UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL

PHD 0313 Instalações e Equipamentos Hidráulicos

Aula 2: Revisão Hidrodinâmica Equação da Energia Perdas de Carga

Prof.: MIGUEL GUKOVAS

Prof.: J .RODOLFO S. MARTINS

Prof.: RONAN CLEBER CONTRERA

www.poli.usp.br/phd

Objetivos da aula

- Escoamento no Interior de Condutos Forçados;
- Perdas de Carga;
- Problemas Básicos.

Fluxo – Vazão Volumétrica

- Velocidade de uma propriedade Extensiva

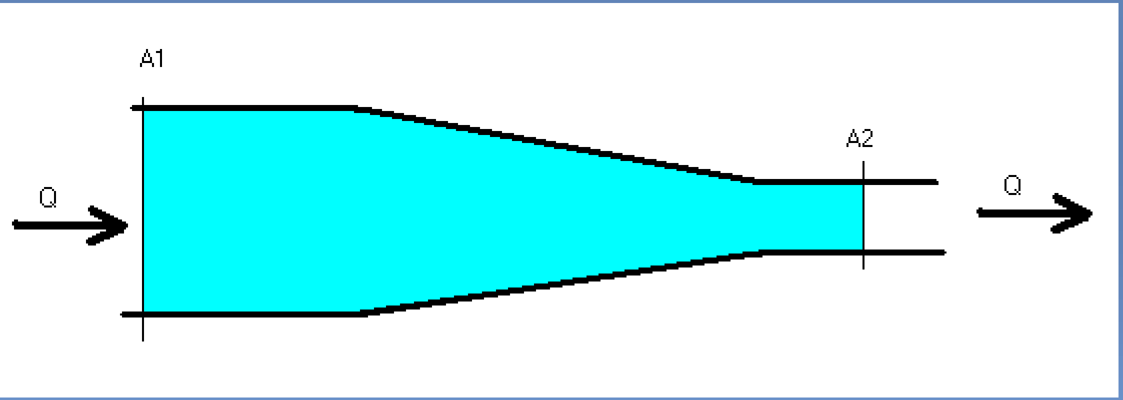
$$Q = V \cdot A$$

- Volume por unidade de tempo

$$Q = \frac{\forall}{\Delta t}$$

Conservação da Massa

- **Fluido incompressível: massa específica constante**



$$Q = V_1 . A_1 = V_2 . A_2$$

Lei de Bernouilli

$$\frac{E_p}{P} = \frac{mgz}{mg} = Z$$

$$\frac{E_c}{P} = \frac{mV^2}{2P} = \frac{mV^2}{m2g} = \frac{V^2}{2g}$$

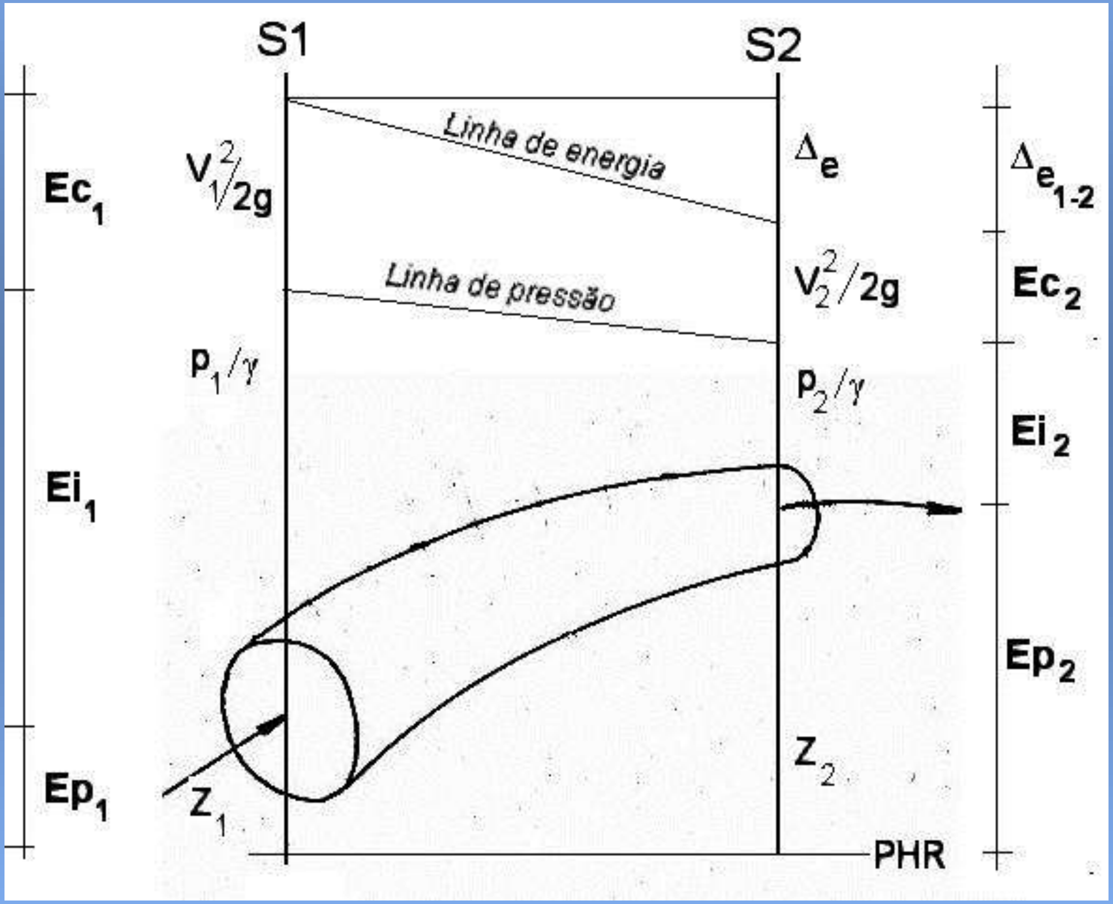
$$\frac{E_i}{P} = \frac{p\forall}{P} = \frac{p\forall}{\gamma\forall} = \frac{p}{\gamma}$$

$$\frac{E}{P} = H = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}$$

Energia por unidade de peso

carga hidráulica

Princípio da Energia



$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta e_{1-2}$$

Escoamentos em sistemas reais apresentam perda de energia (Δe)

Perda de carga hidráulica (ΔH)

Escoamentos Sobre Pressão

- **Também denominados ESCOAMENTOS EM CONDUTOS FORÇADOS, são aqueles que se desenvolvem dentro das canalizações onde a pressão é diferente da atmosférica, ou seja a pressão efetiva é diferente de zero. Todos os sistemas de tubulações prediais, de abastecimento de água, oleodutos e gasodutos tem este tipo de escoamento.**

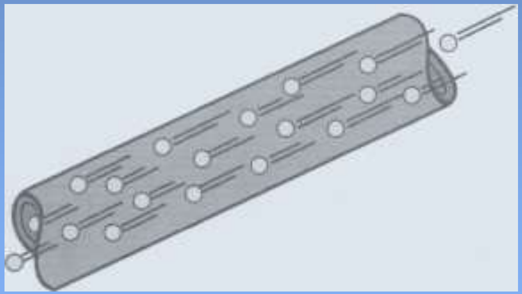
Perda de Carga

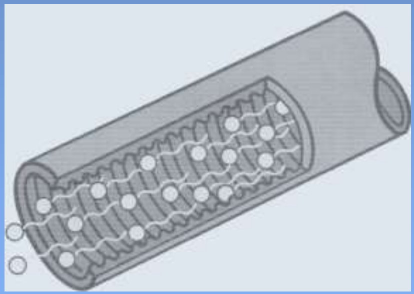
- **É a energia perdida por unidade de peso do fluido quando este escoa.**
- **Em condutos forçados é a perda de energia dinâmica do fluido devido ao atrito das partículas do fluido entre si (turbulência) e contra as paredes da tubulação, quando em movimento.**
- **A perda de carga pode ser <u>distribuída</u> ou <u>localizada</u>.**

Perda de Carga Distribuída

- **A perda de carga distribuída ocorre ao longo da extensão de toda a tubulação.**

