_{\max} = 2,14 \frac{L}{s}$$

$$0 = 1,13 + \frac{(-0,150 \times 13600 \times 9,8 + 0,12 \times 996,7 \times 9,8)}{996,7 \times 9,8} + \frac{1 \times 1,6^2}{2 \times 9,8} + H_{paB}$$

$$H_{paB} \cong 0,667m$$





$$H_i = H_f + H_{p_{dB}} \Rightarrow z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{\alpha_i \times v_i^2}{2g} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{\alpha_f \times v_f^2}{2g} + H_{p_{dB}}$$

Dados para a vazão máxima						
Bancada	$P_{ms}$ (kPa)	hs(cm)	$Z_i$ (cm)	$Z_f$ (cm)	$\Delta h$ (mm)	t (s)
1	189	9	101	93	100	19,9

Válvula globo parcialmente fechada			
Bancada	$P_s$ (kPa)	$\Delta h$ (mm)	t (s)
1	220	100	25,61

$$D_{\text{inicial}} = D_{\text{final}} \therefore \alpha_i = \alpha_f; v_i = v_f$$

$$p_f = p_{\text{atm}} = 0$$

$$\therefore H_{\text{pdB}} = (z_i - z_f) + \frac{p_i}{\gamma} = (1,01 - 0,93) + \frac{p_i}{996,7 \times 9,8}$$

$$H_{\text{pdB}} = 0,08 + \frac{p_i}{9767,66}$$

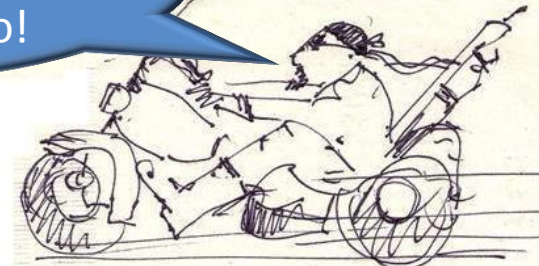
$$Q_{\text{máx}} = 2,75 \frac{\text{L}}{\text{s}} \Rightarrow H_{\text{pdB}} = 0,08 + \frac{189000}{9767,66} \cong 19,5\text{m}$$

$$Q' = 2,14 \frac{\text{L}}{\text{s}} \Rightarrow H_{\text{pdB}} = 0,08 + \frac{220000}{9767,66} \cong 22,6\text{m}$$

Para a bancada em questão temos:

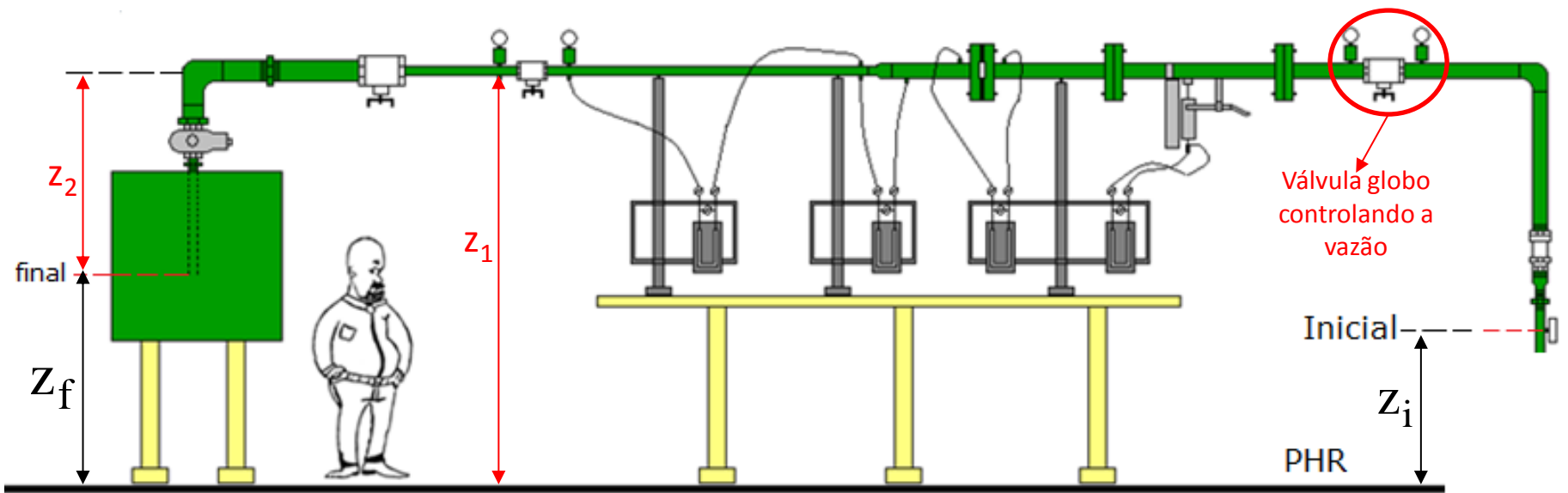
Por que?

Para este trecho a perda aumentou com a diminuição da vazão!



