

# Pensando na primeira avaliação



Todas as demais grandezas, excluindo-se as fundamentais (MLT para o SI e FLT para o gravitacional), são denominadas de grandezas derivadas e definidas através das fundamentais nas equações dimensionais. Exemplos:

Grandeza	Sistema Internacional (SI - MLT)	Sistema Gravitacional (FLT)
Aceleração	$LT^{-2}$	$LT^{-2}$
Aceleração angular	$T^{-2}$	$T^{-2}$
Ângulo	$M^0L^0T^0$	$F^0L^0T^0$
Área	$L^2$	$L^2$
Calor	$ML^2T^{-2}$	$FL$
Comprimento	$L$	$L$
Energia	$ML^2T^{-2}$	$FL$
Força	$MLT^{-2}$	$F$
Frequência	$T^{-1}$	$T^{-1}$
Gradiente de velocidade	$T^{-1}$	$T^{-1}$
Massa	$M$	$FL^{-1}T^2$
Massa específica	$ML^{-3}$	$FL^{-4}T^2$
Massa específica relativa	$M^0L^0T^0$	$F^0L^0T^0$
Momento de uma força	$ML^2T^{-2}$	$FL$
Peso específico	$ML^{-2}T^{-2}$	$FL^{-3}$
Potência	$ML^2T^{-3}$	$FLT^{-1}$
Pressão	$ML^{-1}T^{-2}$	$FL^{-2}$
Tempo	$T$	$T$
Tensão de cisalhamento	$ML^{-1}T^{-2}$	$FL^{-2}$
Torque	$ML^2T^{-2}$	$FL$
Trabalho	$ML^2T^{-2}$	$FL$
Velocidade	$LT^{-1}$	$LT^{-1}$
Velocidade angular	$T^{-1}$	$T^{-1}$
Viscosidade cinemática	$L^2T^{-1}$	$L^2T^{-1}$
Viscosidade dinâmica	$ML^{-1}T^{-1}$	$FL^{-2}T$
Volume	$L^3$	$L^3$

**Importante:** Todas as equações devem ser dimensionalmente homogêneas, ou seja, as dimensões do lado esquerdo e do lado direito da equação devem ser iguais, o que implica que todos os termos separados da equação necessitam apresentar a mesma dimensão.

**Exemplo 1:** A equação usualmente utilizada para determinar a vazão do escoamento de líquido através de um orifício localizado na lateral de um tanque é:

$$Q = 0,61 \times A \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

onde  $A$  é a área do orifício,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $h$  é a altura da superfície livre do líquido em relação ao orifício. Investigue a homogeneidade dimensional desta equação.

## Sistemas de Unidades

Normalmente além de termos que descrever qualitativamente uma quantidade, é necessário quantificá-la.

As informações a seguir foram extraídas da página: [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp#n\\_letra](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp#n_letra) que é uma das referências de nossos estudos.

### O Sistema Internacional de Unidades - SI

As informações aqui apresentadas irão ajudar você a compreender melhor e a escrever corretamente as unidades de medida adotadas no Brasil. A necessidade de medir é muito antiga e remota à origem das civilizações. Por longo tempo cada país, cada região, teve o seu próprio sistema de medidas, baseado em unidades arbitrárias e imprecisas, como por exemplo, aquelas baseadas no corpo humano: palmo, pé, polegada, braça, côvado.

Isso criava muitos problemas para o comércio, porque as pessoas de uma região não estavam familiarizadas com o sistema de medida das outras regiões. Imagine a dificuldade em comprar ou vender produtos cujas quantidades eram expressas em unidades de medida diferentes e que não tinham correspondência entre si.

Em 1789, numa tentativa de resolver o problema, o Governo Republicano Francês pediu à Academia de Ciências da França que criasse um sistema de medidas baseado numa "constante natural". Assim foi criado o Sistema Métrico Decimal. Posteriormente, muitos outros países adotaram o sistema, inclusive o Brasil, aderindo à "Convenção do Metro". O Sistema Métrico Decimal adotou, inicialmente, três unidades básicas de medida: o metro, o litro e o quilograma.

Entretanto, o desenvolvimento científico e tecnológico passou a exigir medições cada vez mais precisas e diversificadas. Por isso, em 1960, o sistema métrico decimal foi substituído pelo Sistema Internacional de Unidades - SI, mais complexo e sofisticado, adotado também pelo Brasil em 1962 e ratificado pela Resolução nº 12 de 1988 do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, tornando-se de uso obrigatório em todo o Território Nacional.

---

### **Nome e Símbolo** - como escrever as unidades SI

As unidades SI podem ser escritas por seus nomes ou representadas por meio de símbolos.

Exemplos:

Unidade de comprimento

nome: metro

símbolo: m

Unidade de tempo

nome: segundo

símbolo: s

---

### **Nome** - em letra minúscula

Os nomes das unidades SI são escritos sempre em letra minúscula.

Exemplos:

quilograma, newton, metro cúbico

exceção:

no início da frase e "grau Celsius"

---

### **Nome** - formação do plural

A Resolução Conmetro 12/88 estabelece regras para a formação do plural dos nomes das unidades de medir. Para facilitar a consulta, indicamos na tabela "1" o plural dos nomes mais utilizados.

---

**Nome** - pronúncia correta

O acento tônico recai sobre a unidade e não sobre o prefixo.

exemplos:

micrometro, hectolitro, milisegundo, centigrama

exceções:

quilômetro, hectômetro, decâmetro, decímetro, centímetro e milímetro

---

**Símbolo** - não é abreviatura

O símbolo é um sinal convencional e invariável utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura das unidades SI. Por isso mesmo não é seguido de ponto.

	Certo	Errado
segundo	s	s. ; seg.
metro	m	m. ; mtr.
quilograma	kg	kg. ; kgr.
hora	h	h. ; hr.

---

**Símbolo** - não é expoente

O símbolo não é escrito na forma de expoente.

Certo	Errado
250m	<b>250<sup>m</sup></b>
10g	<b>10<sup>g</sup></b>
2mg	<b>2<sup>mg</sup></b>

---

**Símbolo** - não tem plural

O símbolo é invariável; não é seguido de "s".

	Certo	Errado
cinco metros	5m	5ms
dois quilogramas	2kg	2kgs
oito horas	8h	8hs

---

Toda vez que você se refere a um valor ligado a uma unidade de medir, significa que, de algum modo, você realizou uma medição. O que você expressa é, portanto, o resultado da medição, que apresenta as seguintes características básicas:

valor numérico      prefixo da unidade  
**250,8 cm**  
espaço de até um caractere      unidade (comprimento)

---

### Unidade Composta

Ao escrever uma unidade composta, não misture nome com símbolo.

Certo	Errado
quilômetro por hora km/h	quilômetro/h km/hora
metro por segundo m/s	metro/s m/segundo

---

### O Grama

O grama pertence ao gênero masculino. Por isso, ao escrever e pronunciar essa unidade, seus múltiplos e submúltiplos, faça a concordância corretamente.

exemplos:

dois quilogramas; quinhentos miligramas; duzentos e dez gramas; oitocentos e um gramas.

## O Prefixo Quilo

O prefixo quilo (símbolo k) indica que a unidade está multiplicada por mil. Portanto, não pode ser usado sozinho.

Certo	Errado
quilograma; kg	quilo; k

Use o prefixo quilo da maneira correta.

Certo	Errado
quilômetro	kilômetro
quilograma	kilograma
quilolitro	kilolitro

---

## Medidas de Tempo

Ao escrever as medidas de tempo, observe o uso correto dos símbolos para hora, minuto e segundo.

Certo	Errado
9h25min6s	9:25h 9h 25' 6''

Obs: Os símbolos ' e '' representam minuto e segundo em unidades de ângulo plano e não de tempo.

---

## Principais Unidades SI

Grandeza	Nome	Plural	Símbolo
comprimento	metro	metros	m
área	metro quadrado	metros quadrados	m <sup>2</sup>
volume	metro cúbico	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
ângulo plano	radiano	radianos	rad
tempo	segundo	segundos	s
freqüência	hertz	hertz	Hz
velocidade	metro por segundo	metros por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo por segundo	metros por segundo por segundo	m/s <sup>2</sup>
massa	quilograma	quilogramas	kg
massa específica	quilograma por metro cúbico	quilogramas por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
vazão	metro cúbico por segundo	metros cúbicos por segundo	m <sup>3</sup> /s
quantidade de matéria	mol	mols	mol
força	newton	newtons	N
pressão	pascal	pascals	Pa
trabalho, energia quantidade de calor	joule	joules	J
potência, fluxo de energia	watt	watts	W
corrente elétrica	ampère	ampères	A
carga elétrica	coulomb	coulombs	C
tensão elétrica	volt	volts	V
resistência elétrica	ohm	ohms	$\Omega$
condutância	siemens	siemens	S
capacitância	farad	farads	F
temperatura Celsius	grau Celsius	graus Celsius	°C
temp. termodinâmica	kelvin	kelvins	K
intensidade luminosa	candela	candelas	cd
fluxo luminoso	lúmen	lúmens	lm
iluminamento	lux	lux	lx

### Algumas Unidades em uso com o SI, sem restrição de prazo

Grandeza	Nome	Plural	Símbolo	Equivalência
volume	litro	litros	l ou L	0,001 m <sup>3</sup>
ângulo plano	grau	graus	°	p/180 rad
ângulo plano	minuto	minutos	'	p/10 800 rad
ângulo plano	segundo	segundos	''	p/648 000 rad
massa	tonelada	toneladas	t	1 000 kg
tempo	minuto	minutos	min	60 s
tempo	hora	horas	h	3 600 s
velocidade angular	rotação por minuto	rotações por minuto	rpm	p/30 rad/s

### Algumas Unidades fora do SI, admitidas temporariamente

Grandeza	Nome	Plural	Símbolo	Equivalência
pressão	atmosfera	atmosferas	atm	101 325 Pa
pressão	bar	bars	bar	<b>10<sup>5</sup></b> Pa
pressão	milímetro de mercúrio	milímetros de mercúrio	mmHg	133,322 Pa aprox.
quantidade de calor	caloria	calorias	cal	4,186 8 J
área	hectare	hectares	ha	<b>10<sup>4</sup></b> m <sup>2</sup>
força	quilograma-força	quilogramas-força	kgf	9,806 65 N
comprimento	milha marítima	milhas marítimas		1 852 m
velocidade	nó	nós		(1852/3600)m/s

## Prefixos das Unidades SI

Nome	Símbolo	Fator de multiplicação da unidade
yotta	Y	$10^{24} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
zetta	Z	$10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
exa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
quilo	k	$10^3 = 1\ 000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	10
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	$\mu$	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
femto	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
atto	a	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
zepto	z	$10^{-21} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
yocto	y	$10^{-24} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

**A** - Para formar o múltiplo ou submúltiplo de uma unidade, basta colocar o nome do prefixo desejado na frente do nome desta unidade. O mesmo se dá com o símbolo.

Exemplo:

Para multiplicar e dividir a unidade volt por mil

quilo + volt = quilovolt ; k + V = kV

mili + volt = milivolt ; m + V = mV

**B** - Os prefixos SI também podem ser empregados com unidades fora do SI.

Exemplo:

milibar; quilocaloria; megatonelada; hectolitro

**C** - Por motivos históricos, o nome da unidade SI de massa contém um prefixo: quilograma. Por isso, os múltiplos e submúltiplos dessa unidade são formados a partir do grama.

**Viscosidade dinâmica**  $\rightarrow \mu$

1. Unidade do SI: Pas (Pascal-segundo) =  $1 \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}$

2. Denominação das unidades:

$$P = \text{poise} = \frac{\text{dina} \times \text{s}}{\text{cm}^2}$$

cP = centipoise

**Exemplo 2:**

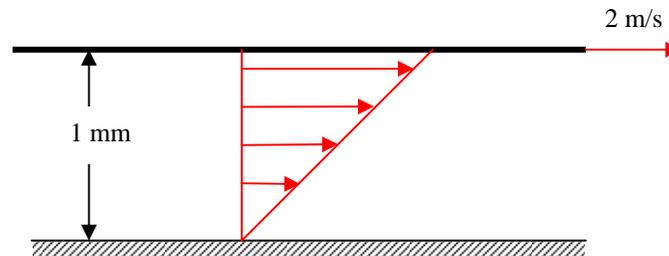
O peso de  $3 \text{ dm}^3$  de uma substância é 23,5 N. se  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , qual será a sua massa específica no SI ( $\text{kg/m}^3$ ); MK\*S ( $\text{utm/m}^3$ ) e no CGS ( $\text{g/cm}^3$ )?

**Exemplo 3:**

Um tanque de ar comprimido apresenta volume igual a  $2,38 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ . Determine a massa específica e o peso do ar contido no tanque quando a sua pressão for 441,3kPa(abs) e a sua temperatura for  $21^\circ\text{C}$ . Dado:  $R_{\text{ar}} = 287 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \times \text{K}}$

#### Exemplo 4:

São dadas duas placas planas paralelas à distância de 1 mm. A placa superior move-se com velocidade de 2 m/s, enquanto a inferior é fixa. Se o espaço entre as placas é preenchido com óleo de viscosidade igual a  $8 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ , qual será a tensão de cisalhamento que agirá no óleo?



#### Exemplo 5:

Um gás natural tem sua massa específica relativa igual a 0,6 em relação ao ar a 101325 Pa (abs) e  $15^\circ\text{C}$ . Qual é a constante R e o peso específico do gás natural nas mesmas condições de pressão e temperatura especificadas para o ar?

#### Exemplo 6:

Numa tubulação escoo hidrogênio ( $K = 1,4$  e  $R_{\text{hidrogênio}} = 4122 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \times \text{K}}$ ). Sabendo-se que em uma seção (1) da tubulação se tem,  $p_1 = 3 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  (abs) e  $t_1 = 30^\circ\text{C}$  e que ao longo da mesma o escoamento é considerado isotérmico (temperatura constante), pede-se especificar a massa específica do gás na seção (2) onde se tem a  $p_2 = 1,5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  (abs).

#### Exemplo 7:

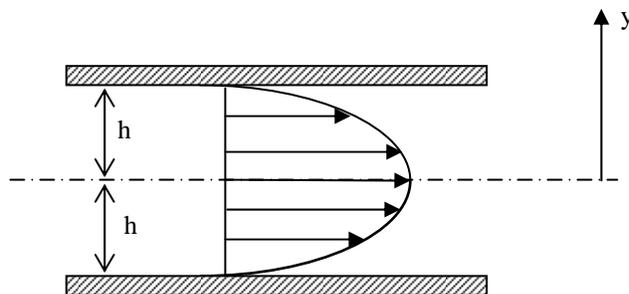
Uma câmara de pneu com volume interno igual a  $0,09 \text{ m}^3$ , contém ar a  $30 \frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2}$  (abs) e  $21^\circ\text{C}$ . Determine a massa específica e o peso do ar contido na câmara.

### Exemplo 8:

A câmara de um dirigível de grande porte apresenta volume igual a  $90000 \text{ m}^3$  e contém hélio ( $R = 2077 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \times \text{K}}$ ) a  $110 \text{ kPa}$  (abs) e  $15^\circ\text{C}$ . Determine a massa específica e o peso total do hélio.

### Exemplo 9:

A distribuição de velocidade do escoamento de um fluido Newtoniano (aquele que obedece a lei de Newton da viscosidade  $\rightarrow \tau = \mu \times \frac{dv}{dy}$ ) num canal formado por duas placas paralelas e largas (veja figura) é dada pela equação:  $v = \frac{3v_m}{2} \times \left[ 1 - \left( \frac{y}{h} \right)^2 \right]$  onde  $v_m \rightarrow$  é a velocidade média. O fluido apresenta viscosidade dinâmica igual a  $1,92 \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}$  (ou  $\text{Pa} \times \text{s}$ ). Admitindo que  $v_m = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  e  $h = 5\text{mm}$ , determine a tensão de cisalhamento, tanto na parede inferior do canal ( $y = -h$ ), como no seu plano central ( $y = 0$ ).



**Viscosidade cinemática**  $\rightarrow \nu$

A viscosidade cinemática é definida pela relação entre a viscosidade dinâmica e a massa específica do fluido considerado, ou seja:  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

**Exemplo 10:**

A viscosidade cinemática e a massa específica relativa de um líquido são, respectivamente, iguais a  $3,5 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$  e 0,79. Qual é o valor da viscosidade dinâmica deste líquido no SI?

**Exemplo 11:**

Calcular o peso específico do ar a 441 kPa (abs) e 38°C.

**Exemplo 12:**

A viscosidade cinemática de um óleo é  $0,026 \text{ m}^2/\text{s}$  e seu peso específico relativo igual a 0,82, nesta situação especifique a viscosidade dinâmica, tanto em  $\text{Pa} \times \text{s}$ , como em  $\frac{\text{dina} \times \text{s}}{\text{cm}^2} = \text{poise}$

**Exemplo 13:**

No módulo espacial, instalado na rampa de lançamento na terra ( $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ), coloca-se uma certa massa de um líquido cujo peso é 15 kgf. Determine o peso do mesmo líquido, quando o módulo do foguete estiver na Lua ( $g = 1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ).