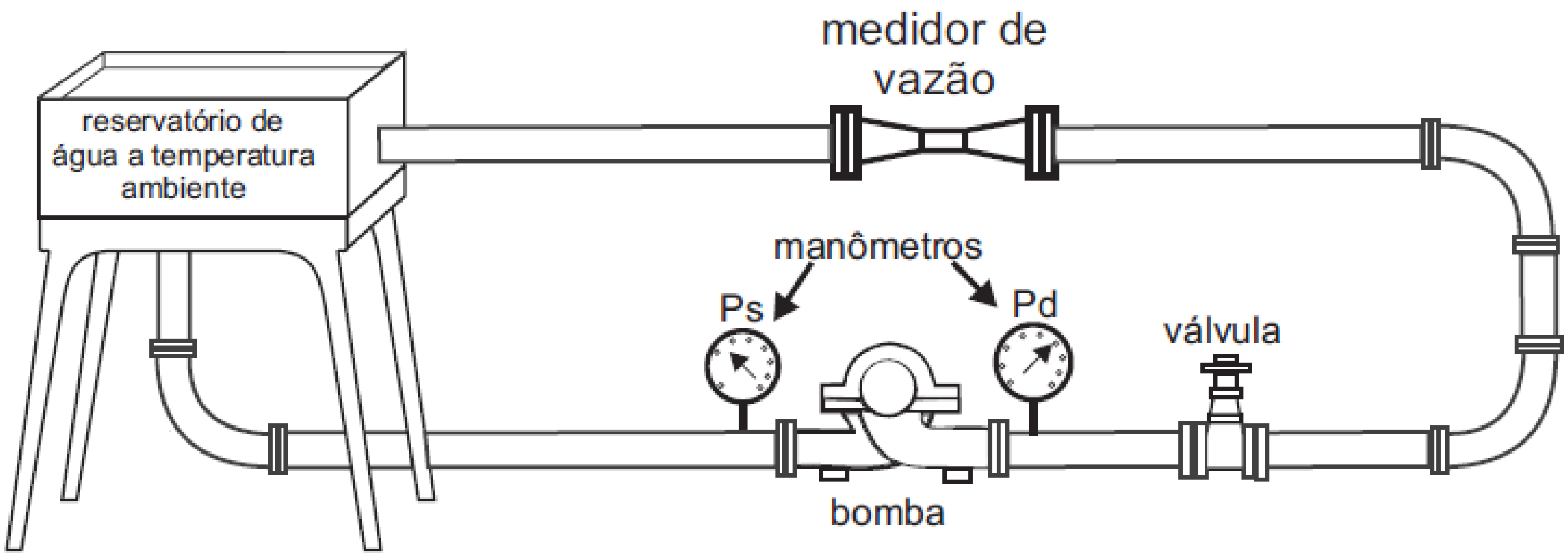
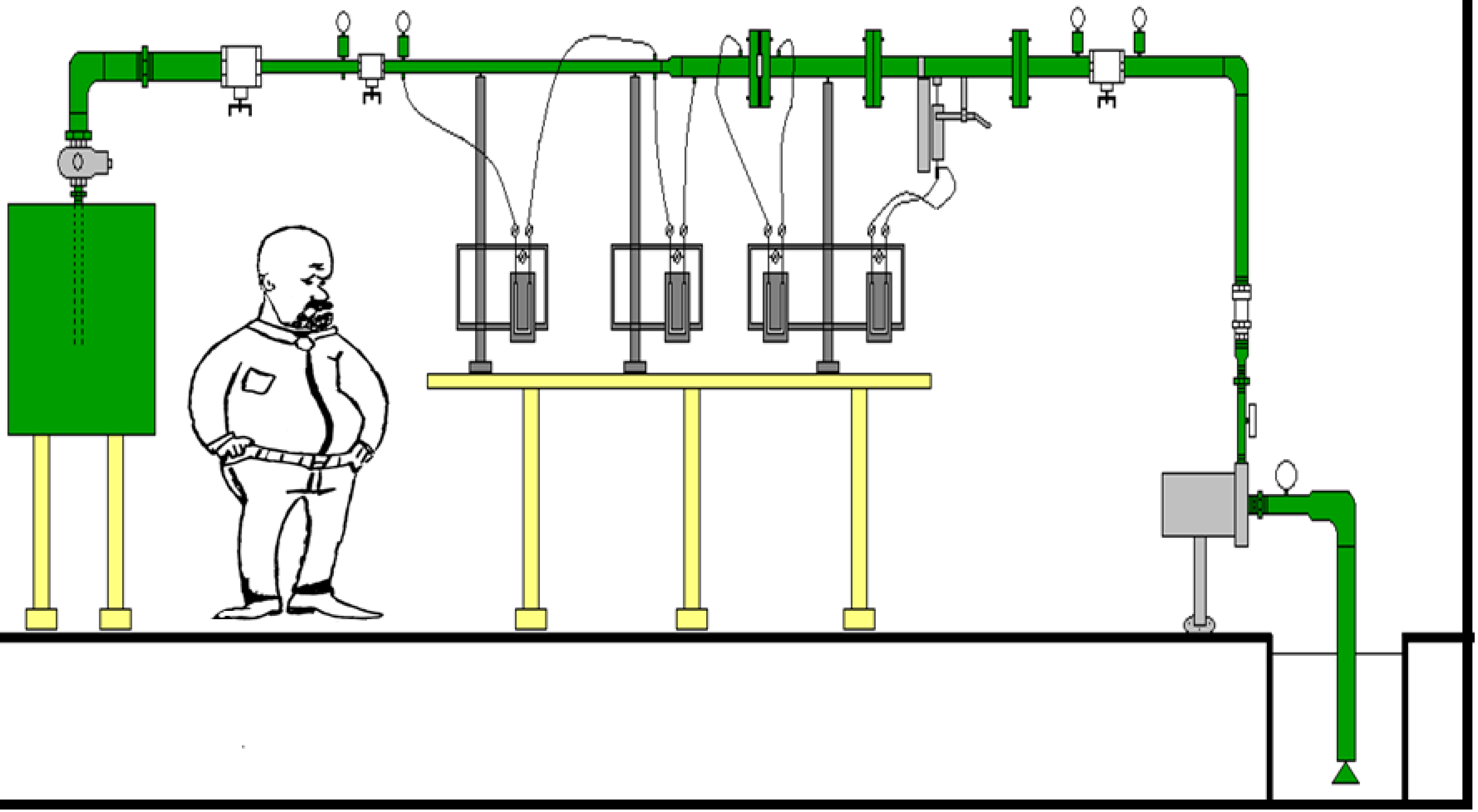
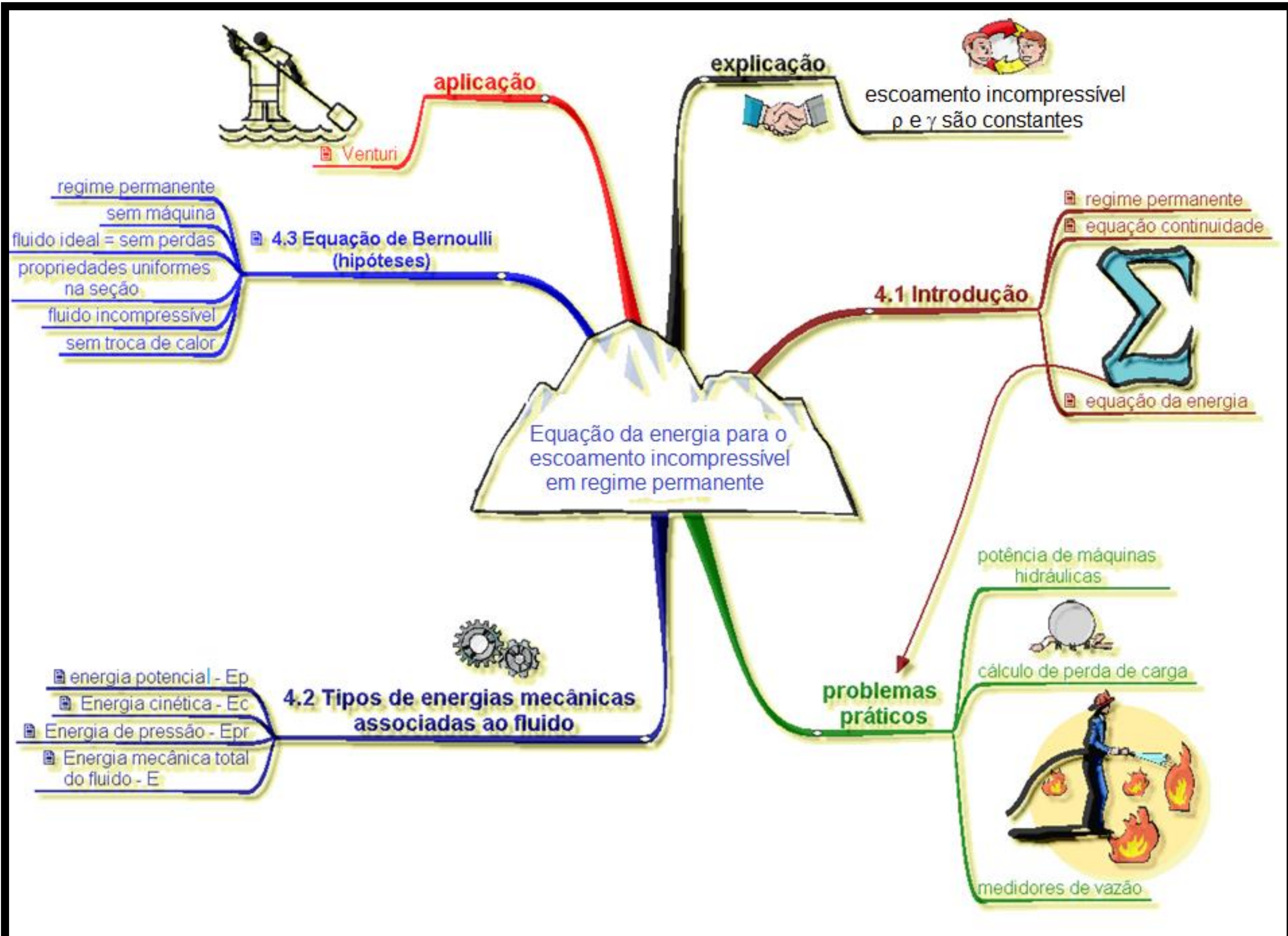
Décima terceira aula de FT

