

Aula 4 de fenômenos de transporte

28/02/2013

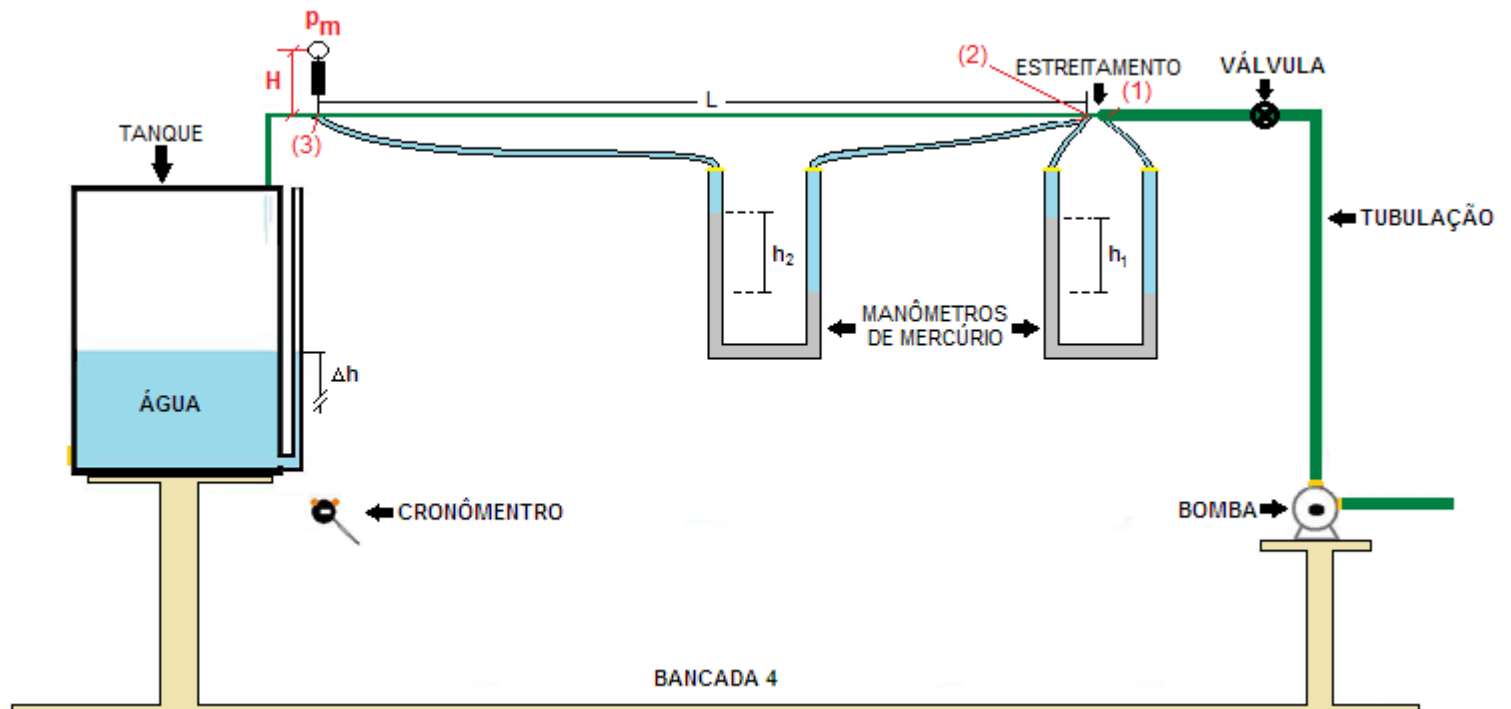


O que vamos
fazer?



Vamos recordar o
exercício realizado na
aula anterior





Na solução dele quais
os conceitos que
foram aplicados?

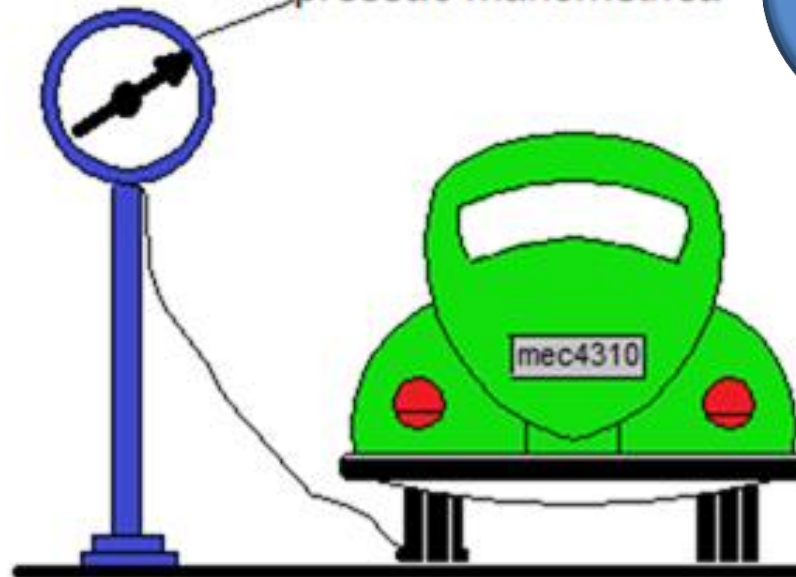


Primeiro aplicamos o conceito de pressão manométrica.

