

# FENÔMENOS DE TRANSPORTE



**Uniube**

A expressão **FENÔMENOS DE TRANSPORTE** refere-se ao estudo sistemático e unificado da transferência de momento, energia e matéria.

A disciplina tem como objetivos capacitar o aluno a perceber, compreender, equacionar, e obter dados que permitam analisar e resolver problemas relacionados aos fenômenos que envolvam processos de transferência de calor e de massa entre pontos de um sistema.

## ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA:

- Base do estudo de hidráulica e hidrologia;
- Aplicações no conforto térmico de edificações;

## ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

- Estudo da difusão de poluentes no ar, água e solo;

## ENGENHARIA ELÉTRICA/COMPUTAÇÃO:

- Cálculos de dissipação de potência;
- Otimização no gasto de energia em dispositivos;

## ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

- Otimização de processos e transportes de fluidos;

## ENGENHARIA MECÂNICA:

- Processos de usinagem e tratamento térmico;
- Máquinas hidráulicas, térmicas etc.
- Aerodinâmica.

## ENGENHARIA QUÍMICA:

- Processos químicos e de alimentos;
- Trocadores de calor, colunas de destilação, etc.

## Bibliografia Recomendada:

BRUNETTI, F. Mecânica dos Fluidos. 2. ed. São Paulo (SP): Pearson Education, 2008. 410 p.

FOX, R. W; PRITCHARD, P. J; MACDONALD, A. T. Introdução à mecânica dos fluídos. 7. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2010. 710 p.

VIANNA, M. R. Mecânica dos fluidos para engenheiros. 4. ed. Belo Horizonte (MG): Imprimatur, 2009. 581 p.

[Biblioteca Virtual Pearson](#)

# FENÔMENOS DE TRANSPORTE

---

## UNIDADE 1

### DIMENSÕES E UNIDADES



# Uniube

Quais são os modos que temos atualmente para conversão de unidades?

Regra de três é uma boa opção?

Qual a maneira mais rápida e prática para realização de conversão de unidades?

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES – DISCO VIRTUAL

8 km em in

1 km - - - 1000m

1 m - - - 100 cm

1 in - - - 2,54 cm

Z = 314.961

8 km - - - X

8000 m - - - Y

Z - - - 800.000 cm

# CONVERSÃO DE UNIDADES

1 km - - - 1000m

1 m - - - 100 cm

1 in - - - 2,54 cm

Z = 314.961

8 km - - - X

8000 m - - - Y

Z - - - 800.000 cm

Podemos também fazer:

$$= \frac{8\cancel{km}}{1} \cdot \frac{1000\cancel{m}}{1\cancel{km}} \cdot \frac{100\cancel{cm}}{1\cancel{m}} \cdot \frac{1in}{2,54\cancel{cm}}$$

Note que foi feita somente uma conta, utilizando uma única etapa e sem regra de três!

Coloco as equivalências nos numeradores e denominadores, faço uma conta só, cortando as unidades e obtendo a resposta de forma direta!



# CONVERSÃO DE UNIDADES



Uniube

1 ft = 30,48cm  
1 in = 2,54 cm

Realize as seguintes conversões de unidades:

100 km/h em m/s

$$= 100 \frac{\cancel{km}}{\cancel{h}} \cdot \frac{1000\cancel{m}}{1\cancel{km}} \cdot \frac{1\cancel{h}}{60\cancel{min}} \cdot \frac{1\cancel{min}}{60s}$$

320 in em km

0,008128 km

$$= 320\cancel{in} \cdot \frac{0,0254\cancel{m}}{1\cancel{in}} \cdot \frac{1km}{1000\cancel{m}}$$

5000 ft/h em m/s

0,4233 m/s

$$= 5000 \frac{\cancel{ft}}{\cancel{h}} \cdot \frac{1\cancel{h}}{3600s} \cdot \frac{0,3048\cancel{m}}{1\cancel{ft}}$$

# CONVERSÃO DE UNIDADES

Realize as seguintes conversões de unidades:

25 cm<sup>2</sup> em m<sup>2</sup>

$$= 25cm^2 \cdot \left( \frac{1m}{100cm} \right)^2 = 25cm^2 \cdot \frac{1^2m^2}{100^2cm^2} = 25cm^2 \cdot \frac{1m^2}{10000cm^2} \quad 25cm^2 = 2,5 \times 10^{-3}m^2$$

23,3 in<sup>2</sup> em km<sup>2</sup>      1,5x10<sup>-8</sup>

2000 g/cm<sup>3</sup> em kg/m<sup>3</sup>      2.000.000

2,0 gal.ft/min<sup>2</sup> em L.m/s<sup>2</sup>      0,00064

20.000 ft<sup>3</sup>/min em m<sup>3</sup>/h      33980,2

**Arquivos AVA:**  
Tabela de Conversão de Unidades  
Medidas Inmetro

Uma grandeza física é uma propriedade de um corpo, ou particularidade de um fenômeno, suscetível de ser medida, isto é, a qual se pode atribuir um valor numérico.