Segundo semestre de 2014



Vamos a partir deste ponto iniciar o estudo do capítulo 4: equação da energia para um escoamento incompressível em regime permanente




Equação da energia para o escoamento incompressível em regime permanente
aplicação
Venturi
explicação
escoamento incompressível
ρ e γ são constantes
4.1 Introdução
regime permanente
equação continuidade
equação da energia
4.3 Equação de Bernoulli (hipóteses)
regime permanente
sem máquina
fluido ideal = sem perdas
propriedades uniformes na seção
fluido incompressível
sem troca de calor
4.2 Tipos de energias mecânicas associadas ao fluido
energia potencial - Ep
Energia cinética - Ec
Energia de pressão - Epr
Energia mecânica total do fluido - E
problemas práticos
potência de máquinas hidráulicas
cálculo de perda de carga
medidores de vazão

Capítulo 4: Equação da energia para um escoamento em regime permanente

4.1 – Introdução

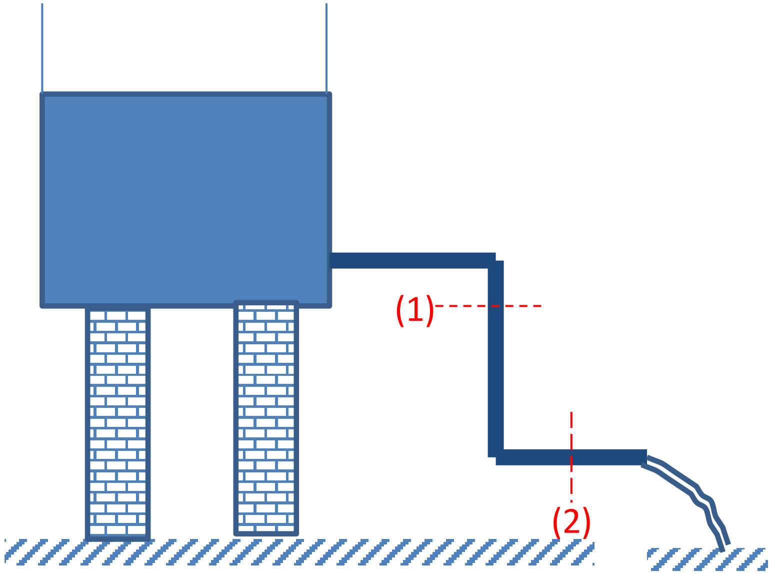
Evocando o conceito de regime permanente para a instalação a seguir, podemos afirmar que não existe acúmulo nem falta de massa entre as seções (1) e (2), portanto a massa que entra em (1), m_1, é igual a massa que saí em (2), m_2, portanto:

$$m_1 = m_2 = cte \rightarrow \div t:$$

$$\frac{m_1}{t} = \frac{m_2}{t} = cte \therefore Q_{m_1} = Q_{m_2} = cte$$

$$\rho_1 \times Q_1 = \rho_2 \times Q_2 = cte$$

$$\rho_1 \times v_1 \times A_1 = \rho_2 \times v_2 \times A_2 = cte$$



Como no nosso curso só estudaremos o escoamento considerado incompressível, ou seja, aquele que a massa específica e o peso específico permanece constante, temos:

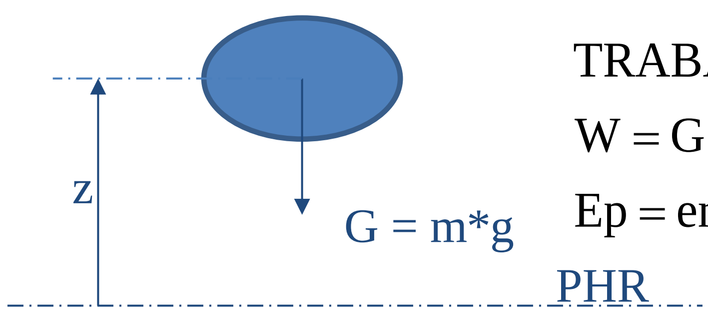
$$\rho_1 = \rho_2 = cte \Rightarrow v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2 = cte$$

Por outro lado, sabemos que está associado ao deslocamento de massa um deslocamento de energias e no capítulo 4 estudamos o balanço destas energias entre duas seções do escoamento, onde sabemos que a energia não pode ser criada, nem tão pouco destruída, mas simplesmente transformada.

O balanço de massa (equação da continuidade) associado ao balanço de energia (equação da energia) permite resolver inúmeros problemas práticos, tais como: transformações de energias, determinação de perdas ao longo do escoamento, determinação de potências de máquinas hidráulicas, etc. …

4.2 – Tipos de energias mecânicas associadas a um fluido

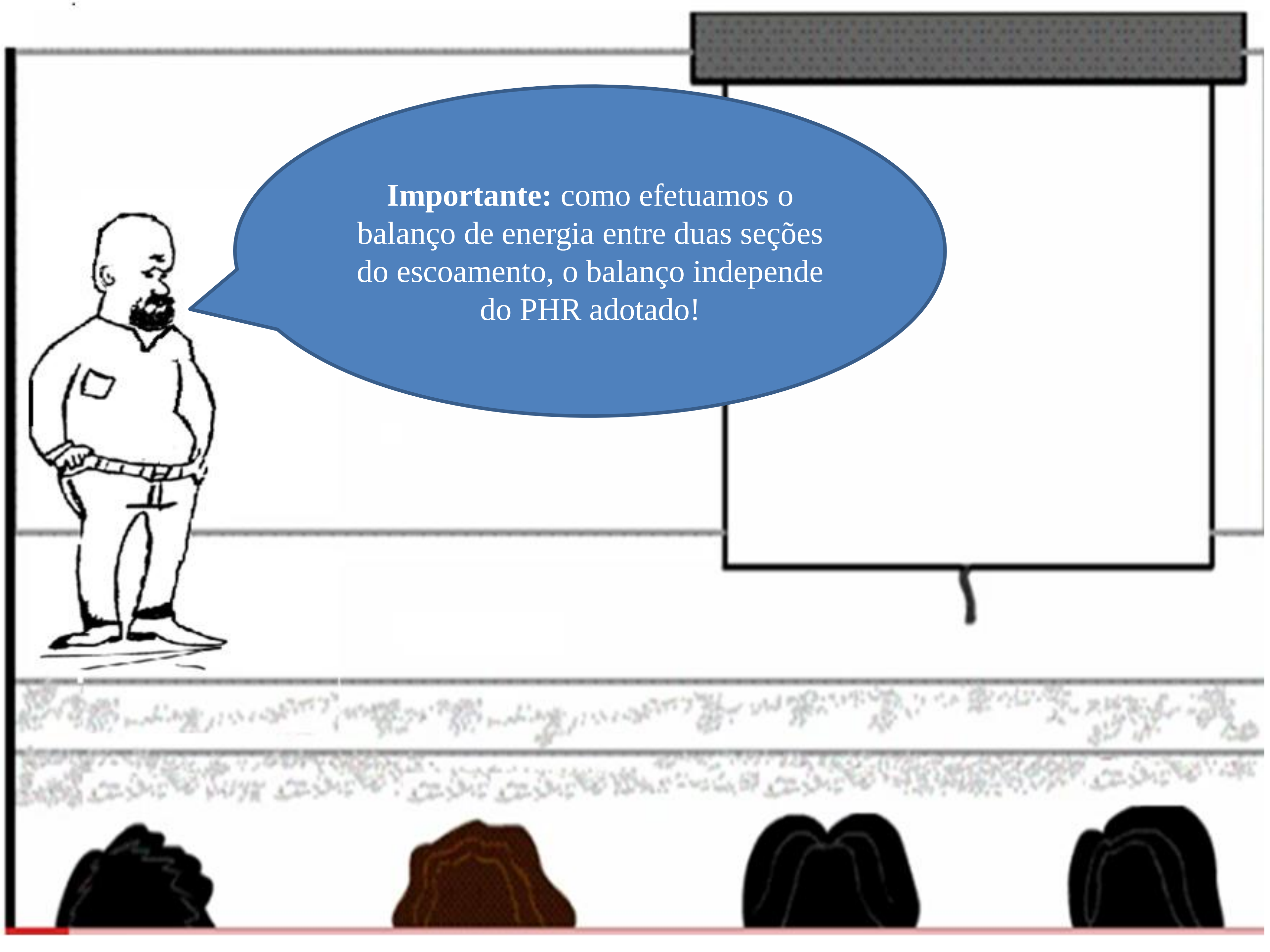
a. Energia potencial (Ep) – é a energia do fluido devido à sua posição no campo da gravidade em relação a um plano horizontal de referência (PHR); esta energia é medida pelo potencial de realização de trabalho do fluido.