$p_m = p_{int} - p_{ext}$, exemplo :

$$p_m = 30 \frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2} \text{ (ou psi)}$$

pressão manométrica



Pressão manométrica é sinônimo de pressão efetiva!



Vamos aplicar
este conceito
em mais um
exercício:



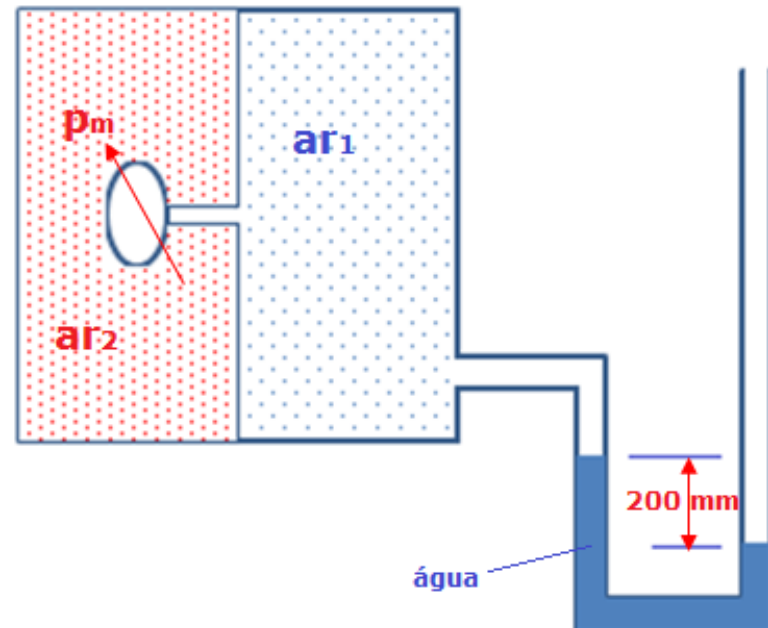
Para o esquema ao lado determine a pressão do ar₂ e analise se a mesma é viável.
Dados:

- massa específica d'água igual a 997 kg/m³;
- massa específica do mercúrio igual a 13600 kg/m³;
- Pressão manométrica igual a 3,0 lbf/pol².

Considere :

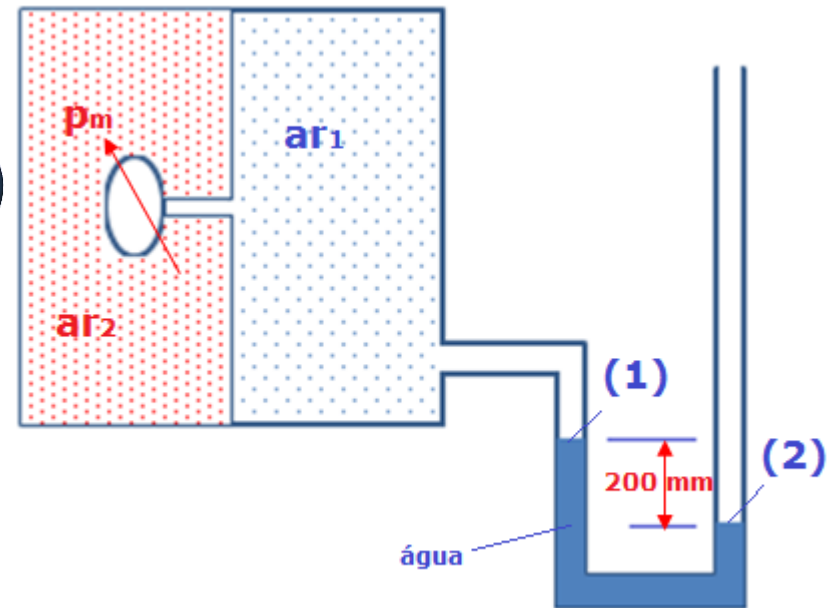
$$14,7 \text{ psi (ou lbf/pol}^2\text{)} = 101234 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{atm}} = 700 \text{ mmHg}$$





Determinando
a pressão do
 ar_2



$$p_m = p_{ar1} - p_{ar2}$$

$$14,7 \frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2} = 191234 \text{Pa} \therefore 3 \frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2} = 20660 \text{Pa}$$

$$p_{ar1} + 0,2 \times 997 \times 9,8 = 0$$

$$p_{ar1} = -1954,1 \text{Pa}$$

$$\therefore 20660 = -1954,1 - p_{ar2}$$

$$p_{ar2} \cong -22614,1 \text{Pa}$$

E é viável?





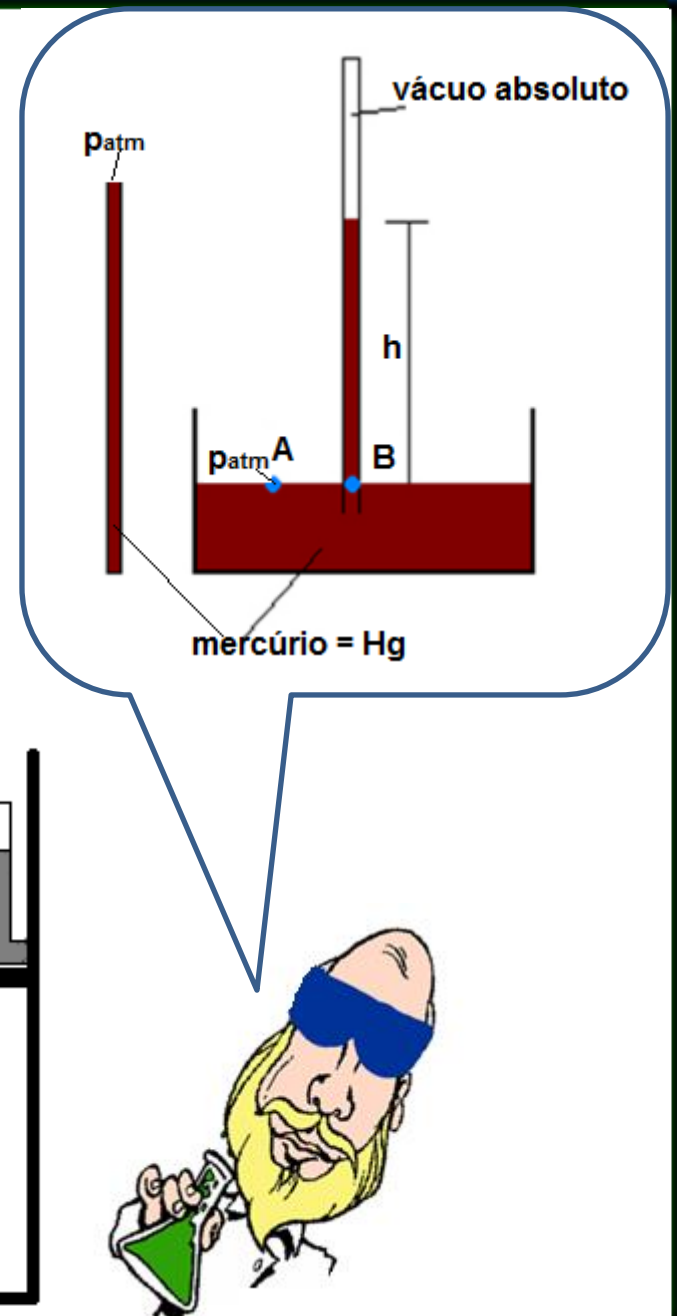
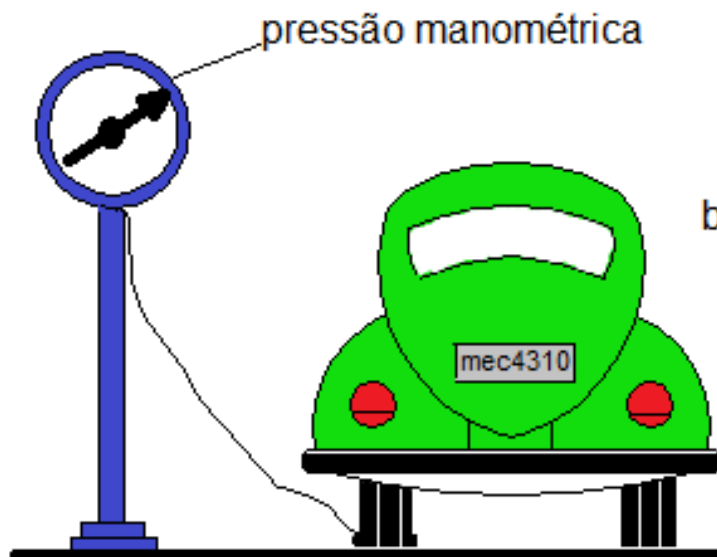
A black and white cartoon illustration of a lecture hall. A professor, a bald man with a beard wearing a white lab coat, stands at the front with his hands on his hips. He is addressing a group of students. On the left, two students are seated at a desk, looking towards the professor. On the right, another student is seated, holding a pointer stick. In the foreground, the backs of several students' heads are visible as they sit in rows of chairs. The professor is speaking, and his words are captured in three blue speech bubbles. The first bubble on the left says 'Vamos falar da pressão manométrica.' The second bubble on the right says 'Para verificar a viabilidade recorreremos ao diagrama comparativo entre escalas!' The third bubble at the bottom center says 'E também a pressão barométrica.'

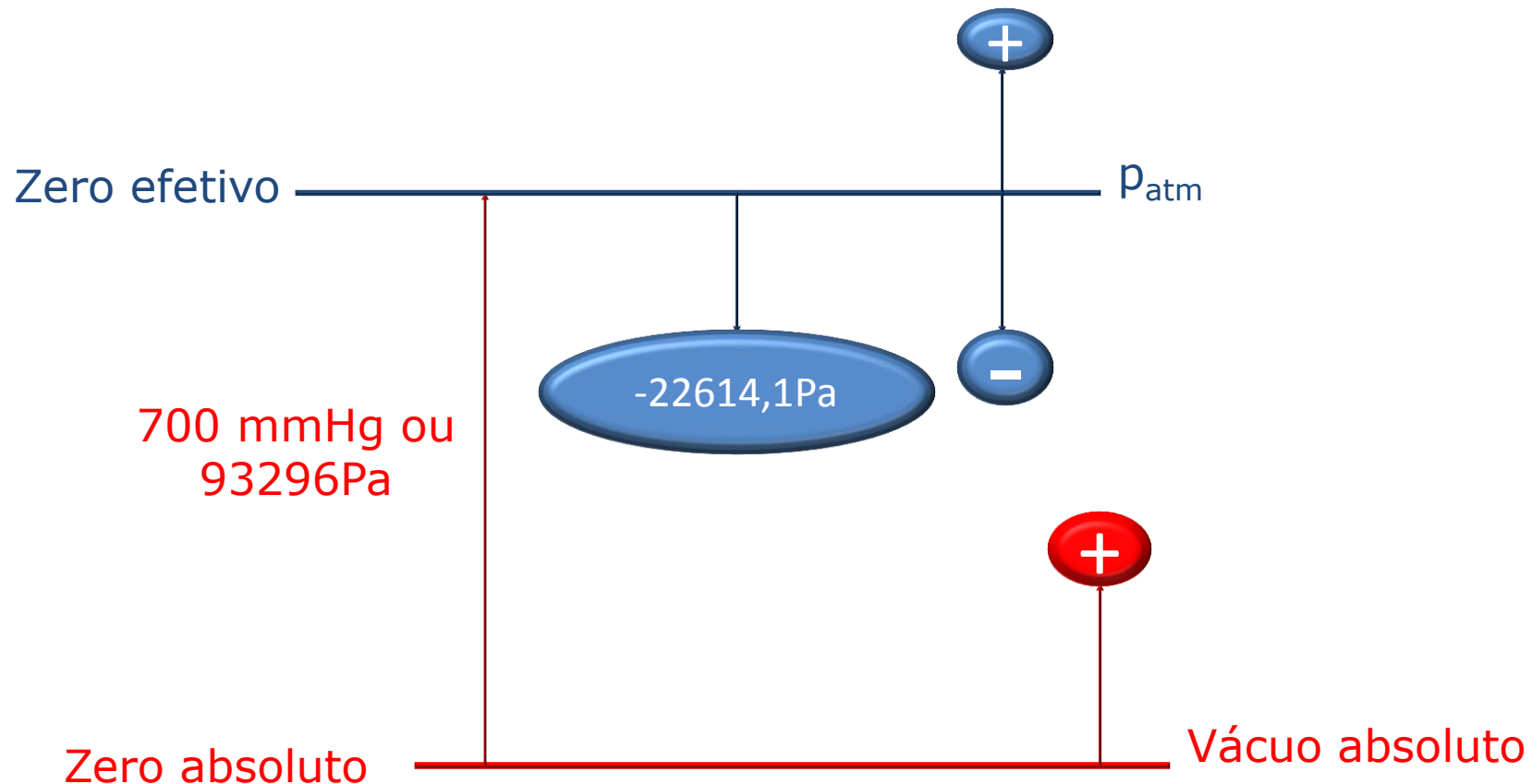
Vamos falar da
pressão
manométrica.

Para verificar a
viabilidade
recorreremos ao
diagrama
comparativo entre
escalas!

E também a
pressão
barométrica.

$$P_{abs} = p + P_{atm}$$





É viável pois está antes do vácuo absoluto!

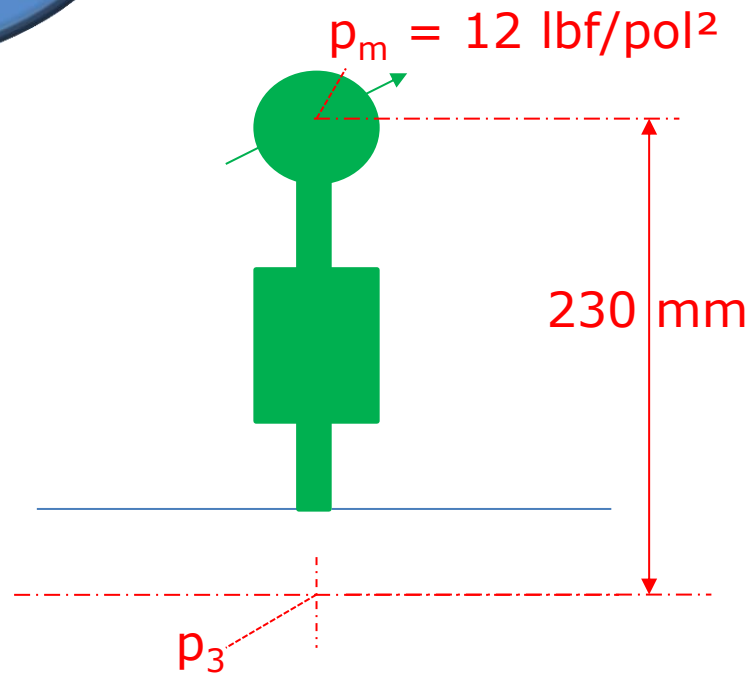


Segundo aplicamos o conceito do teorema de Stevin

$$p_3 - p_m = \gamma_{\text{água}} \times 0,23$$

$$p_3 - \left(\frac{12 \times 101234}{14,7} \right) = 997 \times 9,8 \times 0,23$$

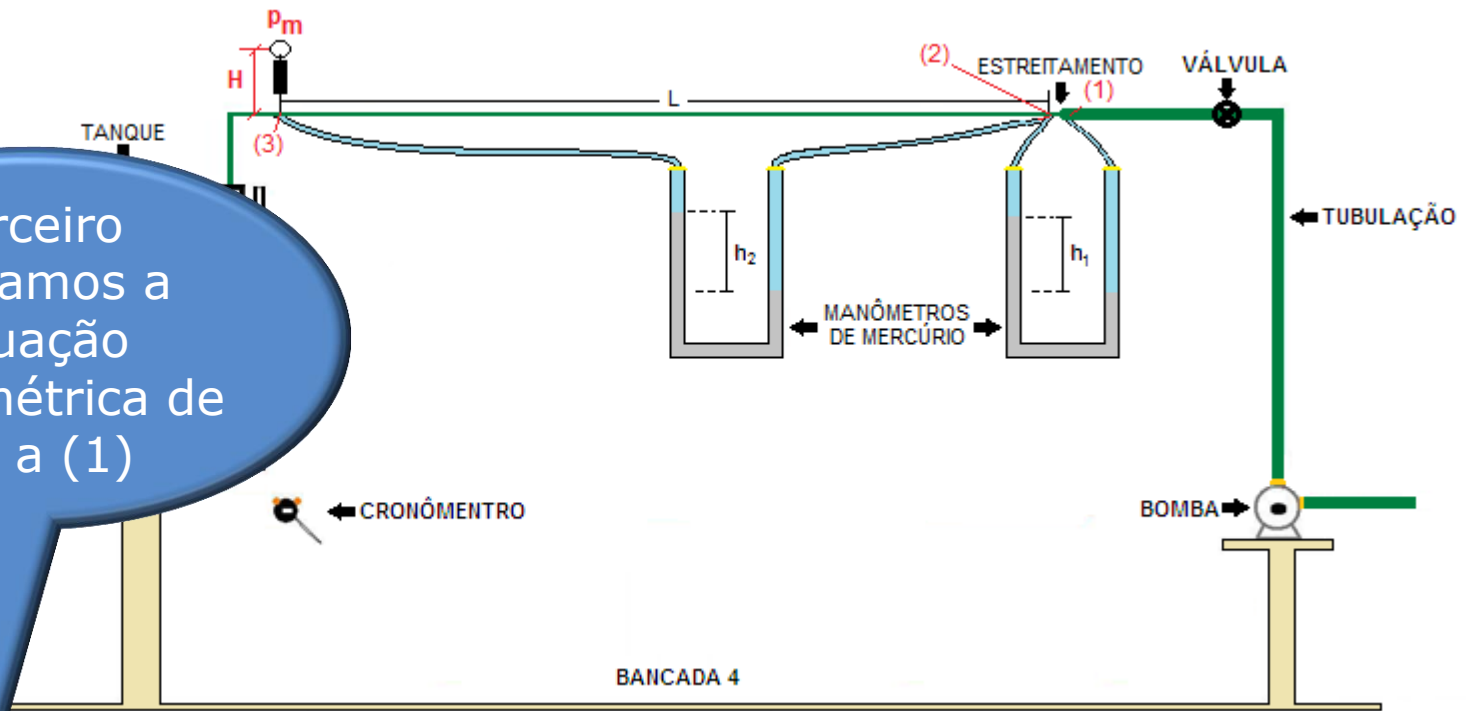
$$\therefore p_3 \cong 84887,24$$



A variação de pressão é igual ao produto do peso específico pela variação de cota.



Terceiro
aplicamos a
equação
manométrica de
(3) a (1)



$$84887,24 + 0,2 \times 9,8 \times 13600 - 0,2 \times 9,8 \times 998,2 + 0,15 \times 9,8 \times 13600 - 0,15 \times 9,8 \times 998,2 = p_1$$

$$\therefore p_1 = 128111,4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (ou Pa)}$$

Teria outra
maneira para
achar a
pressão
anterior?

Tem
sim!



Sim e para isto temos que pensar nas energias mecânicas que seriam observadas em uma seção do escoamento incompressível e em regime permanente.



O que vem a ser escoamento incompressível?



O escoamento é considerado incompressível quando a massa específica do fluido considerado é mantida constante, isto implica que o escoamento é considerado isotérmico (escoamento com temperatura mantida constante).

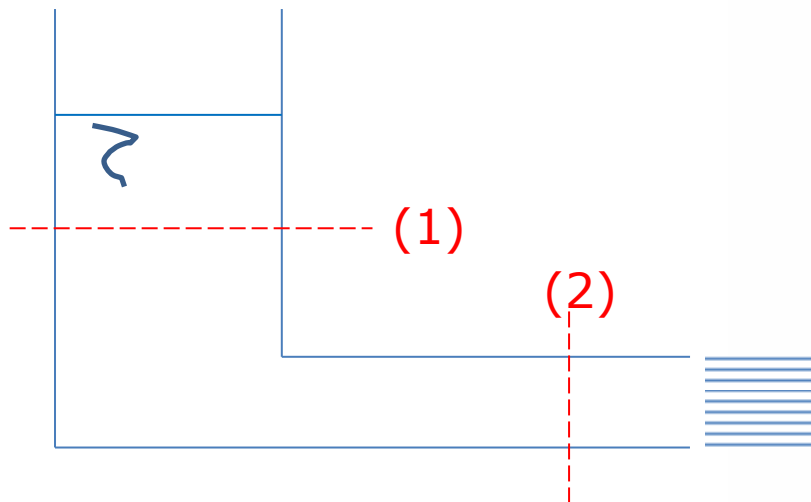
No caso o que acontece com as energias termodinâmicas?

As propriedades termodinâmicas em um escoamento isotérmico são mantidas constantes, portanto no balanço de energia desaparecem.



Daí só nos preocuparmos com as energias mecânicas!

Ok! E o que vem a ser escoamento em regime permanente?



No escoamento em regime permanente as propriedades em (1) são diferentes das propriedades em (2), porém fixando uma seção, por exemplo (1), as propriedades nela não mudam com o tempo, portanto para que isto ocorra o nível do reservatório tem que ser mantido constante.



Beleza e quais
seriam as
energias
mecânicas que
iremos
considerar?

Esta condição de regime
permanente simplifica
muito os estudos, isto
porque deixa de se ter a
necessidade de
trabalhar com equações
diferenciais.



Considerando uma seção (x),
temos:

1. ENERGIA POTENCIAL DE POSIÇÃO: mgz , onde m = massa; g = aceleração da gravidade e z = cota em relação a um plano horizontal de referência (PHR), no caso de tubulações SEMPRE definimos o z em relação ao eixo da mesma.
2. ENERGIA POTENCIAL DE PRESSÃO = $Gxh = g \times (p/\gamma)$.
3. ENERGIA CINÉTICA = $mv^2/2$



Portanto na
seção (x) a
energia
mecânica total
será:

$$E_{\text{total}_x} = m \times g \times z_x + G \times \frac{p_x}{\gamma} + \frac{m \times v_x^2}{2}$$

No SI qual seria a
unidade da energia?





Quem enxerga o
Joule?

$$[\text{energia}] = N \times m = J(\text{joule})$$



Como praticamente
ninguém enxerga o Joule,
consideramos a energia
por unidade de peso e isto
introduz um novo
conceito, o de CARGA, que
é a energia por unidade de
peso.



Portanto:

$$\frac{m \times g \times z}{G} = \frac{m \times g \times z}{m \times g} = z \rightarrow \text{carga potencial de posição}$$

$$\frac{G \times \frac{p}{\gamma}}{G} = \frac{p}{\gamma} \rightarrow \text{carga de pressão}$$

$$\frac{\frac{m \times v^2}{2}}{G} = \frac{m \times v^2}{2} \times \frac{1}{m \times g} = \frac{v^2}{2g} \rightarrow \text{carga cinética}$$

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \rightarrow \text{carga total}$$



A velocidade considerada na carga cinética é a velocidade média do escoamento!

E como achamos a velocidade média do escoamento (v)?



Vamos recorrer a
uma fórmula que
jamais
esqueceremos!

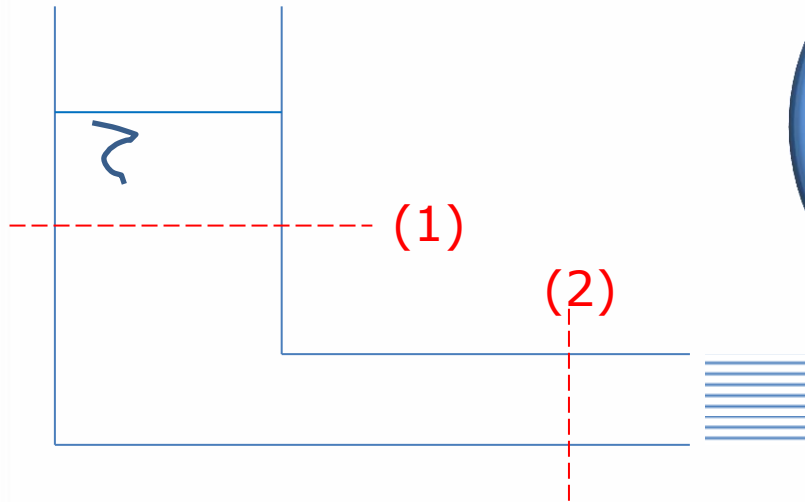
Mas eu só vou com a
velocidade média!

$$Q = v \times A$$

"O ALEMÃO QUE
VÁ"



A equação da energia estabelece um balanço de carga entre duas seções do escoamento.



$$H_1 = H_2 + H_{p1-2}$$

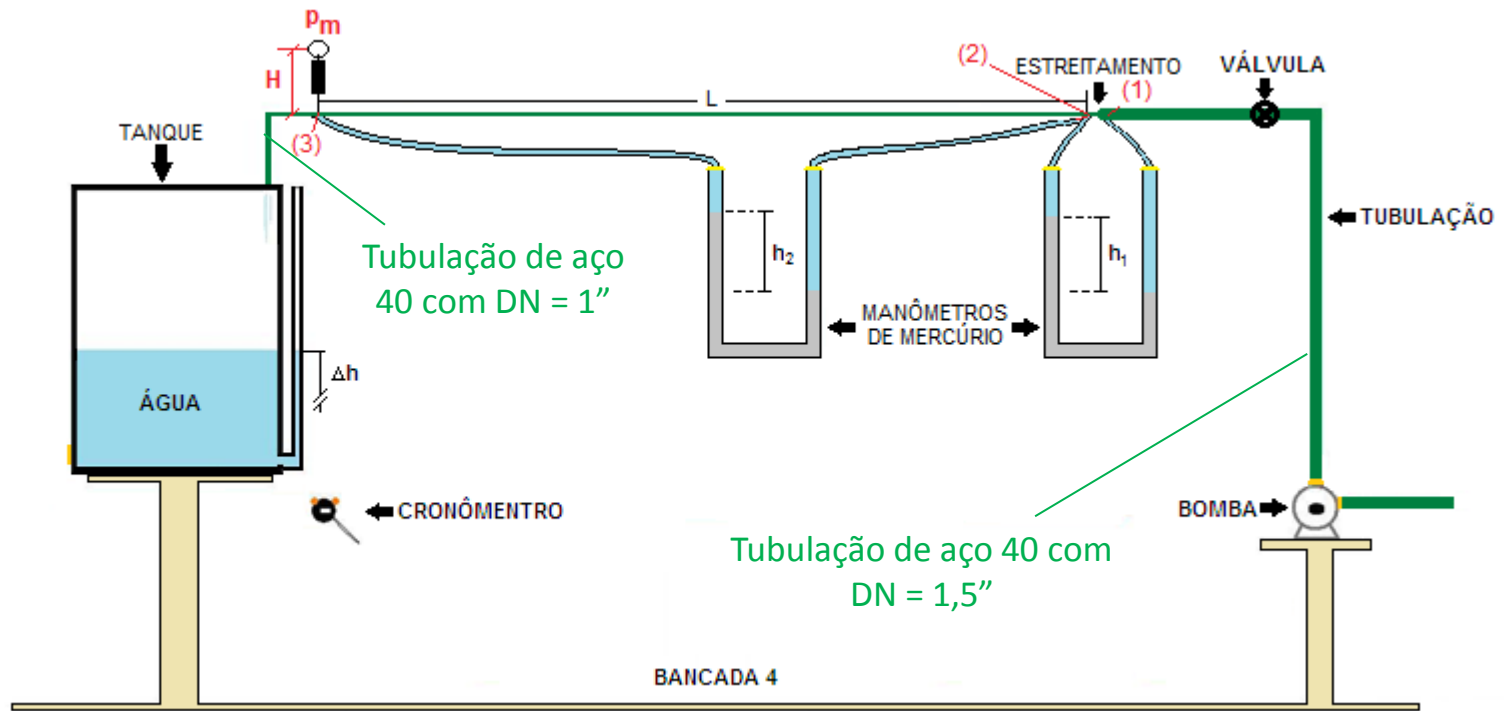
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + H_{p1-2}$$

Perda de carga



Consideramos que a perda de carga é originada pelo atrito do fluido com a parede interna da tubulação, com o próprio fluido, na presença de acessórios hidráulicos e na mudança de área e sentido de escoamento.





Vamos observar os dados para a instalação



$$A_{\text{tan que}} = 0,74 \times 0,74 = 0,5476 \text{m}^2$$

$$\Delta h = 100 \text{mm}$$

$$t = 20,9 \text{s}$$

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

$$H_{p1-3} = 3,495622835 \text{m}$$

$$\rho_{\text{água}} = 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

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

$$D_N = 1'' \Rightarrow \begin{cases} D_{\text{int}} = 26,6\text{mm} \\ A = 5,57\text{cm}^2 \end{cases}$$

$$D_N = 1,5'' \Rightarrow \begin{cases} D_{\text{int}} = 40,8\text{mm} \\ A = 13,1\text{cm}^2 \end{cases}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t} = \frac{0,1 \times 0,74^2}{20,9} \cong 2,62 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$v_1 = \frac{2,62 \times 10^{-3}}{13,1 \times 10^{-4}} \cong 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = \frac{2,62 \times 10^{-3}}{5,57 \times 10^{-4}} \cong 4,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Obtendo a
pressão p_1



Adotando o PHR
no eixo da
tubulação, temos:

$$H_1 = 0 + \frac{p_1}{998,2 \times 9,8} + \frac{2^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_3 = 0 + \frac{84887,24}{998,2 \times 9,8} + \frac{4,7^2}{2 \times 9,8}$$

$$\frac{p_1}{998,2 \times 9,8} + \frac{2^2}{2 \times 9,8} = \frac{84887,24}{998,2 \times 9,8} + \frac{4,7^2}{2 \times 9,8} + 3,495622835$$

$$p_1 = 128111,4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (ou Pa)}$$

E deu a mesma
coisa!

Sim e lembrem que a equação manométrica deve ser usada quando o fluido está em repouso e a equação da energia quando o fluido está em movimento!

E a estas equações agregamos O ALEMÃO
 $Q = vA$

Vamos fazer mais alguns exercícios!



Exercícios

1. Sabendo que a aceleração da gravidade depende da latitude e da altitude conforme mostra a equação a seguir, calcule a mesma em Cotia.

Dado:

$$z = 762\text{m (altitude)}$$

$$\varphi = -23,69389^{\circ}$$

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

$[z] \rightarrow$ utilizado em km

Solução:

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

$$g \cong 978,63 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \approx 978,7 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

2. Calcular a vazão de um fluido que escoar por um tubo com velocidade média de 1,4 m/s sabendo que seu diâmetro interno é igual a 52,5 mm.

Solução:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,0525^2}{4} \cong 2,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q = v \times A = 1,4 \times 2,17 \times 10^{-3} \cong 3,03 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3. Calcule a massa específica da água a 30°C sendo dado:

$$\rho = 1000 - 0,01788 \times |\text{temperatura em } ^\circ\text{C} - 4|^{1,7}$$

$$[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Solução:

$$\rho = 1000 - 0,01788 \times |30 - 4|^{1,7}$$

$$\rho \cong 995,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

EXTRA:

Para a próxima semana
calcule a aceleração da
gravidade em Cotia.

