

# 107484 – Controle de Processos

Aula: Principais variáveis em controle de processos químicos

Prof. Eduardo Stockler Tognetti

Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade de Brasília – UnB



1º Semestre 2015

## Váriáveis de processo

A análise de processos químicos tem como objetivo a obtenção de quantidades e propriedades dos produtos e sistemas. Estas quantidades e propriedades são conhecidas como variáveis de processo.

## Massa específica ( $\rho$ )

A massa específica de uma substância é definida como a relação entre a massa ( $m$ ) dessa substância e seu volume ( $V$ ),

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{Kg/m}^3]$$

• Diferentemente da **densidade**, que tem a mesma expressão matemática, a massa específica é definida para uma substância e não para um objeto. É, portanto, uma propriedade dessa substância. Ex.: densidade de um navio; massa específica do aço.

## Peso específico ( $\gamma$ )

O peso específico de uma substância é definido como a relação entre o peso ( $m \cdot g$ ) dessa substância e seu volume ( $V$ ),

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

## Volume específico ( $\hat{V}$ )

$$\hat{V} = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad [\text{m}^3/\text{Kg}]$$

## Gravidade específica (SG)

Relação da densidade de uma substância com uma outra de referência a uma condição específica,

$$\rho = \frac{\rho}{\rho_{\text{ref}}}$$

A referência mais comum para sólidos e líquidos é a água à 4 °C (1000 Kg/m<sup>3</sup>).

Em processos químicos encontramos substâncias puras como mistura de substâncias, que podem estar nos estado sólido, líquido ou gasoso.

## Mol (unidade no SI: mol)

Definido com a quantidade de uma substância que contém tantas entidades elementares (átomos, moléculas, íons ou outras partículas) quantos são os átomos em 12 g de carbono-12.

## Massa ou peso molar atômico (MM)

Definido como a massa de um mol de átomos. Relaciona (fator de conversão) unidades de massa em unidades de mol e vice-versa. Por exemplo, a MM do carbono é 12 g/mol ou 12 Da (dalton). A MM molecular é a soma das MM's dos átomos que constituem a molécula. Ex.:  $MM(N)=14 \text{ Da}$  e  $MM(N_2)=28 \text{ Da}$ .

# Composição química

## Fração ou composição mássica ( $x$ )

Fração mássica de uma substância numa mistura ( $x_i$ ) é a relação entre a massa de uma substância ( $m_i$ ) e a massa total da mistura ( $m$ ),

$$x_i = \frac{m_i}{m} \quad (\text{entre 0 e 1 ou em \%}), \quad \sum_i x_i = 1$$

## Fração molar ( $y$ )

Fração molar de uma substância numa mistura ( $y_i$ ) é a relação entre o número de mols de uma substância ( $n_i$ ) e o número de mols total da mistura ( $n$ ),

$$y_i = \frac{n_i}{n} \quad (\text{entre 0 e 1 ou em \%}), \quad \sum_i y_i = 1$$

## Massa molar média ( $\overline{MM}$ )

Massa molar média de uma mistura de  $n$  componentes,

$$\overline{MM} = \sum_{i=1}^n y_i MM_i \quad \text{ou} \quad \frac{1}{\overline{MM}} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{MM_i}$$

# Composição química

Os componentes de uma solução são chamados soluto e solvente:

- **Soluto** é a substância dissolvida no solvente. Em geral, está em menor quantidade na solução.
- **Solvente** é a substância que dissolve o soluto.

Ex.: água com açúcar  $\rightsquigarrow$  água é o solvente e o açúcar é o soluto.

## Concentração

A concentração de uma solução em termos de um soluto  $i$  ( $c_i$ ) é definida como sendo a relação entre a massa ou o número de mols de um soluto  $i$  o volume da solução.