Artista  
IN: RAFFALO 94



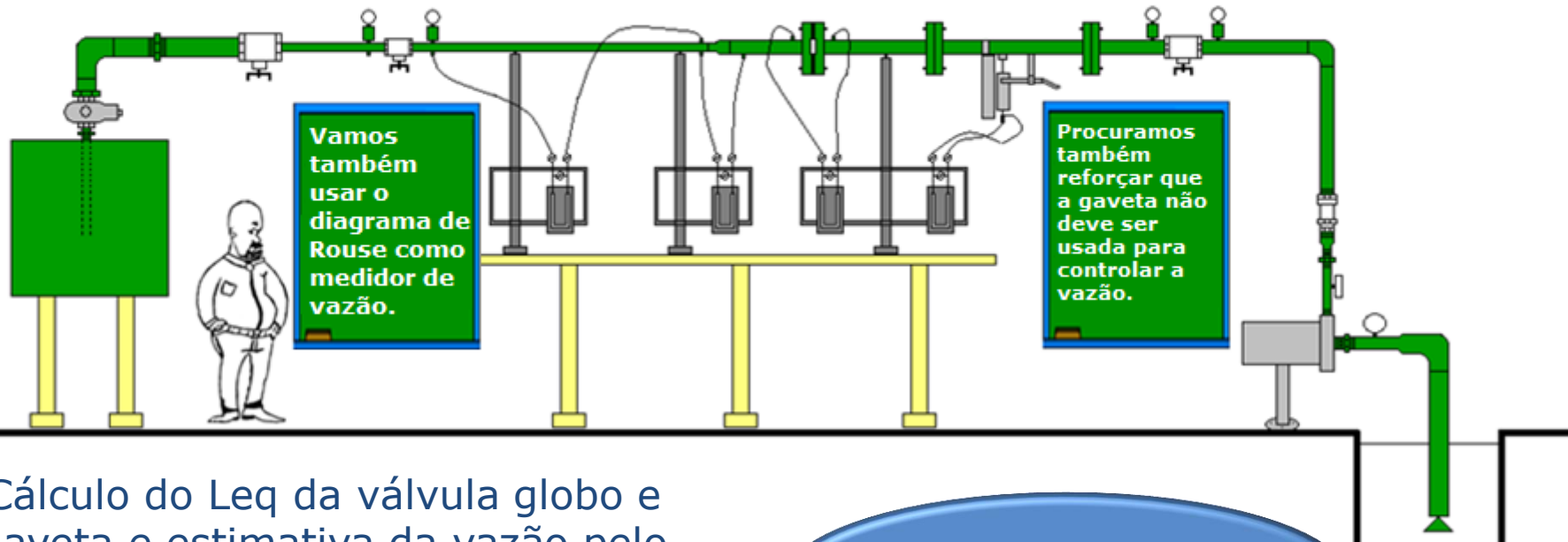


Porque a vazão foi reduzida pelo fechamento parcial da válvula globo e isto faz com que seu comprimento equivalente aumente muito mais que a vazão é reduzida e aí temos o aumento da perda de carga, seria como andar com o carro com o freio de mão puxado.

Gostaria de ver isto na prática!



Será este o objetivo da próxima aula, calcular o comprimento equivalente da válvula globo e da válvula gaveta, ambas totalmente abertas e fechadas parcialmente.




Cálculo do  $Leq$  da válvula globo e gaveta e estimativa da vazão pelo Rouse

Assista aos videos no YouTube.



- 1 - <http://www.youtube.com/watch?v=pbjCMJL-UY4>
- 2 - <http://www.youtube.com/watch?v=kwoCsK3skic>
- 3 - [http://www.youtube.com/watch?v=zEtapfR1\\_Nc](http://www.youtube.com/watch?v=zEtapfR1_Nc)

A black and white cartoon illustration of a classroom. A teacher with a beard and a white shirt stands in the center, looking towards a group of students. The students are seated at desks, some looking at the teacher, some looking at their papers, and one student on the right is wearing sunglasses and holding a pencil. A large blue speech bubble is positioned above the teacher, and a smaller blue speech bubble is positioned below the teacher, both containing text in Portuguese.

Recomendo que vocês assumam o volante da sua formação e para isto é importante se assumirem como estudantes, deixando de lado o comodismo dos alunos.

E como faço isto?

Encare cada atividade proposta como uma pesquisa e a utilize para resolver o problema proposto. No próximo slide menciono, baseado no livro: Introdução à Engenharia, que foi escrito pelos professores Walter A. Bazzo e Luiz T.V. Pereira, a etapas básicas que devem ser seguidas para o seu desenvolvimento.



Beleza!

**Etapas básicas de uma pesquisa**

🚩 Criação do relatório

Conclusão

Discussão dos resultados

Realização do trabalho

Definição do cronograma

Execução do plano de trabalho

Definição dos instrumentos necessários

Enunciado de hipóteses

🚩 Definição do tema

Pesquisa bibliográfica

Delimitação do assunto

Definição dos objetivos

Escolha do título

Justificativa da pesquisa

Formulação do problema