Grandezas fundamentais: comprimento (L), tempo (T) e massa (M) ou força (F).

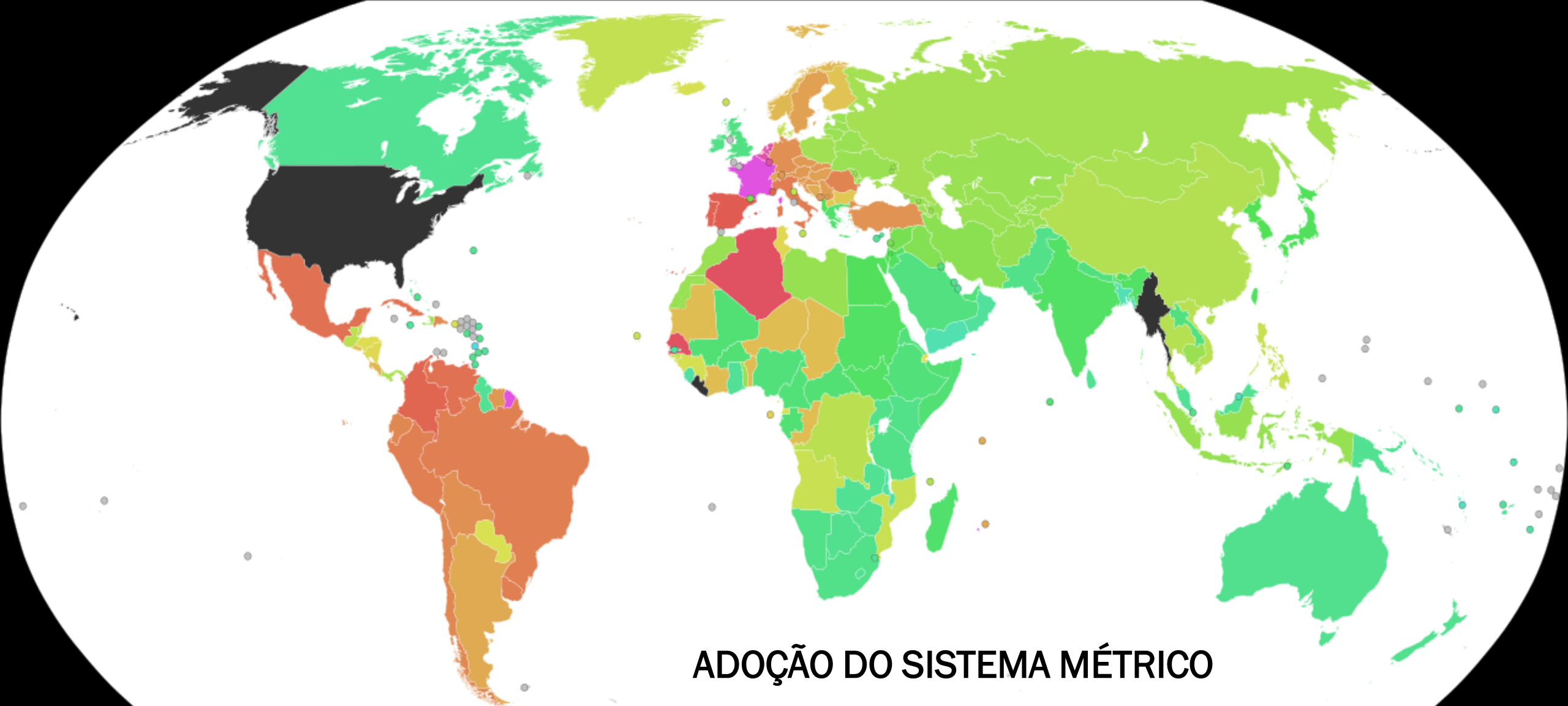
MLT – Sistemas de unidade absoluta

LTF – Sistemas de unidade técnicos

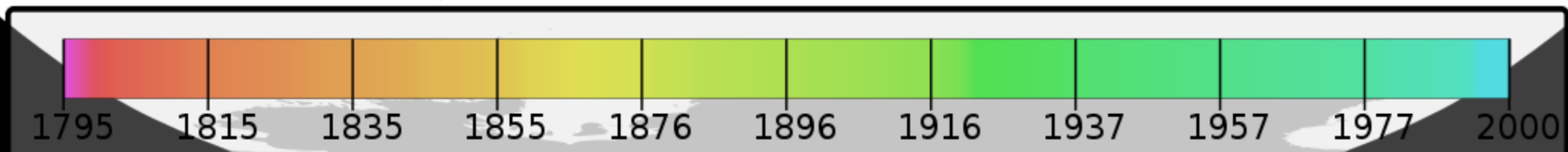
A partir das grandezas fundamentais, são definidas unidades para as demais grandezas, ditas grandezas derivadas.

$m - m^2, m^3, m/s, m/s^2...$





## ADOÇÃO DO SISTEMA MÉTRICO





**SISTEMA CGS:** Sistema quase idêntico ao SI, a principal diferença entre eles é sugerida pela própria sigla, em que:

C: comprimento em centímetros

G: massa em gramas

S: tempo em segundos

Exemplos: velocidade (cm/s), peso específico (g/cm<sup>3</sup>), aceleração (cm/s<sup>2</sup>)

1 – Expresse as grandezas abaixo no Sistema CGS:

45,2kg/mm<sup>3</sup> - 12,0 milhas/h

1 – Expresse as grandezas abaixo no Sistema CGS:

45,2kg/mm<sup>3</sup> - 12,0 milhas/h

$$45,22 \frac{kg}{mm^3} \cdot \frac{1000g}{1kg} \cdot \left( \frac{10mm}{1cm} \right)^3$$

$$45,22 \frac{kg}{mm^3} \cdot \frac{1000g}{1kg} \cdot \frac{10^3 mm^3}{1cm^3}$$

$$45,22 \cdot 10^6 \frac{g}{cm^3}$$

$$12 \frac{mi}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1,61km}{1mi} \cdot \frac{1000m}{1km} \cdot \frac{100cm}{1m}$$

$$536,66 \frac{cm}{s}$$

# SISTEMA CGS E MKS

**SISTEMA MKS:** É um sistema de unidades de medidas físicas, ou sistema dimensional, de tipologia LMT:

L: medida de comprimento

M: medida de massa

T: medida de tempo

É o sistema de unidades físicas essencial que originou o Sistema Internacional de Unidades (SI), por este sendo substituído.

Área –  $L^2$

Tempo – T

Velocidade –  $LT^{-1}$

Força –  $MLT^{-2}$

Volume –  $L^3$

Aceleração –  $LT^{-2}$

Ângulo –  $M^0L^0T^0$



# SISTEMA CGS E MKS

2 - Determine as unidades no Sistema MKS para trabalho, potência e pressão.

Trabalho – força x deslocamento

Potência – trabalho por tempo

Pressão – força por área

SISTEMA MKS: L: para medida de comprimento

M: para medida de massa

T: para medida de tempo

Trabalho = força x deslocamento = massa x aceleração x deslocamento

Trabalho = massa x aceleração x deslocamento =  $M \cdot LT^{-2} \cdot L = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$

Potência = trabalho / tempo =  $ML^2T^{-2} \cdot T^{-1} = ML^2T^{-3}$

Pressão = força / área = (massa x aceleração) / área =  $M \cdot LT^{-2} \cdot L^{-2} = ML^{-1}T^{-2}$

## SISTEMA FPS e TÉCNICO

**SISTEMA FPS:** Sistema inglês de medidas. Atualmente, somente utilizado por EUA, Libéria, Birmânia e parcialmente pela Inglaterra. Utiliza unidades de pé, polegada, libra, milha e suas derivações.

**SISTEMA TÉCNICO:** Derivado do Sistema Métrico, diferenciando do SI na questão da massa.

DESIGNAÇÃO		DIMENSÕES		S I ( M, L, T )	Sist. Técnico (F, L, T)
		M L T	F L T		
Unidades Fundamentais	Comprimento	L	L	metro (m)	metro (m)
	Massa	M	$F T^2 / L$	quilograma ( kg )	U. T. M.
	Força	$M L / T^2$	F	newton ( N )	Quilograma-força (kgf)
	Tempo	T	T	segundo ( s )	segundo ( s )
Unidades Derivadas	Superfície	$L^2$	$L^2$	$m^2$	$m^2$
	Volume	$L^3$	$L^3$	$m^3$	$m^3$
	Velocidade	$L / T$	$L / T$	$m / s$	$m / s$
	Aceleração	$L / T^2$	$L / T^2$	$m / s^2$	$m / s^2$
	Trabalho	$M L^2 / T^2$	FL	Joule ( J )	quilográmetro (kgf.m)
	Potência	$M L^2 / T^3$	$F L / T$	Watt ( W )	quilográmetro / s
	Viscosidade Dinâmica ( $\mu$ )	$M / L T$	$F T / L^2$	$N s / m^2$ (Pa s)	$kgf s / m^2$
	Viscosidade Cinemática(v)	$L^2 / T$	$L^2 / T$	$m^2 / s$	$m^2 / s$
	Massa Específica ( $\rho$ )	$M / L^3$	$F T^2 / L^4$	$kg / m^3$	$kgf s^2 / m^4$ ( UTM / $m^3$ )
	Peso Específico ( $\gamma$ )	$M / L^2 T^2$	$F / L^3$	$N / m^3$	$kgf / m^3$

**OBS:** A massa no S.I. possui o mesmo **módulo** que a **força** no Sistema Técnico.

**Exemplo:** 2 kg (massa no S.I.) de tomate pesam 2 kgf (força no Sistema Técnico), porém são sistemas de unidades diferentes !!!

O Quadro abaixo exemplifica a questão:

<b>S.I.</b>	<b>Sistema Técnico</b>
Massa = 2 kg	Massa = $\frac{2 \text{ kgf}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,204 \text{ U.T.M} = 0,204 \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$
Peso = m . g Peso = 2 kg . 9,81 m/s <sup>2</sup>	Peso = m . g Peso = 0,204 $\frac{\text{kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$ . 9,81 m/s <sup>2</sup>
<b>Peso = 19,62 N</b>	<b>Peso = 2 kgf</b>

Observação: Na resolução de problemas é necessário a utilização de um **mesmo sistema de unidades**.

A massa específica ( $\rho$ ) no S.I. = Peso específico ( $\gamma$ ) no Sistema Técnico

Exemplo:

$$\rho_{\text{água}} (\text{S.I.}) = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{água}} (\text{S.Téc.}) = 1.000 \text{ kgf/ m}^3$$

# NÚMEROS ADIMENSIONAIS

Algumas variáveis são normalmente utilizadas na análise dos problemas de mecânica dos fluidos, estas, podem ser combinadas em grupos adimensionais.

Prove que os seguintes números são adimensionais:

$$Eu = \frac{2(-\Delta P)}{\rho v^2}$$

$$\rho = \frac{kg}{m^3}$$

$$v = \frac{m}{s}$$

$$P = Pa$$

$$P = \frac{N}{A} = \frac{kg.m}{s^2} \cdot \frac{1}{m^2} = \frac{kg}{m.s^2}$$

$$Eu = \frac{kg}{m.s^2} \cdot \frac{1}{\frac{kg}{m^3}} \cdot \frac{1}{\frac{m^2}{s^2}} = [-]$$

# NÚMEROS ADIMENSIONAIS

Algumas variáveis são normalmente utilizadas na análise dos problemas de mecânica dos fluidos, estas, podem ser combinadas em grupos adimensionais.

Prove que os seguintes números são adimensionais:

$$\text{Re} = \frac{dv\rho}{\mu}$$

$$\rho = \frac{kg}{m^3}$$

$$v = \frac{m}{s}$$

$$\mu = \frac{kg}{m.s}$$

$$\text{Re} = m \frac{m}{s} \cdot \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1}{\frac{kg}{m.s}} = [-]$$

Faça a seguinte conversão de unidades pelo método proposto:

$$45,22 \frac{ft^2 slug}{min} \quad \text{em} \quad \frac{m^2 kg}{s}$$
$$45,22 \frac{ft^2 slug}{min} \cdot \frac{1 min}{60 s} \cdot \frac{14,59 kg}{1 slug} \cdot \left( \frac{1 m}{3,28 ft} \right)^2$$
$$1,022 \frac{m^2 \cdot kg}{s}$$

# PRINCÍPIO DA HOMOGENEIDADE DIMENSIONAL

Todas as equações teóricas deste curso são dimensionalmente homogêneas, ou seja, as dimensões do lado esquerdo e do lado direito da equação são iguais, e todos os termos separados da equação precisam apresentar a mesma dimensão.

*Todas as grandezas físicas são quantificadas por um valor e uma unidade; qualquer comparação entre grandezas deve envolver tanto os valores quanto as unidades*

Verifique a homogeneidade da equação de Bernoulli:

$$H(m) = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{\Delta P}{\gamma}$$

$z$  = altura

$v$  = velocidade do fluido

$P$  = Pressão

$\gamma$  = Peso específico  $\frac{N}{m^3}$



# PRINCÍPIO DA HOMOGENEIDADE DIMENSIONAL

$$H(m) = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{\Delta P}{\gamma}$$

$$P = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{m^2} \quad \gamma = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{m^3}$$

$$m = m + \frac{\cancel{\frac{m^2}{s^2}}}{\cancel{\frac{m}{s^2}}} + \frac{\cancel{kg} \cdot \cancel{\frac{m}{s^2}} \cdot \cancel{\frac{1}{m^2}}}{\cancel{kg} \cdot \cancel{\frac{m}{s^2}} \cdot \cancel{\frac{1}{m^3}}}$$

$$m = m + m + m$$

$$\frac{1}{\frac{m^2}{m^3}} = m$$

$z$  = altura

$v$  = velocidade do fluido

$P$  = Pressão

$\gamma$  = Peso específico  $\frac{N}{m^3}$