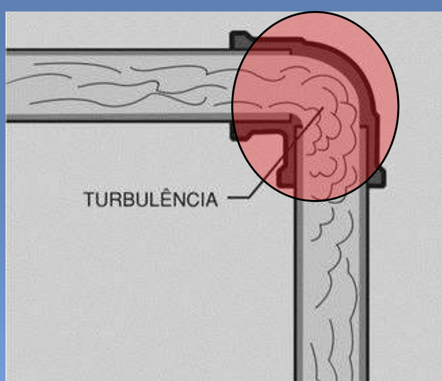
- **A perda de carga tende a aumentar quando se elava a rugosidade da tubulação, quando aumenta-se a extensão da tubulação, quando aumenta-se a velocidade do escoamento, ou quando diminui-se o diâmetro da tubulação.**

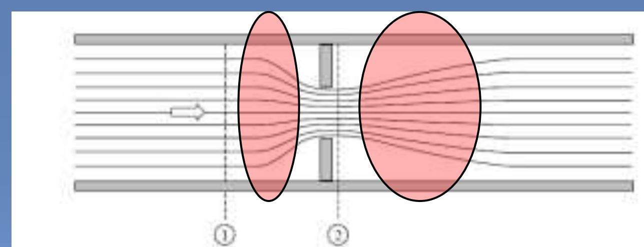


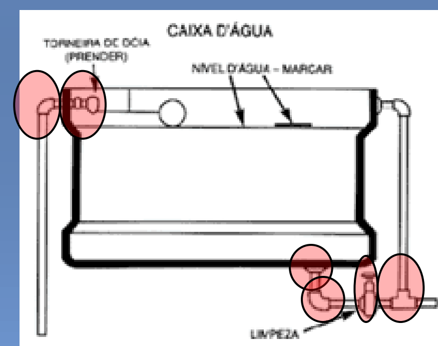


Perdas de Carga Localizadas

• **Ocorrem em singularidades devido à mudanças de direção (curvas, “T”, “Y”, etc.), mudanças de geometria (entradas, saídas, etc.) e variação da área (registros, reduções, alargamentos) da seção do tubo.**





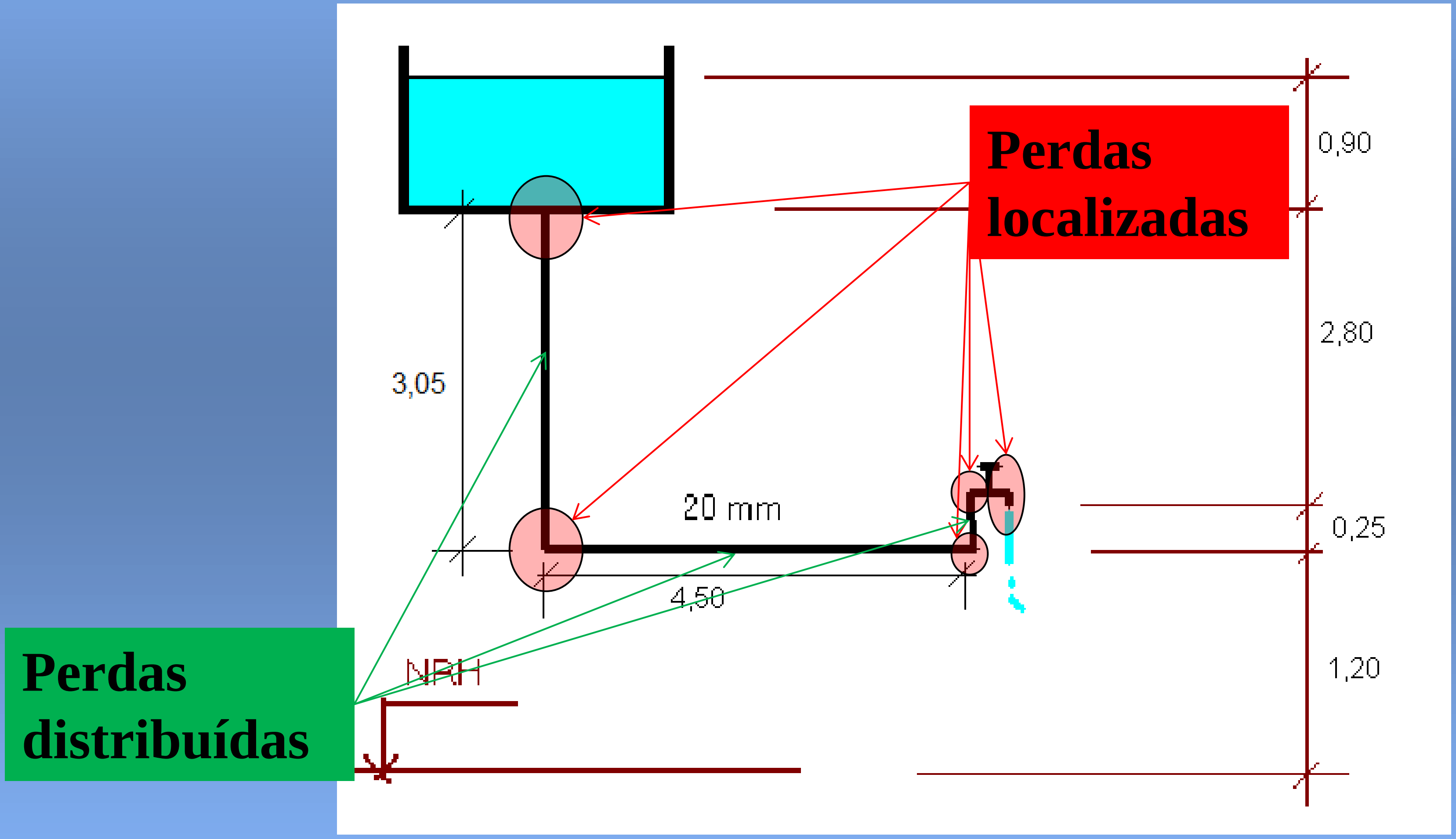


Perda de Carga Total

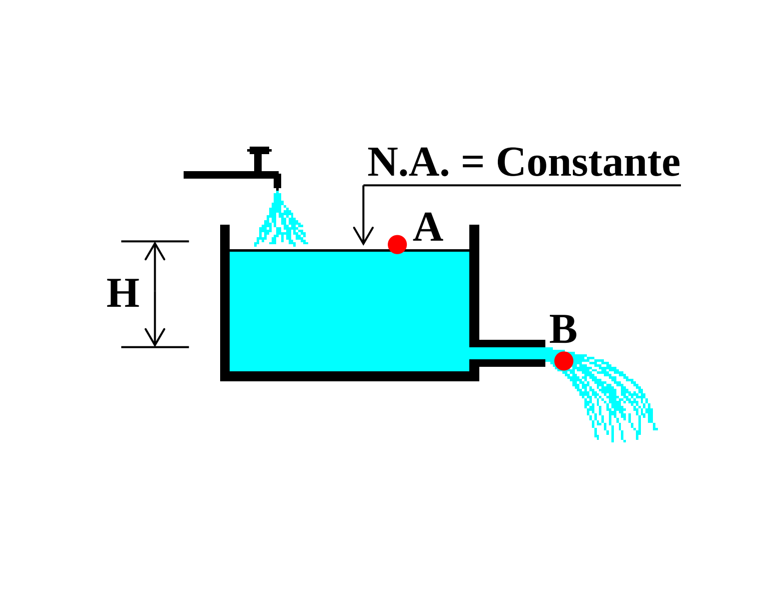
- **A perda de carga total em um conduto (tubulação) é igual à soma de todas as perdas de cargas distribuídas ao longo da extensão da tubulação e de todas as perdas de carga localizadas.**

$$\Delta H_{Total} = \Sigma \Delta H_{Distribuída} + \Sigma \Delta H_{Localizada}$$

Perdas de Carga Localizadas e Distribuídas



Aplicação 1



Dado:

N.A. = Constante

H = 1,50 m

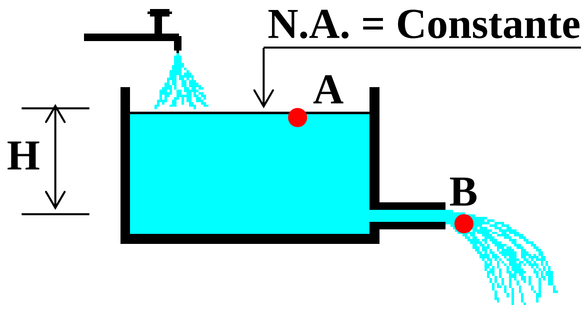
D = 20 mm

a) Desprezando-se todas as perdas de carga na saída do reservatório, determine a vazão Q_B .

b) Caso a perda de carga total na saída fosse igual a 0,40 mH_2O, qual seria a nova vazão Q_B.

Aplicação 1

a) Solução:



- Aplicando-se a eq. de Bernouilli entre os pontos A e B:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{A \to B}$$

- Considerando-se o referencial de nível passando por B (nível Z = zero):

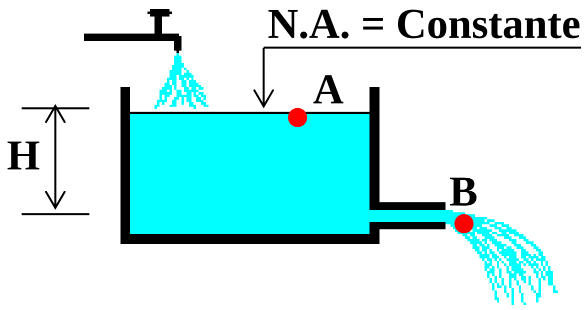
$$1{,}50 + 10 + \frac{0^2}{2 \cdot 10} = 0 + 10 + \frac{V_B^2}{2 \cdot 10} + 0$$

$$\frac{V_B^2}{20} = 1{,}50$$

$$V_B = \sqrt{1{,}50 \cdot 20} = 5{,}48\, m/s$$

Aplicação 1

a) Solução:



- Como o diâmetro do tubo de descarga é D = 20 mm = 0,02 m:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}02^2}{4} = 0{,}000314\, m^2$$

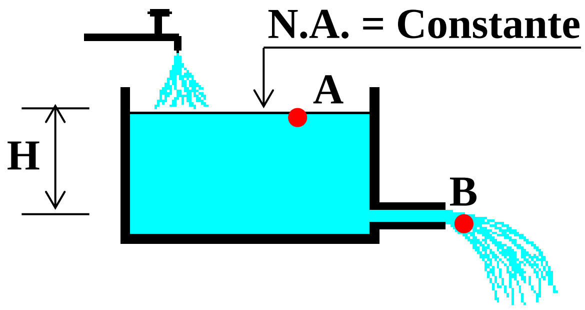
$$Q_B = V_B \cdot A_B$$

$$Q_B = 5{,}48 \cdot 0{,}000314 = 0{,}00172\, m^3/s$$

$$Q_B = 1{,}72\, L/s$$

Aplicação 1

b) Solução:



- Aplicando-se a eq. de Bernouilli entre os pontos A e B:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{A \to B}$$

- Considerando-se o referencial de nível passando por B:

$$1{,}50 + 10 + \frac{0^2}{2 \cdot 10} = 0 + 10 + \frac{V_B^2}{2 \cdot 10} + 0{,}40$$