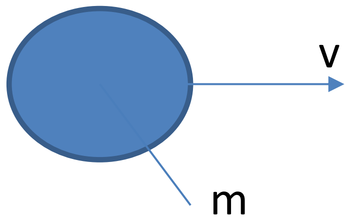
$$\text{TRABALHO} = \text{FORÇA} \times \text{DESLOCAMENTO}$$

$$W = G \times z = m \times g \times z = Ep$$

$$Ep = \text{energia potencial de posição}$$

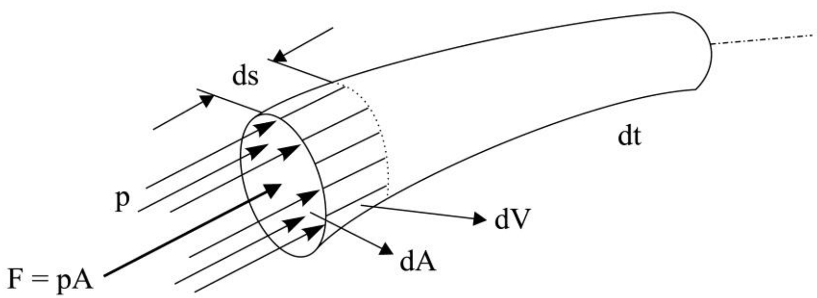

Importante: como efetuamos o balanço de energia entre duas seções do escoamento, o balanço independe do PHR adotado!

b. Energia cinética (Ec) – é o estado da energia determinado pelo movimento do fluido.



$$Ec = \frac{m \times v^2}{2}$$

c. Energia de pressão (Epr) – corresponde ao trabalho potencial das forças de pressão que atuam no escoamento do fluido.



$$dw = Fds = pAds = pdV$$

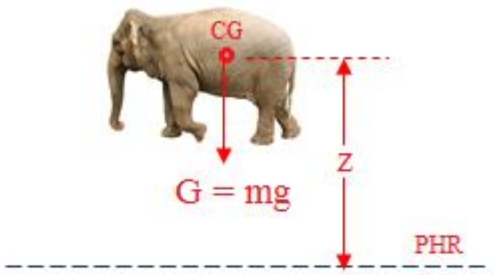
$$dw = dE_{pr}$$

$$dE_{pr} = pdV \therefore E_{pr} = \int_V pdV$$

Considerando p constante:

$$E_{pr} = \int_V pdV = p\int_V dV = p \times \frac{G}{\gamma}$$

Resumindo



ENERGIA POTENCIAL

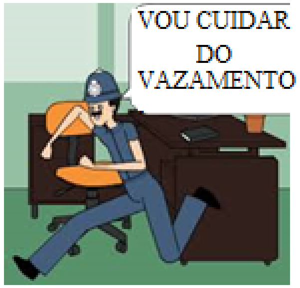
$$EPPo = m \times g \times z$$

ENERGIA CINÉTICA

$$Ec = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

ENERGIA POTENCIAL DE PRESSÃO

$$EP\,Pr = G \times h = G \times \frac{p}{\gamma}$$



Trabalhando no SI

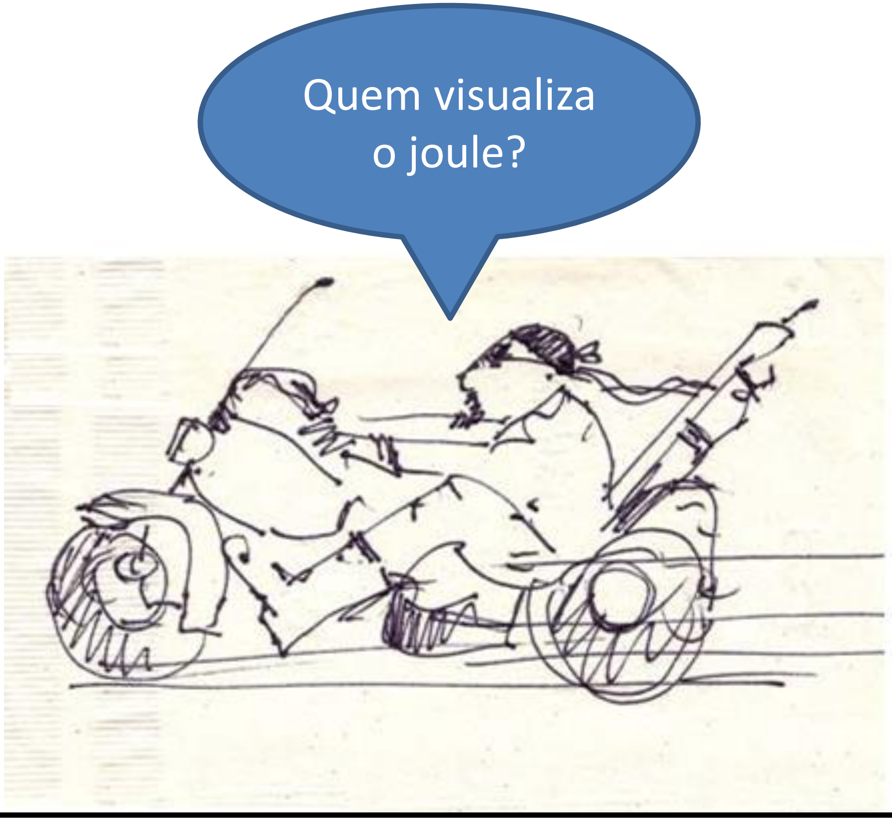
$$[E] = [mgz] + \left[\frac{mv^2}{2}\right] + \left[p\frac{G}{\gamma}\right]$$

$$[E] = J$$

$$[mgz] = J$$

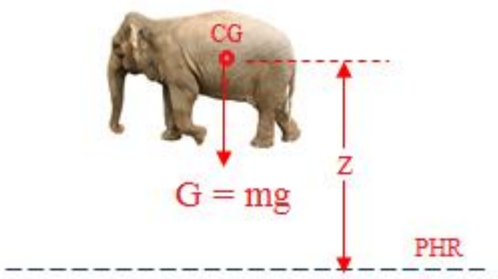
$$\left[\frac{mv^2}{2}\right] = J$$

$$\left[p\frac{G}{\gamma}\right] = J$$



Para eliminar a dificuldade de visualização anterior, iremos considerar a energia por unidade de peso e isto define o que denominamos de carga total (H), carga potencial, carga cinética e carga de pressão , respectivamente, onde a unidade será uma unidade de comprimento.

Passamos a ter:



CARGA POTENCIAL

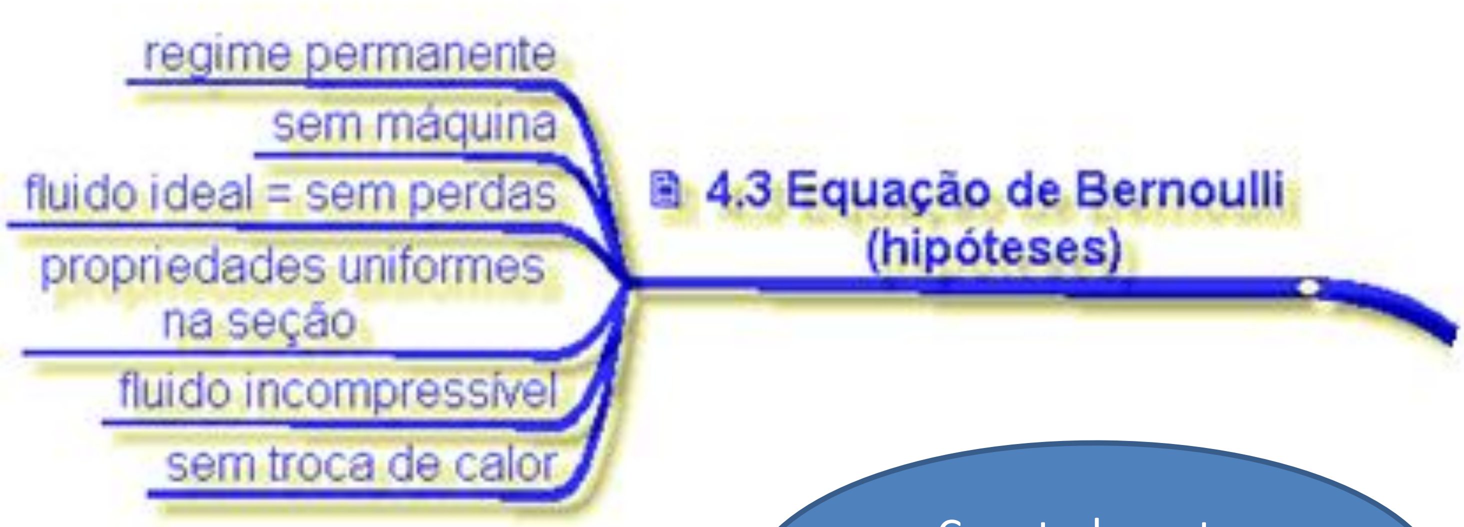
$$\frac{EPPo}{G} = \frac{m \times g \times z}{m \times g} = z$$

CARGA DE PRESSÃO

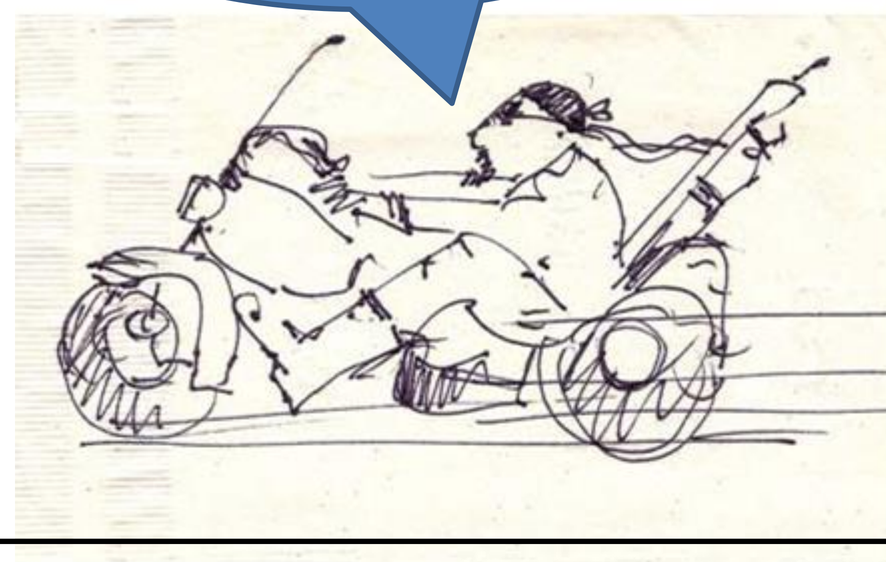
$$\frac{EP\,Pr}{G} = \frac{G \times h}{G} = \frac{G \times \frac{p}{\gamma}}{G} = \frac{p}{\gamma}$$

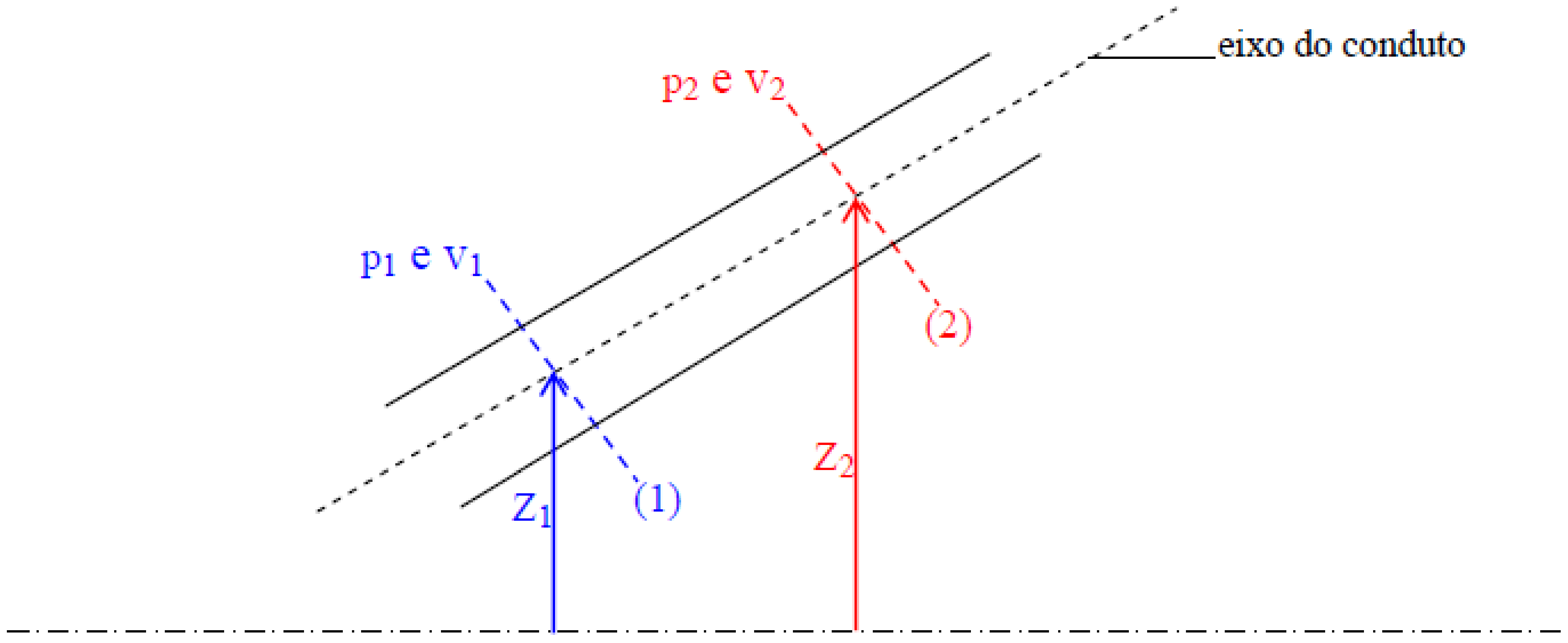
CARGA CINÉTICA

$$\frac{Ec}{G} = \frac{\frac{1}{2} \times m \times v^2}{m \times g} = \frac{v^2}{2g}$$



Com todas estas hipóteses teremos: $H_{inicial} = H_{final}$





$$z_{inicial} + \frac{p_{inicial}}{\gamma} + \frac{v_{inicial}^2}{2g} = z_{final} + \frac{p_{final}}{\gamma} + \frac{v_{final}^2}{2g}$$

Aplicação

Giovanni Battista Venturi, (1746–1822)

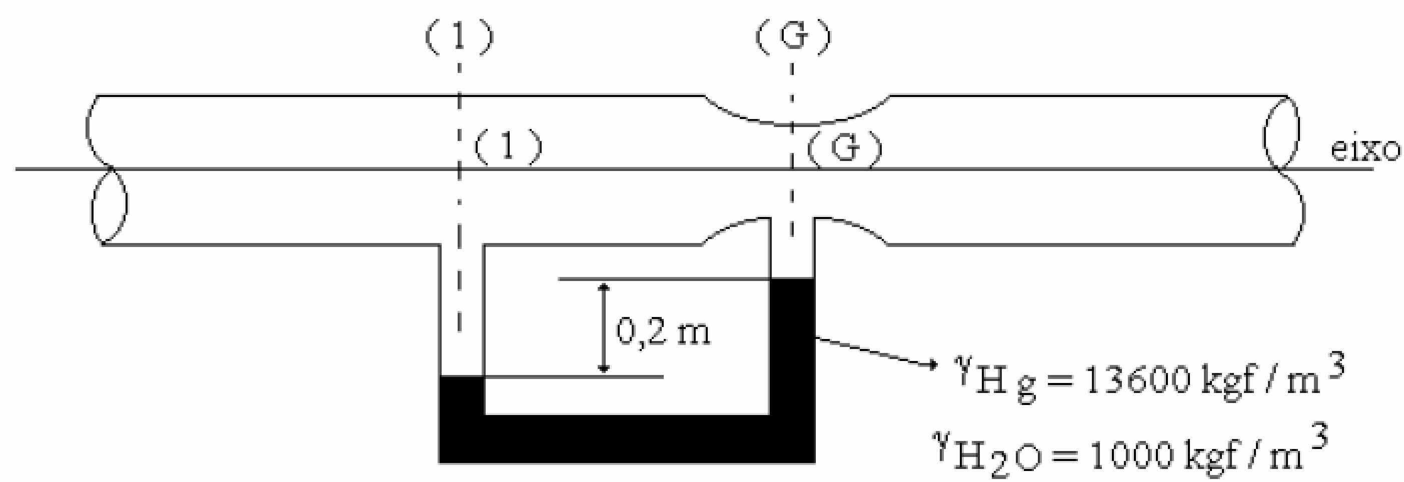
Imagens e informação extraídas dos sítios:
http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Venturi

http://www.ituflux.com.br

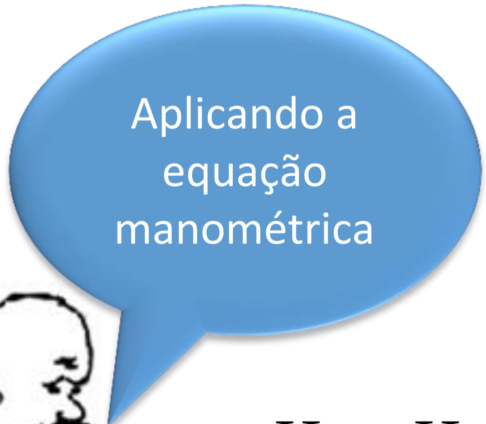
normalizados segundo a NBR ISO 5167-1 (ABNT, 1994)

Em uma instalação hidráulica instalou-se um medidor de vazão do tipo Venturi para estimar a vazão de escoamento da água na instalação. Sabendo-se que ∅ máx. do Venturi é igual a 20 mm, ∅ garg do Venturi é igual 10 mm. Desnível do mercúrio no manometro diferencial 20 cm e que o coeficiente de vazão do venturi e 0,95 pede-se:

a) a diferença de pressão entre a área máx. e a garganta
b) a vazão teórica no venturi
c) a vazão real do escoamento.



RESPOSTAS: $p_1 - p_G = 2.520\ kgf/m^2$; $Q_t = 5{,}76 \times 10^{-4}\ m^3/s$ e $Q_R = 5{,}47 \times 10^{-4}\ m^3/s$



a)

$$p_1 - p_2 = h \times \left(\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}\right)$$

$$\therefore p_1 - p_2 = 0{,}2 \times (13600 - 1000) = 2520 \frac{kgf}{m^2}$$

$$H_1 = H_2$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$2 \times 9{,}8 \times \frac{2520}{1000} = v_2^2 - v_1^2$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 49{,}392$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 49{,}392$$

Aplicamos a equação da continuidade para o escoamento incompressível e em regime permanente

$$Q_1 = Q_2 \therefore v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

$$v_1 \times \frac{\pi \times D_1^2}{4} = v_2 \times \frac{\pi \times D_2^2}{4}$$

$$v_2 = v_1 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 = v_1 \times \left(\frac{20}{10}\right)^2 = 4 \times v_1$$

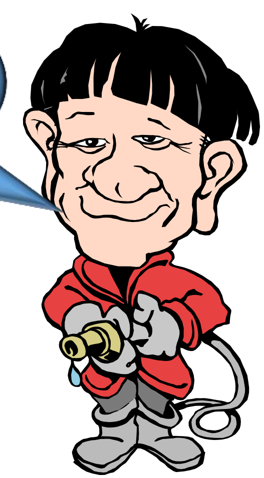
$$\therefore v_2^2 = 16 \times v_1^2$$

$$16 \times v_1^2 - v_1^2 = 49{,}392$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{49{,}392}{15}} \cong 1{,}82 \, \frac{m}{s}$$

$$Q = v_1 \times A_1 = 1{,}82 \times \frac{\pi \times 0{,}02^2}{4} \cong 5{,}72 \times 10^{-4} \, \frac{m^3}{s} = 0{,}572 \, \frac{L}{s}$$

Também denominada da conservação de massa



Experiência dos medidores de vazão - parte teórica

http://youtu.be/WK7q3EIaSoc

Coleta de dados da experiência do Venturi

http://youtu.be/Z94mVzmKuDI