

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS



Operações Unitárias I

**Introdução aos Processos Químicos: conceitos;
unidades e variáveis de processo**

AULA 4

Profa. Dra. Bianca Chierregato Maniglia

biancamaniglia@usp.br

biancamaniglia@iqsc.usp.br

Exercício I.9) Tem-se uma solução com 15% de A em massa e 20% de B em mols.

- a) Calcular a massa de A em 200 kg de solução.
- b) Calcule a vazão mássica de A na corrente que está fluindo à uma vazão total mássica do fluido de 50 lbm/h
- c) Calcule a vazão molar de B numa corrente de 1000 moles solução/min.
- d) Calcule a vazão total de solução que corresponde a vazão molar de 25 kmol B/s.
- e) Calcule a massa de solução que contém 300 lbm de A.

3.2) Massa molar média

$$\bar{M} = \frac{m_{total}}{n_{total}} \quad \bar{M} = \frac{m_t}{n_t} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{n_t}$$

$$\bar{M} = y_1 \cdot M_1 + y_2 \cdot M_2 + y_3 \cdot M_3 + \dots = \sum y_n \cdot M_n$$

Fração MOLAR

$$y_1 = \frac{n_1}{n_t}$$

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}$$

$$y_1 = \frac{m_1}{n_t \cdot M_1}$$

3.2) Massa molar média

$$\frac{1}{\bar{M}} = \frac{n_{total}}{m_{total}}$$

$$\frac{1}{\bar{M}} = \frac{n_t}{m_t} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}{m_t}$$

Fração MÁSSICA

$$\frac{1}{\bar{M}} = \frac{x_1}{M_1} + \frac{x_2}{M_2} + \frac{x_3}{M_3} + \dots = \sum \frac{x_n}{M_n}$$

$$x_1 = \frac{m_1}{m_t}$$

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}$$

$$x_1 = \frac{n_1 \cdot M_1}{m_t}$$

Exercício I.10) Uma mistura de gases tem a seguinte composição mássica:

$$\text{O}_2 = 16 \%$$

$$\text{CO} = 4\%$$

$$\text{CO}_2 = 17\%$$

$$\text{N}_2 = 63\%$$

$$\chi_{\text{O}_2} = 0,16 \text{ g O}_2/\text{g mistura}$$

Qual é a fração molar de cada componente?

Exercício I.11) Calcule a massa molecular média do ar.

- a) a partir das composições molares aproximadas: 79% N₂, 21% O₂
- b) a partir das composições mássicas aproximadas: 76,7% N₂, 23,3% O₂

3.3) Concentração

3.3.1) Concentração mássica

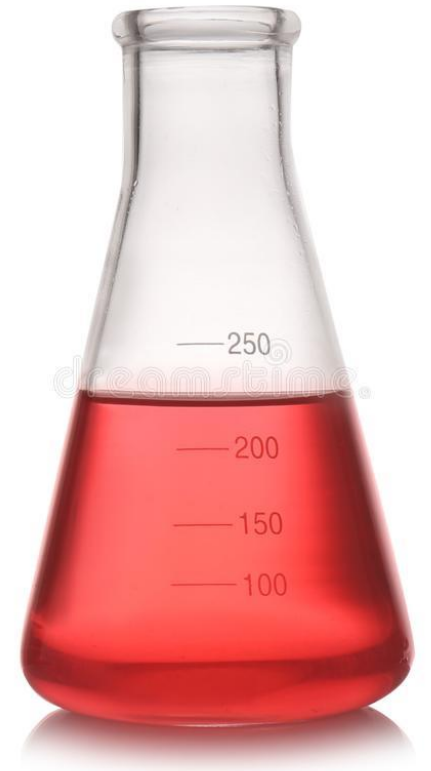
$$C_m = \frac{\textit{massa}}{\textit{Volume}}$$

$$\frac{g}{cm^3}; \frac{lbm}{ft^3}; \frac{kg}{m^3}$$

3.3.2) Concentração molar

$$C_n = \frac{\textit{número mols}}{\textit{Volume}}$$

$$\frac{k-mol}{cm^3}; \frac{lb-mol}{ft^3}; \frac{kg-mol}{m^3}$$



3.3) Concentração

3.3.3) Vazão molar

$$W_n = \frac{\text{número mols}}{\text{tempo}} \quad \left[\frac{\text{mols}}{h} \right]; \left[\frac{\text{mols}}{s} \right]$$

$$W_n = W_v \left[\frac{\cancel{m^3}}{h} \right] \times C_n \left[\frac{\text{mols}}{\cancel{m^3}} \right]$$

Ex: Quantos moles de NaOH há em 5L de solução 0,02 molar desse hidróxido?

$$C_n = \frac{n}{V} \quad C_n = 0,02 \text{ mol/L} \quad 0,02 \frac{\text{mol}}{\cancel{L}} = \frac{n}{\cancel{5 L}}$$

$$n = 0,1 \text{ mol}$$

Uma solução 0,02 molar de NaOH flui a 2 L/min. Qual a vazão molar do NaOH?

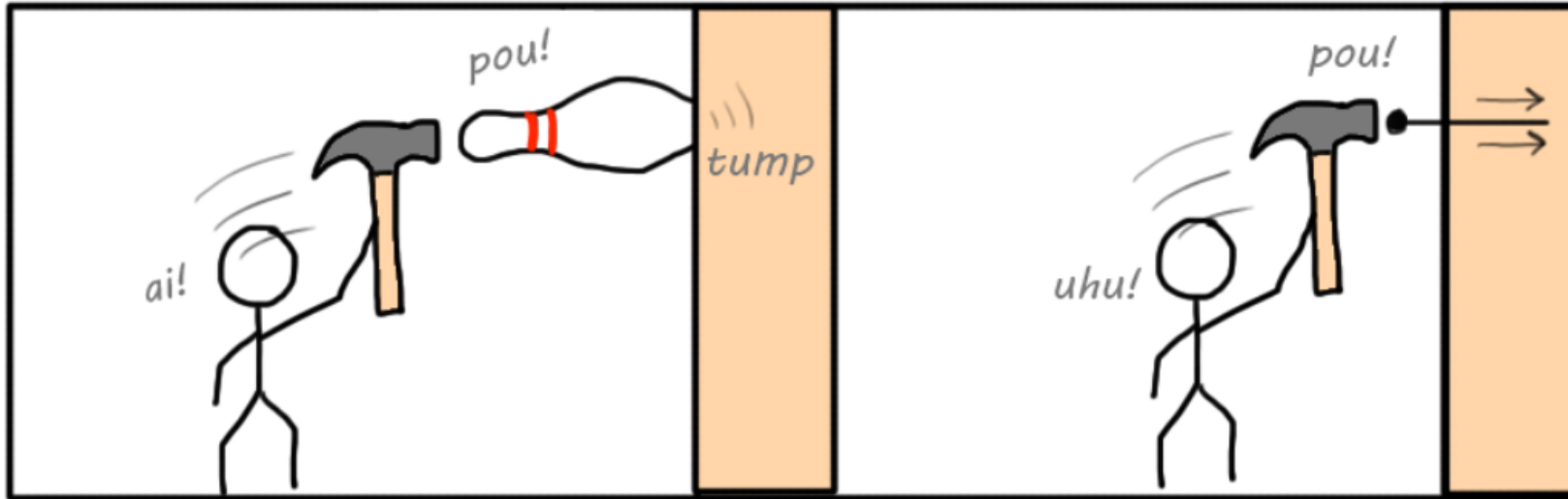
$$W_n = W_v \left[\frac{L}{\text{min}} \right] \times C_n \left[\frac{\text{mols}}{L} \right] \quad W_n = 2 \left[\frac{\cancel{L}}{\text{min}} \right] \times 0,02 \left[\frac{\text{mols}}{\cancel{L}} \right]$$

$$W_n = 0,04 \left[\frac{\text{mols}}{\text{min}} \right]$$

Exercício I.12) Uma solução aquosa de ácido sulfúrico 0,50 molar flui através de uma unidade de processo à vazão de $1,25 \text{ m}^3/\text{min}$. A densidade relativa da solução é 1,03. Calcular: $M = 98 \text{ g/mol}$

- a) a concentração mássica de H_2SO_4 em kg/m^3
- b) a vazão mássica do H_2SO_4 em kg/s
- c) a fração mássica do H_2SO_4

3.4) Pressão

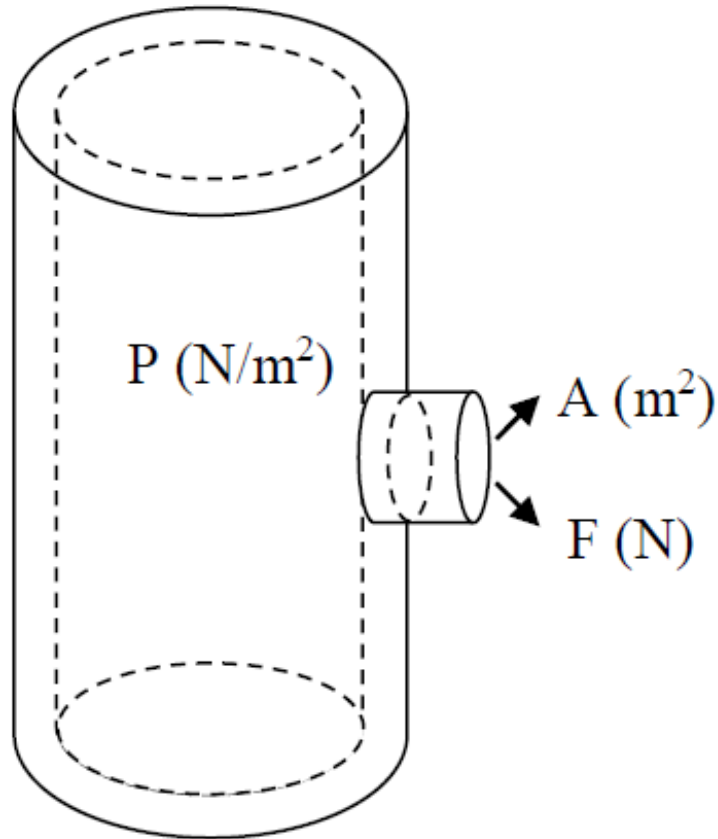


$$P = \frac{F}{A}$$

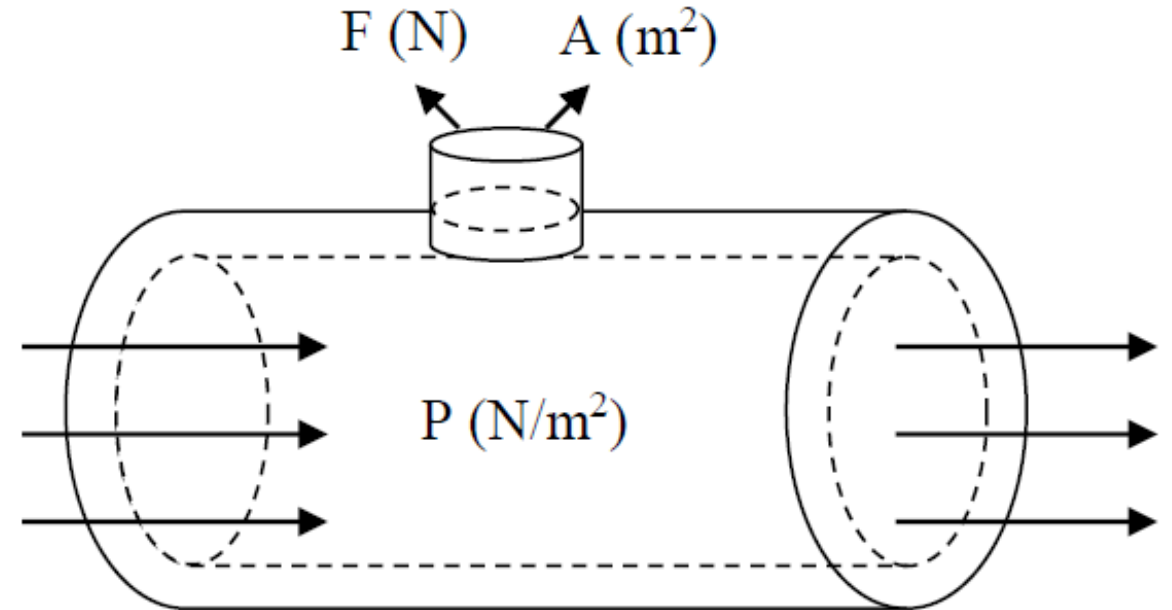
$$\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (Pascal, Pa); } \quad \frac{\text{dinas}}{\text{cm}^2}; \quad \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \text{ (psi)}$$



3.4.1) Pressão de fluido e Pressão hidrostática



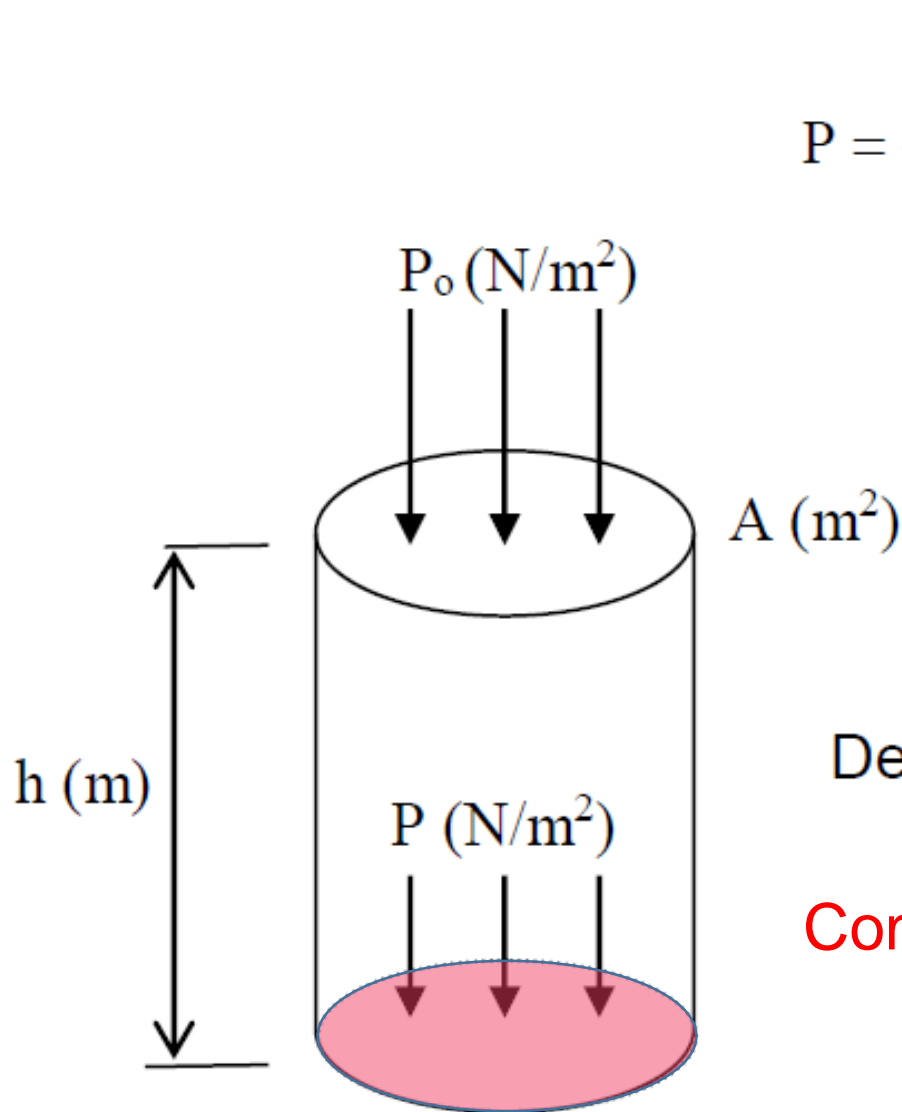
Pressão estática



Pressão dinâmica

F é a força mínima necessária que deveria ser exercida no plug (tampão-rolha) para não permitir a saída do fluido.

3.4.1) Pressão de fluido e Pressão hidrostática



$$P = \frac{F}{A} = \frac{F_0}{A} + \frac{m \cdot g}{A \cdot g_c}, \text{ como}$$

$$V = h \cdot A \quad \text{e} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$h \cdot A = \frac{m}{\rho}$$

$$m = h \cdot A \cdot \rho$$

$$P = P_0 + \frac{h \cdot \cancel{A} \cdot \rho \cdot g}{\cancel{A} \cdot g_c}$$

Densidade do fluido ρ (kg/m³)

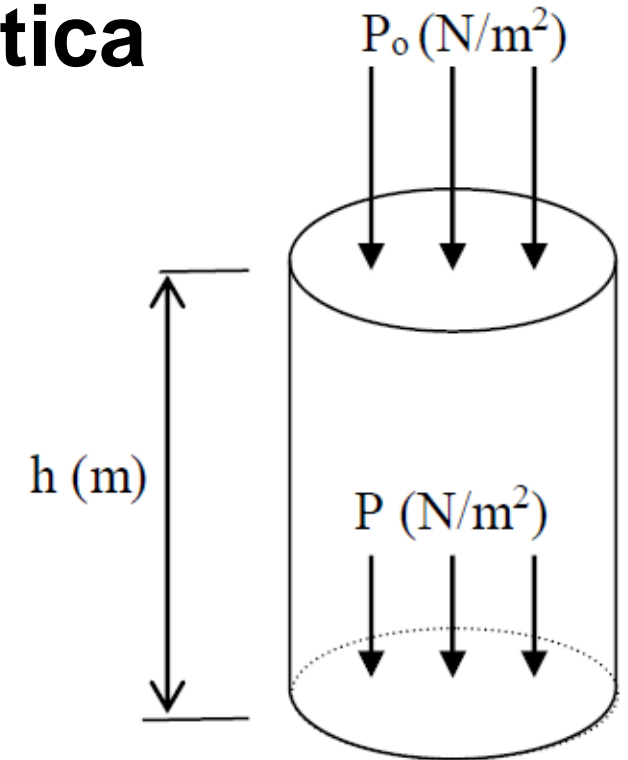
Como **A** não aparece na fórmula, ela é aplicada tanto a uma coluna fina de um fluido como ao oceano.

3.4.1) Pressão de fluido e Pressão hidrostática

LÍQUIDOS

$$P = P_0 + \rho \frac{g}{g_c} h$$

$$P \left(\frac{\text{força}}{\text{área}} \right) = h(\text{altura do fluido ou carga}) \cdot \rho \cdot \frac{g}{g_c}$$



Altura (h) => Pressão.

Só tem sentido para líquidos !!!

Pressão = 14,7 psi ~ Pressão = 33,9 ft H₂O

$$\text{psi} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \quad P = h \rho \frac{g}{g_c} \quad \frac{g}{g_c} = \frac{1 \text{ lbf}}{1 \text{ lbm}}$$

$$14,7 \frac{\cancel{\text{lbf}}}{\cancel{\text{in}^2}} \cdot \frac{12^2 \cancel{\text{in}^2}}{1 \text{ ft}^2} = 62,4 \frac{\cancel{\text{lbm}}}{\text{ft}^3} \cdot 1 \frac{\cancel{\text{lbf}}}{\cancel{\text{lbm}}} \cdot h \Rightarrow h = 33,9 \text{ ft H}_2\text{O}$$

$$\frac{\text{força}}{\text{área}} = \text{altura} * \frac{\text{massa}}{\text{volume}} * \frac{\text{força}}{\text{massa}} = \frac{\text{força}}{\text{área}}$$

Exemplo: Expresse a pressão de 20 psi em termos de ft Hg, sabendo que a

densidade $DR = 13.6$ $\rho_{H_2O}^{20^\circ} = 62,4 \text{ lbm/ft}^3$

Exercício I.13) Qual a pressão em psi, 30 ft abaixo da superfície de um lago, sabendo-se que a pressão atmosférica é 34,4 ft H₂O e a densidade da água é 62,4 lbm/ft³. Dado: $g/g_c = 1 \text{ lbf/lbm}$.