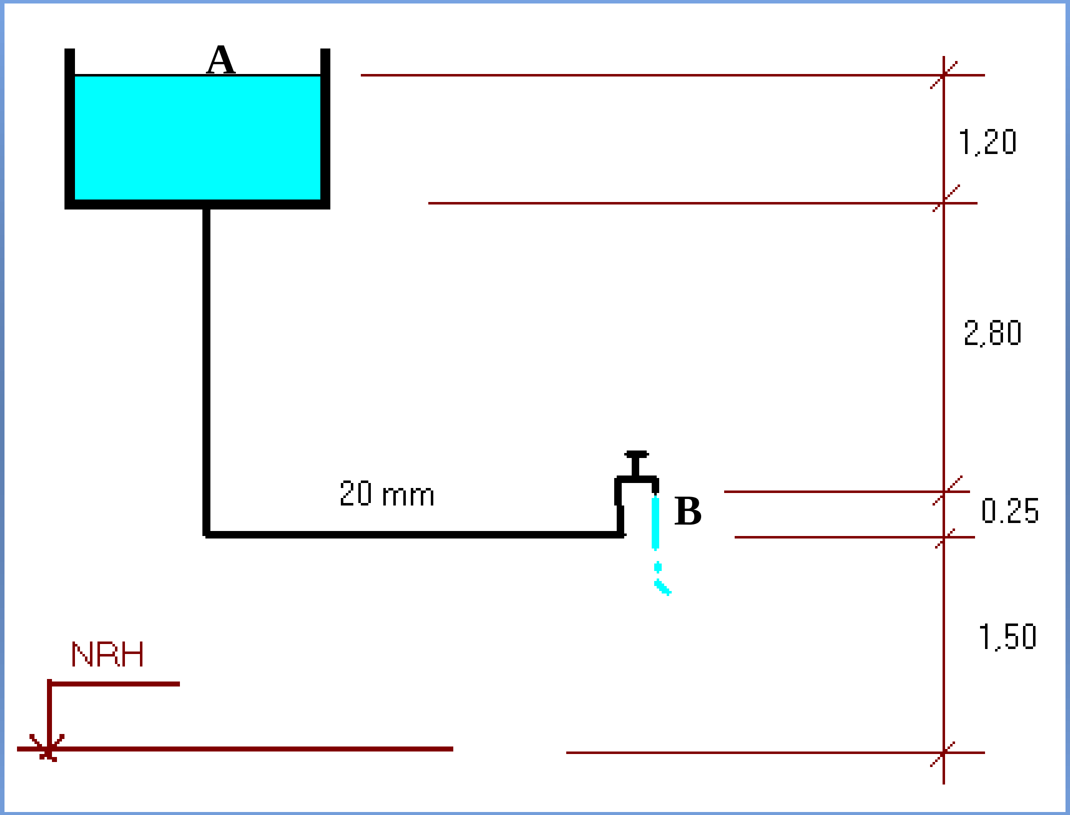
$$\frac{V_B^2}{20} = 1{,}10$$

$$V_B = \sqrt{1{,}10 \cdot 20} = 4{,}69\ m/s$$

$$Q_B = V_B \cdot A_B$$

$$Q_B = 4{,}69 \cdot 0{,}000314 = 0{,}00147\ m^3/s$$

Aplicação 2



Qual a vazão de água pela torneira?

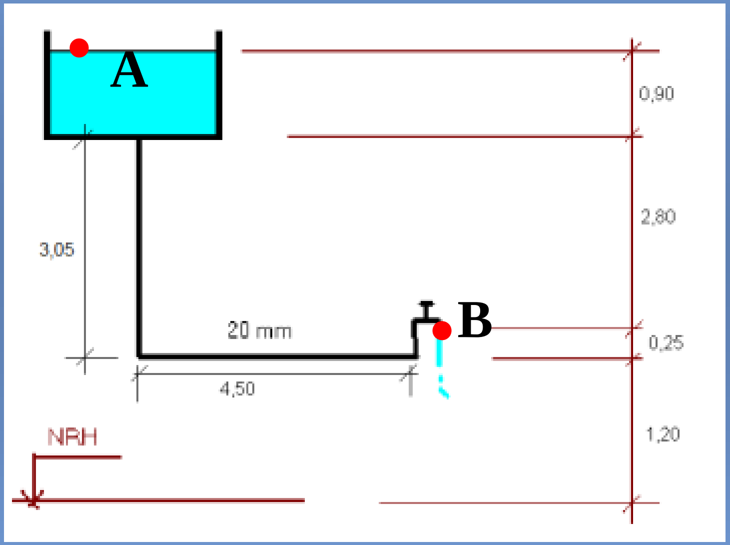
Dado:

$\Sigma_{distribuída} = 1{,}50\ m_{H2O}$

$\Sigma_{localizada} = 2{,}00\ m_{H2O}$

Aplicação 2

Solução:



- Aplicando-se a eq. de Bernouilli entre os pontos A e B:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{A \to B}$$

$$5{,}15 + 10 + \frac{0^2}{2 \cdot 10} = 1{,}45 + 10 + \frac{V_B^2}{2 \cdot 10} + \Delta H_{A \to B}$$

$$\frac{V_B^2}{2 \cdot g} + \Delta H_{A \to B} = 3{,}70$$

$$V_B = ?$$

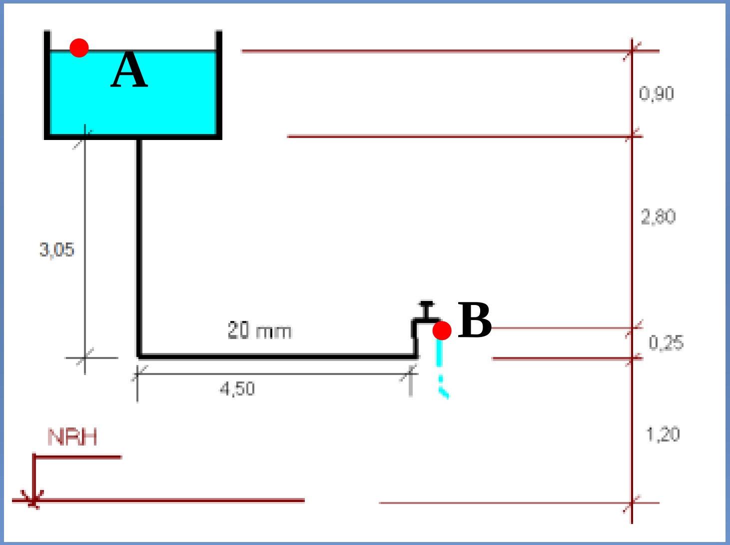
$$\Delta H_{A \to B} = ?$$

$$\Delta H_{A \to B} = \sum \Delta H_{Distr.} + \sum \Delta H_{Local.}$$

$$\Delta H_{A \to B} = 1{,}50 + 2{,}00 = 3{,}50\ mH_2O$$

Aplicação 2

Solução:



$$\frac{V_B^2}{20} + 3{,}50 = 3{,}70$$

$$V_B = \sqrt{20 \cdot 0{,}2} = \sqrt{4} = 2{,}0\ m/s$$

- Como o diâmetro do tubo é:

D = 20 mm = 0,02 m:

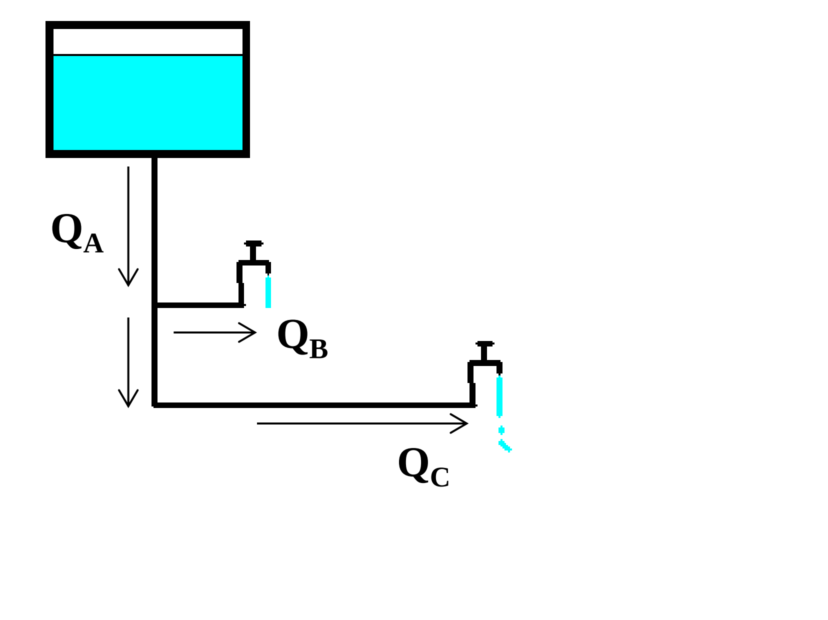
$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}02^2}{4} = 0{,}000314\ m^2$$

$$Q_B = V_B \cdot A_B$$

$$Q_B = 2{,}00 \cdot 0{,}000314 = 0{,}000628\ m^3/s$$

$$Q_B = 0{,}63\ L/s$$

Aplicação 3



Qual é o valor da vazão Q_B?

Dado:

$Q_A = 0{,}45$ L/s e

$Q_C = 0{,}30$ L/s e