Noções Básicas de Medidas e Algarismos Significativos

Prof. Theo Z. Pavan
Departamento de Física - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP

Física Acústica

Motivações

- Quais são os padrões de medidas?
- Podemos determinar os erros cometidos nas comparações com estes padrões?
- Existem formas de avaliar estes erros?

O Sistema Internacional de Unidades (SI)

Tabela 1: Unidades Fundamentais do sistema internacional. Observação: Não é necessário decorar as definições.

Grandeza	Nome	Símbolo	Definição
Comprimento	Metro	**m**	Distância percorrida pela luz no vácuo, num intervalo de tempo de 1/299792458 s.
Massa	Quilograma	**kg**	Massa de um cilindro padrão de platina-irídio conservada no Bureau Internacional de Pesos e Medias em Sèvres, na França.
Tempo	Segundo	**s**	Duração de 9.192.631.770 períodos da radiação de transição de dois níveis de estado fundamental do átomo de césio 133.

Cada país deve ter laboratórios capazes de reproduzir os padrões ou cópias devidamente aferidas e cuidadosamente guardadas. No Brasil essa tarefa é desempenhada pelo INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, do Ministério da Indústria e do Comércio. Nos EUA-NIST, França-BPM, Alemanha-PTB,....

Unidades derivadas das fundamentais

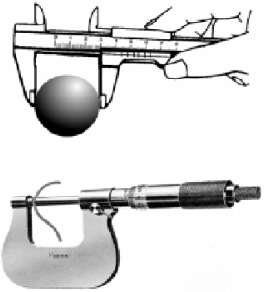
Tabela 2: Unidades derivadas do SI.

Grandeza	Nome	Símbolo
Área	Metro quadrado	m^2
Volume	Metro cúbico	m^3
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Aceleração	Metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Densidade	Quilograma por metro cúbico	kg/m^3

Erros nas Medidas

- **O ato de medir é, em essência, um ato de comparar, e essa comparação envolve erros de diversas origens (dos instrumentos, do operador, do processo de medida, etc).**

?



Classificação dos erros

- **Erros grosseiros**: são erros que resultam de uma desatenção do experimentador.
- **Erros sistemáticos**: são erros oriundos de causas constantes e que afetam as medidas de um modo uniforme.
- **Erros acidentais**: são erros que resultam de causas indeterminadas e afetam de modo imprevisível as medidas.

Erros, efeitos e correções

- Toda medida tem imperfeições que levam a erros. Tradicionalmente o erro é visto como tendo duas componentes: uma aleatória e outra sistemática.
- O erro aleatório tem origem em efeitos imprevisíveis e estocásticos. Embora esse erro não possa ser eliminado, pode ser reduzido ao realizar um grande número de medidas.
- **REF: Apostila sobre erros**

Erros, efeitos e correções

- O erro sistemático também não pode ser eliminado, mas pode ser reduzido. Se esse erro aparece devido a um efeito reconhecido. Pode ser quantificado e se for valor significativo para a precisão requerida na medida uma correção pode ser realizada.
- Exemplo: trena de aço que encolheu.

Incerteza

- A incerteza de uma medida reflete a falta de conhecimento de seu valor exato. Mesmo após as correções de erros sistemáticos o valor encontrado é ainda uma estimativa do valor verdadeiro.
- Planejamento do experimento, condições ambientais, padrões, constantes, aproximações, etc..

Incertezas

- **Tipo A:** Método de cálculo envolve uma análise estatística de uma série de observações
  - Média
  - Variância
- **Tipo B:** Método de cálculo envolve todos os outros métodos que não sejam estatísticos
  - Dados anteriores
  - Experiência ou conhecimento sobre os materiais e instrumentos utilizados
  - Especificação do fabricante
  - Calibrações
  - Handbooks

Valor médio de uma série de medidas ($\overline{x}$)

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

Desvio absoluto para cada medida (Δx_i)

$$\Delta x_i = \left| x_i - \overline{x} \right|$$

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

Valor médio

Desvio relativo para cada medida (δx_i)

$$\delta x_i = \frac{\Delta x_i}{\overline{x}}$$

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

VALOR MÉDIO

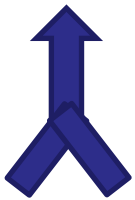
$$\Delta x_i = \left| x_i - \overline{x} \right|$$

DESVIO ABSOLUTO

Desvio médio absoluto

$$\Delta\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta x_i$$

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$



$$\Delta x_i = \left| x_i - \overline{x} \right|$$

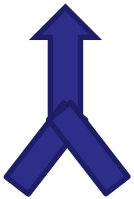
VALOR MÉDIO

DESVIO ABSOLUTO

Desvio-padrão de uma amostra

$$\sigma x = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta x_i)^2}{n-1}}$$

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

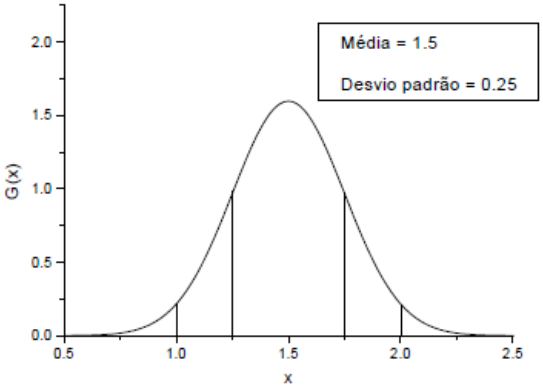


$$\Delta x_i = \left| x_i - \overline{x} \right|$$

VALOR MÉDIO

DESVIO ABSOLUTO

Desvio padrão



Intervalos

$(\bar{x}-\sigma)$ *a* $(\bar{x}-\sigma)$ equivale a 68.27% das medidas

$(\bar{x}-2\sigma)$ *a* $(\bar{x}-2\sigma)$ equivale a 95.45% das medidas

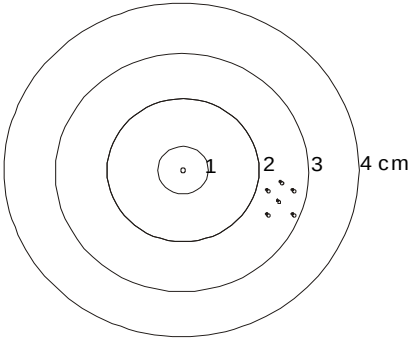
$(\bar{x}-3\sigma)$ *a* $(\bar{x}-3\sigma)$ equivale a 99.73% das medidas

Índices de exatidão

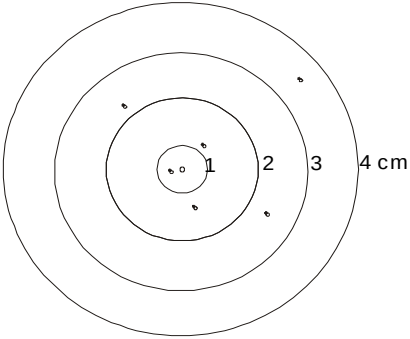
- ***PRECISÃO***: Uma medida é tão mais precisa quanto mais próxima estiver do valor médio da grandeza associada.
- ***EXATIDÃO:*** Uma medida é tão mais exata quanto menor for o "vício" da medida, ou seja, a diferença entre o valor mais provável (valor médio) encontrado e o verdadeiro valor da grandeza medida, suposto teoricamente conhecido.

Índices de exatidão

Atirador 1

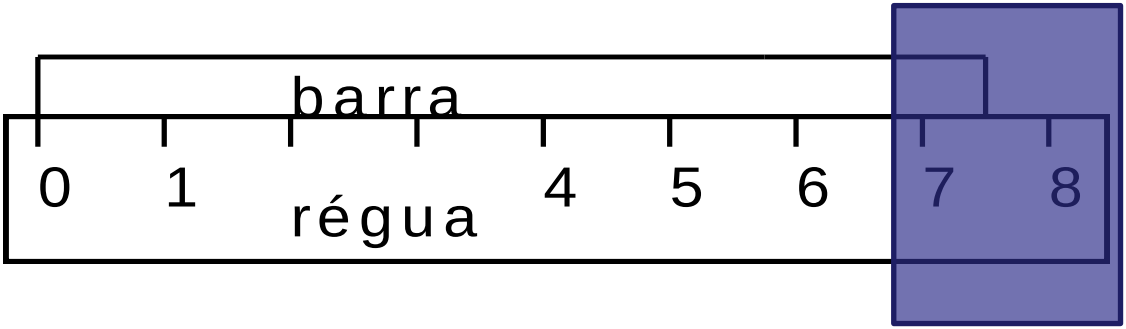


Atirador 2



Quem foi mais preciso: o atirador 1 ou o 2?
Quem foi mais exato: o atirador 1 ou o 2?

Medidas experimentais



Comprimento da barra

7,50 cm; 7,55 cm; 7,4 cm; ou 7,6 cm ?

Desvio avaliado absoluto (Δ)

É definido como sendo a metade da menor divisão da escala do instrumento utilizado. Isto faz com que o desvio absoluto só deva ter um único algarismo significativo.

Ex: de uma régua = 0,5 mm ou 0,05 cm

de um paquímetro = 0,05 mm ou 0,005 cm

Apresentação do resultado

$$\bar{x} - \Delta\bar{x} \leq x \leq \bar{x} + \Delta\bar{x}$$

OU

$$x = \bar{x} \pm \Delta\bar{x}$$

Número de algarismos significativos

- 7,5 cm = 0,075 m = 0,000075 km (têm dois algarismos significativos);
- 0,0750 m tem três significativos
- 7,5000 cm tem cinco significativos
- $3{,}10 \times 10^2$ (três significativos) ou
- $3{,}1 \times 10^2$ (dois significativos).

Operação de adição e subtração

- **Adição**

20,23 +17,853 + 23,78 + 2,6 = 64,5

- **Subtração**

154,75 - 110,1 = 44,7

Operação de multiplicação ou divisão

- **Multiplicação**

  18,56 x 6,82 = 127 (três significativos)

- **Divisão**

  68,32 / 3,2 = 21 (dois significativos)

  3,2 / 68,32 = 0,047 (dois significativos)