Em termos mássicos,

$$c_i = \frac{m_i}{V} \quad [\text{g/L}]$$

e em termos molares,

$$c_i = \frac{n_i}{V} \quad [\text{mol/L}]$$

ou

$$c_i = x_i \rho$$

● Obs.: na concentração  $m$  representa a massa apenas do soluto, enquanto que na densidade o  $m$  representa a massa total da solução (soluto + solvente).

## Vazão

Quantidade de matéria transportada por unidade de tempo através de tubulações definida em termos mássico, molar ou volumétrico.

- Vazão mássica ( $\dot{m}$ ):  $\dot{m} = \frac{m}{t}$  [Kg/s]
- Vazão volumétrica ( $\dot{V}$  ou  $f$ ):  $\dot{V} = \frac{V}{t}$  [m<sup>3</sup>/s]
- Vazão molar ( $\dot{n}$ ):  $\dot{n} = \frac{n}{t}$  [mols/s]

## Relações para a vazão

- Relações entre os tipos de vazão:

$$\dot{m} = \rho \dot{V}, \quad \dot{m} = MM \dot{n}, \quad \dot{n} = \frac{\rho \dot{V}}{MM}$$

- Relações de vazão entre o componente  $i$  e a mistura:

$$\dot{m}_i = x_i \dot{m}, \quad \dot{n}_i = y_i \dot{n}$$



## Pressão

É definida como a força normal ( $F$ ) atuando sobre uma superfície de área  $A$ ,

$$P = \frac{F}{A} \quad [\text{N/m}^2 \text{ (Pa)}]$$

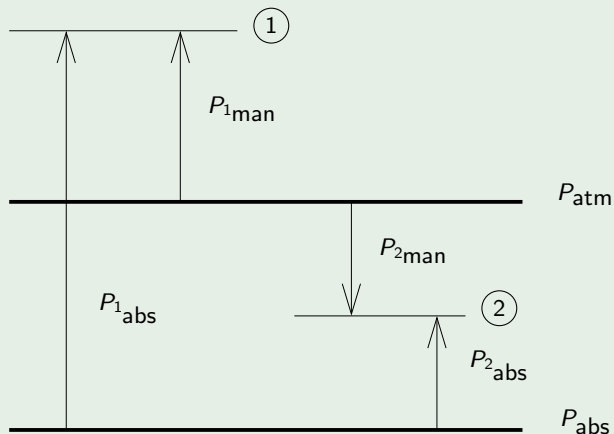
- Num reservatório fechado a pressão exercida por um gás se distribui uniformemente por toda a superfície do reservatório.
- No caso de líquidos, a pressão varia com a profundidade abaixo da superfície.

## Escalas de pressão

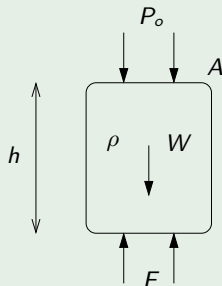
- As pressões de fluidos utilizados na análise de processos químicos são absolutos ( $P_{\text{abs}}$ ), ou seja,  $P_{\text{abs}} = 0$  corresponde ao vácuo perfeito.
- Contudo os equipamentos de medição de pressão medem a pressão manométrica ( $P_{\text{man}}$ ) que é relativa à pressão atmosférica ( $P_{\text{atm}}$ ), ou seja

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}}$$

## Escalas de pressão



## Coluna vertical cilíndrica com nível $h$



- Balanço de forças:

$$F = P_o A + W,$$

$$W = mg = V\rho g = Ah\rho g$$

$$\frac{F}{A} = \frac{P_o A}{A} + \frac{Ah\rho g}{A}$$

$$P = P_o + \rho gh$$

(Eq. hidrostática)

## Temperatura

A temperatura de uma substância é uma medida da energia cinética média possuída pelas moléculas dessa substância. Como não há meios para se medir diretamente essa energia, a temperatura é quantificada indiretamente em função de alguma propriedade física dessa substância: resistência elétrica de um condutor, tensão na junção de metais ou volume deslocado.

- Escalas: Kelvin (K), Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) e Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )