



Departamento de Física Experimental

# Métodos Estatísticos de Física Experimental

## Grandezas e Unidades – Medição

18/02/2014

Paulo R. Pascholati

# Sumário

- 1 Prólogo
- 2 Grandezas e Unidades
  - Definições
- 3 Medição
  - Definições
- 4 Curiosidade
  - Nome, Prefixo e Fator de Unidades em Potência de 2

## Prólogo

O objetivo desta apresentação é de prover aos alunos algumas definições e conceitos básicos de Metrologia de importância para o conteúdo da disciplina de Métodos Estatísticos de Física Experimental. O texto é constituído de excertos das publicações *Vocabulário Internacional de Metrologia - VIM 2012 : Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados*<sup>1</sup> e do *Sistema internacional de Unidades - SI*<sup>2</sup>.

Esta iniciativa em parte é fruto de discussões com o Prof. Giorgio Moscati, professor aposentado deste Instituto e *expert* no assunto, sobre a necessidade de que nossos alunos tenham domínio de alguns conteúdos de Metrologia.

<sup>1</sup>*Vocabulário Internacional de Metrologia - VIM 2012 : Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados*, 1<sup>a</sup> edição Luso-Brasileira, INMETRO, Rio de Janeiro, 2012.

<sup>2</sup>*Sistema Internacional de Unidades - SI*, 1<sup>a</sup> Edição Brasileira da 8<sup>a</sup> Edição do BIPM, INMETRO, Rio de Janeiro, 2012.

# Sumário

- 1 Prólogo
- 2 Grandezas e Unidades
  - Definições
- 3 Medição
  - Definições
- 4 Curiosidade
  - Nome, Prefixo e Fator de Unidades em Potência de 2

# Grandezas e Unidades

## Definições

### **Excerto do Vocabulário Internacional de Metrologia - VIM 2012.**

- Grandeza  
Propriedade dum fenómeno dum corpo ou duma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma dum número e duma referência.
- sistema de grandezas  
Conjunto de grandezas associado a um conjunto de relações não contraditórias entre estas grandezas.
- grandeza de base  
Grandeza dum subconjunto escolhido, por convenção, de um dado sistema de grandezas, no qual nenhuma grandeza do subconjunto possa ser expressa em função das outras.

# Grandezas e Unidades

## Definições

- Sistema Internacional de Grandezas  
Sistema de grandezas baseado nas sete grandezas de base: comprimento, massa, tempo, corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de substância e intensidade luminosa.
- unidade de medida  
Grandeza escalar real, definida e adotada por convenção, com a qual qualquer outra grandeza da mesma natureza pode ser comparada para expressar, na forma dum número, a razão entre as duas grandezas.

# Grandezas e Unidades

## Definições

- unidade de base  
Unidade de medida que é adotada por convenção para uma grandeza de base.
- sistema de unidades  
Conjunto de unidades de base e de unidades derivadas, juntamente com os seus múltiplos e submúltiplos, definidos de acordo com regras dadas, para um dado sistema de grandezas.
- Sistema Internacional de Unidades - SI  
Sistema de unidades, baseado no Sistema Internacional de Grandezas, com os nomes e os símbolos das unidades, incluindo uma série de prefixos com seus nomes e símbolos, em conjunto com regras de utilização, adotado pela Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

# Grandezas e Unidades

## Grandeza de Base e Unidade de Base

Sistema Internacional de Grandezas, com os nomes e os símbolos das unidades, adotado pela Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

Grandeza de base Nome	Unidade de base	
	Nome	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	kilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampere	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de substância	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd



# Grandezas e Unidades

## Prefixo e Fator de Unidades

Sistema Internacional de Grandezas: prefixos com seus nomes, símbolos e fatores.

Fator	Prefixo	
	Nome	Símbolo
$10^{24}$	yotta	Y
$10^{21}$	zetta	Z
$10^{18}$	exa	E
$10^{15}$	peta	P
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hecto	h
$10^1$	deca	da

Fator	Prefixo	
	Nome	Símbolo
$10^{-1}$	deci	da
$10^{-2}$	centi	h
$10^{-3}$	mili	k
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	femto	f
$10^{-18}$	atto	a
$10^{-21}$	zepto	z
$10^{-24}$	yocto	y

# Grandezas e Unidades

## Prefixo de Unidades – Nova Grafia – SI-IMETRO 2012

Nova grafia em concordância com a regra do SI para formação do nome das unidades justapondo o prefixo ao nome da unidade.

Prefixo SI + Unidade SI	Nova grafia pela regra do SI (utilizada na disciplina)	Grafia atual, aceita
centi + metro	centimetro	centímetro
deca + metro	decametro	decâmetro
deci + metro	decimetro	decímetro
exa + metro	exametro	exâmetro
giga + metro	gigametro	gigâmetro
hecto + metro	hectometro	hectômetro
kilo + metro	kilometro	quilômetro
micro + metro	micrometro	micrômetro
mili + metro	milimetro	milímetro
mili + radiano	miliradiano	milirradiano
mili + segundo	milisegundo	milissegundo
nano + metro	nanometro	nanômetro

# Grandezas e Unidades

## Prefixo de Unidades – Nova Grafia SI-IMETRO 2012

As alterações nas grafias de nomes e pronúncias de unidades adotadas na publicação SI-IMETRO 2012 permitirão que novas palavras (ainda não registradas nos dicionários da língua portuguesa), oriundas do uso popularizado pela ciência, observem em seu processo de criação a regra adotada pelo BIPM para a formação de múltiplos e submúltiplos,

Regra de formação do BIPM	Grafia a ser adotada	Grafia a ser evitada
atto + metro	attometro	attômetro
femto + metro	femtometro	femtômetro
mega + metro	megometro	megâmetro
peta + metro	petometro	petâmetro
pico + metro	picometro	picômetro
tera + metro	terometro	terâmetro

# Grandezas e Unidades

Nome Modificado de Unidade – SI-IMETRO 2012

Unidades cujos nomes foram modificados em relação à publicação do Inmetro SI Sistema Internacional de Unidades, 8ª edição (Revisada), 2007.

Grandeza	Nome da unidade SI (2012)	Nome da unidade SI (2007)
ângulo sólido	esferorradiano	esterradiano
comprimento	angstrom	ångström
corrente elétrica	ampere	ampère
energia	elétron-volt	eletronvolt

# Grandezas e Unidades

## Definições

- valor dum grandeza

Conjunto, formado por um número e por uma referência, que constitui a expressão quantitativa dum grandeza.

EXEMPLO 1 Comprimento dum determinada haste: 5,34 m ou 534 cm

EXEMPLO 2 Massa dum determinado corpo: 0,152 kg ou 152 g

EXEMPLO 3 Curvatura dum determinado arco: 112 m

EXEMPLO 4 Temperatura Celsius dum determinada amostra:  $-5^{\circ}\text{C}$

EXEMPLO 5 Impedância elétrica dum determinado elemento de circuito a uma dada frequência, onde  $j$  é a unidade imaginária:  $(7+3j) \Omega$

EXEMPLO 6 Índice de refração dum determinada amostra de vidro: 1,32

# Grandezas e Unidades

## Definições

- valor verdadeiro de uma grandeza  
valor consistente com a definição de uma dada grandeza específica.

NOTA 1 É um valor que seria obtido por uma medição perfeita.

NOTA 2 Valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados.

NOTA 3 O artigo indefinido “um” é usado, preferivelmente ao artigo definido “o”, em conjunto com “valor verdadeiro” porque pode haver muitos valores consistentes com a definição de uma dada grandeza específica.

*(Qual é “o valor verdadeiro” da data da Revolução Vermelha na Rússia?)*

# Grandezas e Unidades

## Definições

- valor verdadeiro de uma grandeza  
valor consistente com a definição de uma dada grandeza específica.

NOTA 1 É um valor que seria obtido por uma medição perfeita.

NOTA 2 Valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados.

NOTA 3 O artigo indefinido “um” é usado, preferivelmente ao artigo definido “o”, em conjunto com “valor verdadeiro” porque pode haver muitos valores consistentes com a definição de uma dada grandeza específica.

*(Qual é “o valor verdadeiro” da data da Revolução Vermelha na Rússia? Sete de novembro de 1917 é um valor verdadeiro, assim como 25 de outubro de 1917.*

# Grandezas e Unidades

## Definições

- valor verdadeiro de uma grandeza  
valor consistente com a definição de uma dada grandeza específica.

NOTA 1 É um valor que seria obtido por uma medição perfeita.

NOTA 2 Valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados.

NOTA 3 O artigo indefinido “um” é usado, preferivelmente ao artigo definido “o”, em conjunto com “valor verdadeiro” porque pode haver muitos valores consistentes com a definição de uma dada grandeza específica.

*(Qual é “o valor verdadeiro” da data da Revolução Vermelha na Rússia? Sete de novembro de 1917 é um valor verdadeiro, assim como 25 de outubro de 1917. Depende do calendário – modelo – que se usa:*



# Grandezas e Unidades

## Definições

- valor verdadeiro de uma grandeza  
valor consistente com a definição de uma dada grandeza específica.

NOTA 1 É um valor que seria obtido por uma medição perfeita.

NOTA 2 Valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados.

NOTA 3 O artigo indefinido “um” é usado, preferivelmente ao artigo definido “o”, em conjunto com “valor verdadeiro” porque pode haver muitos valores consistentes com a definição de uma dada grandeza específica.

*(Qual é “o valor verdadeiro” da data da Revolução Vermelha na Rússia? Sete de novembro de 1917 é um valor verdadeiro, assim como 25 de outubro de 1917. Depende do calendário – modelo – que se usa: Juliano ou Gregoriano.)*

# Grandezas e Unidades

## Definições

- valor verdadeiro convencional de uma grandeza  
valor atribuído a uma grandeza específica e aceito, às vezes por convenção, como tendo uma incerteza apropriada para uma dada finalidade

EXEMPLO 1 Valor recomendado para a velocidade da luz no vácuo<sup>3</sup> 299 792 458 m/s.

EXEMPLO 2 Valor recomendado pelo CODATA (1986) para a Constante de Avogadro:  $6,022\,136\,7 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

---

<sup>3</sup>O símbolo  $c$ , utilizado para representar a velocidade da luz no vácuo, origina-se do latim *celeritas*, que significa velocidade ou rapidez.

# Sumário

- 1 Prólogo
- 2 Grandezas e Unidades
  - Definições
- 3 **Medição**
  - Definições
- 4 Curiosidade
  - Nome, Prefixo e Fator de Unidades em Potência de 2

# Medição

## Definições

- medição  
Processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.
- mensurando  
Grandeza que se pretende medir.  
NOTA 1 A especificação dum mensurando requer o conhecimento da natureza da grandeza e a descrição do estado do fenómeno, do corpo ou da substância da qual a grandeza é uma propriedade, incluindo qualquer constituinte relevante e as entidades químicas envolvidas.
- método de medição  
Descrição genérica dum organização lógica de operações utilizadas na realização dum medição.

# Medição

## Definições

- procedimento de medição  
Descrição detalhada duma medição de acordo com um ou mais princípios de medição e com um dado método de medição, baseada num modelo de medição e incluindo todo cálculo destinado à obtenção dum resultado de medição.

# Medição

## Definições

- resultado de medição

Conjunto de valores atribuídos a um mensurando, juntamente com toda outra informação pertinente disponível.

NOTA 1 Um resultado de medição geralmente contém “informação pertinente” sobre o conjunto de valores, alguns dos quais podem ser mais representativos do mensurando do que outros. Isto pode ser expresso na forma duma função densidade de probabilidade (FDP).

NOTA 2 Um resultado de medição é geralmente expresso por um único valor medido e uma incerteza de medição. Caso a incerteza de medição seja considerada desprezável para alguma finalidade, o resultado de medição pode ser expresso como um único valor medido. Em muitos domínios, esta é a maneira mais comum de expressar um resultado de medição.

# Medição

## Definições

- exatidão de medição  
Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro dum mensurando.  
NOTA 1 A “exatidão de medição” não é uma grandeza e não lhe é atribuído um valor numérico. Uma medição é dita mais exata quando fornece um erro de medição menor.
- precisão de medição ; fidelidade ou precisão de medição  
Grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas.  
NOTA 1 A precisão de medição é geralmente expressa numericamente por características como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições especificadas de medição.

# Medição

## Definições

- NOTA 2 As “condições especificadas” podem ser, por exemplo, condições de repetibilidade, condições de precisão intermediária ou condições de reprodutibilidade .  
NOTA 3 A precisão de medição é utilizada para definir a repetibilidade de medição, a precisão intermediária de medição e a reprodutibilidade de medição.



# Medição

## Definições

- erro de medição  
Diferença entre o valor medido duma grandeza e um valor de referência.
- erro sistemático  
Componente do erro de medição que, em medições repetidas, permanece constante ou varia de maneira previsível.
- erro aleatório  
Componente do erro de medição que, em medições repetidas, varia de maneira imprevisível.

# Medição

## Definições

- incerteza de medição  
Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas.
- avaliação do Tipo A da incerteza de medição  
Avaliação dum componente da incerteza de medição por uma análise estatística dos valores medidos, obtidos sob condições definidas de medição.

# Medição

## Definições

- avaliação do Tipo B da incerteza de medição  
Avaliação dum componente da incerteza de medição determinada por meios diferentes daquele adotado para uma avaliação do Tipo A da incerteza de medição.  
EXEMPLOS Avaliação baseada na informação:
  - associada a valores publicados por autoridade competente,
  - associada ao valor dum material de referência certificado,
  - obtida a partir dum certificado de calibração,
  - relativa à deriva,
  - obtida a partir da classe de exatidão dum instrumento de medição verificado,
  - obtida a partir de limites deduzidos da experiência pessoal.

# Medição

## Definições

- incerteza-padrão  
Incerteza de medição expressa na forma dum desvio-padrão.
- incerteza-padrão combinada  
Incerteza-padrão obtida ao se utilizarem incertezas-padrão individuais associadas às grandezas de entrada num modelo de medição.
- incerteza de medição expandida  
Produto duma incerteza-padrão combinada por um fator maior do que o número um.

# Medição

## Definições

- intervalo de abrangência ; intervalo expandido  
Intervalo, baseado na informação disponível, que contém o conjunto de valores verdadeiros de um mensurando, com uma probabilidade determinada.
- probabilidade de abrangência ; probabilidade de expansão  
Probabilidade de que o conjunto de valores verdadeiros dum mensurando esteja contido num intervalo de abrangência especificado.
- fator de abrangência ; fator de expansão  
Número maior do que um pelo qual uma incerteza-padrão combinada é multiplicada para se obter uma incerteza de medição expandida.

# Sumário

- 1 Prólogo
- 2 Grandezas e Unidades
  - Definições
- 3 Medição
  - Definições
- 4 Curiosidade
  - Nome, Prefixo e Fator de Unidades em Potência de 2

# Curiosidade

## Nome, Prefixo e Fator de Unidades em Potência de 2

Fator	refixo	
	Nome	Símbolo
$(2^{10})^8$	yobi	Yi
$(2^{10})^7$	zebi	Zi
$(2^{10})^6$	exbi	Ei
$(2^{10})^5$	pebi	Pi
$(2^{10})^4$	tebi	Ti
$(2^{10})^3$	gibi	Gi
$(2^{10})^2$	mebi	Mi
$(2^{10})^1$	kibi	Ki

Fonte: IEC 80000-13

Por exemplo: 1 kilobit não deve ser utilizado para representar 1024 bits ( $2^{10}$  bits), que é 1 kibibit, 1 Kibits.