



# **Erros e tratamento de dados experimentais**

**Química Geral Experimental**

*Profa. Daniela Gonçalves de Abreu  
Profa. Glaucia Maria da Silva*

**1º semestre de 2016**

É possível obter o valor verdadeiro de uma grandeza através de medidas experimentais?

**NÃO**

Limitação das medidas experimentais:  
há sempre uma incerteza associada

A magnitude desse erro pode ser expressa, de um modo simples, usando-se algarismos significativos.

# Algarismos significativos

- Conjunto de algarismos corretos de uma medida mais um último algarismo, que é o duvidoso
- O número de algarismos significativos expressa a **precisão** de uma medida.

# Algarismos significativos

- Exemplo: corpo de massa 11,1213g
- Balança semi-analítica (0,1g)  $\rightarrow$  11,1g
- Balança analítica (0,0001g)  $\rightarrow$  11,1213g
  
- Não depende do número de casas decimais!!
  
- 15,1321g  $\rightarrow$  6 algarismos significativos
- 15132,1g  $\rightarrow$  6 algarismos significativos

## **Massa medida em balança analítica que possui quatro casas decimais**

**Valor medido = 2,1546 g.**

**Este resultado nos informa que a massa da amostra é maior do que 2,1545 g e menor do que 2,1547 g.**

**\*Precisão em décimos de miligrama!**

**Posso escrever a massa como 2,15 g?**

**Não, pois a precisão informada seria menor!**

**E como 2,15460 g?**

**Não, pois a precisão informada seria maior!**

# Algarismos significativos

- Zeros são significativos quando fazem parte do número;
- Zeros não são significativos quando são usados para expressar a ordem da grandeza.

- 11mg
- 0,011g                    2 significativos!
  
- 0,1516
- 0,01516                    4 significativos!
- 0,001516
- 0,0001516

# Algarismos significativos

- Zeros à direita do número → só são significativos se forem resultado da medida
  - 2,0g                      2 significativos!
  - 2000 mg: 4 significativos? Notação científica
  - $2,0 \cdot 10^{-3}$  g                      2 significativos!
  - $2,00 \cdot 10^{-3}$  g  $10^{-3}$  g                      3 significativos!
- Zeros à esquerda do número → Não são significativos



# Operações Matemáticas

- Soma/Subtração

O resultado deve conter tantas casas decimais quantas existirem no componente com o menor número delas.

soma de: 47,186 m, 107,4 m e 68,93 m.

***Resultado correto = 223,5 m***



# Arredondamento de números

Em conformidade com a Resolução nº 886/66 da Fundação IBGE, o arredondamento é efetuado da seguinte maneira

Condições	Procedimentos	Exemplos
< 5	O último algarismo a permanecer fica inalterado.	53,24 passa a 53,2
> 5	Aumenta-se de uma unidade o algarismo a permanecer.	42,87 passa a 42,9 25,08 passa a 25,1 53,99 passa a 54,0
	(i) Se ao 5 seguir em qualquer casa um algarismo diferente de zero, aumenta-se uma unidade no algarismo a permanecer.	2,352 passa a 2,4 25,6501 passa a 25,7 76,250002 passa a 76,3
= 5	(ii) Se o 5 for o último algarismo ou se ao 5 só seguirem zeros, o último algarismo a ser conservado só será aumentado de uma unidade se for ímpar.	24,75 passa a 24,8 24,65 passa a 24,6 24,7500 passa a 24,8 24,6500 passa a 24,6

Obs: NÃO se deve efetuar arredondamentos sucessivos

Ex: 17,3452 passa para 17,3 e não para 17,35 e depois para 17,4

# Operações Matemáticas

- Multiplicação/Divisão

o resultado final deve ser escrito com o mesmo número de algarismos significativos do fator que possui a menor quantidade de algarismos significativos

$$S = (2,083m).(0,817m) = 1,701811 \text{ m}^2$$

***Resultado correto = 1,70 m<sup>2</sup>***

# Algarismos significativos

- Caso se esteja utilizando uma equação, os números puros não podem ser levados em conta como referência para a determinação dos algarismos significativos.

$$S = \frac{2,36 \text{ cm} \cdot 11,45 \text{ cm}}{2} = 13,511 \text{ cm}^2$$

***Resultado correto = 13,5 cm<sup>2</sup>***

# Algarismos significativos

**Exemplos:**

$$2,2 \text{ g} + 0,1145\text{g} = 2,3145\text{g}$$

***Resultado correto = 2,3g***

$$1000,0 + 10,05 + 1,066 = 1011,116$$

***Resultado correto = 1011,1***

$$\frac{24,95 \times 0,1000}{25,05} = 0,0996007$$

***Resultado correto = 0,09960***

# Erro de uma Medida

- **Erro absoluto**

$$E = X - X_v$$

E = erro absoluto

X = valor medido

$X_v$  = valor tabelado

- **Erro relativo**

$$Er = \frac{\text{E absoluto}}{\text{Valor tabelado}}$$

# Erro de uma Medida

**Exemplo:** o teor de cloro num dado material é 33,30%, mas o resultado encontrado por um analista foi de 32,90%. *Calcular o erro absoluto e o erro relativo*

- Erro absoluto=  $32,90 - 33,30 = -0,40\%$
- Erro relativo=  $(-0,40/33,30) \cdot 100 = -1,2\%$

# Erro de uma Medida

**Exemplo:** a concentração de uma solução é 0,1005 mol/L, mas o valor encontrado por um analista foi de 0,1010 mol/L. *Calcular o erro absoluto e o erro relativo*

- Erro absoluto=  $0,1010 - 0,1005 = 0,0005$  mol/L
- Erro relativo=  $(0,0005/0,1005) \cdot 100 = 0,497512 = 0,5$



# Média e desvio

- n medidas de uma mesma grandeza  
( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ )

A média será igual a:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} X_i$$

Desvio (erro aparente,  $d_i$  ou  $v$ )  $\rightarrow$  diferença entre o valor medido e o valor médio

$$d_i = X_i - \bar{X}$$

# Desvio médio e Desvio padrão

- Desvio médio ( $\delta$ )  $\rightarrow$  média aritmética do valor absoluto dos desvios

$$\delta = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n}$$

- Desvio Padrão ( $\sigma$ )  $\rightarrow$  desvio cujo quadrado é igual a média dos quadrados dos desvios

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{ou} \quad S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

- Variância  $\rightarrow$  desvio padrão elevado ao quadrado ( $\sigma^2$ )

# Representação de medidas

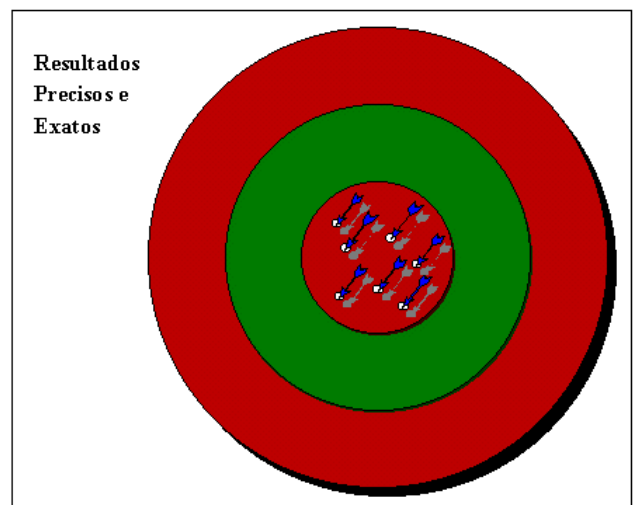
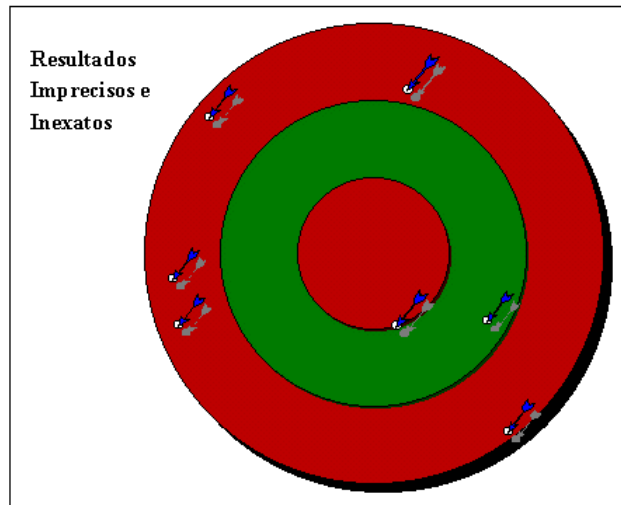
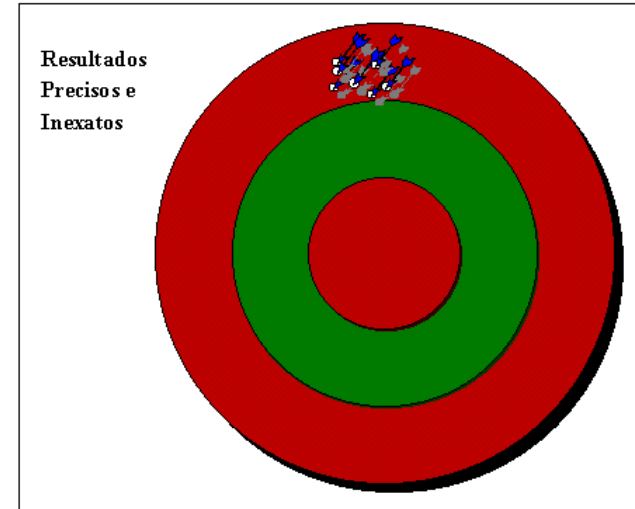
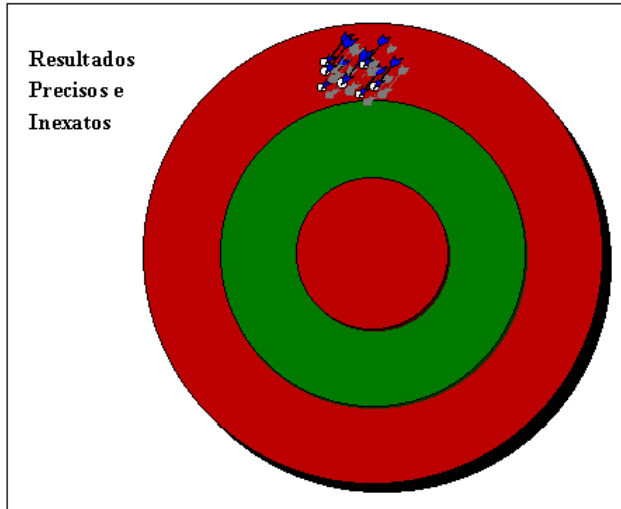
Uma medida feita mais de uma vez (duplicata, triplicata...) deve ser representada da seguinte forma:

**(valor médio  $\pm$  desvio padrão)** *unidade da medida*

# Exatidão x Precisão

- Exatidão → Proximidade do valor medido em relação ao valor da grandeza. Relacionada ao erro absoluto.
- Precisão → concordância das medidas entre si. Quanto maior a dispersão dos valores, menor a precisão. Relacionada ao desvio padrão.

# Exatidão X Precisão



# Erros

- Sistemáticos (determinados)
  - *Possuem valor definido e podem ser mensurados*
  
- Indeterminados
  - *Não possuem valor definido, não são mensuráveis*

# Erros Sistemáticos

- Erros de método

*(má interpretação de roteiros, reagentes inadequados)*

**Erro GRAVE!!!!**

- Erros operacionais

*(capacidade técnica do analista)*

- Erros pessoais

*(dificuldade de observar mudança de cor em indicadores, pré-julgamento)*

- Erros devido a instrumentos e reagentes

*(imperfeições de instrumentos, aparelhos volumétricos e reagentes)*



# Precisão de uma medida

- $\uparrow$  dispersão das medidas  $\downarrow$  menor a precisão
- Precisão é expressa por meio de desvios

# Bibliografia

BACCAN, N.; ANDRADE, J.C.; GODINHO, O.E.S.; BARONE, J.S. *Química Analítica Quantitativa Elementar*. 3ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2001.

# VIDROS

Tabela 6: Composição das principais famílias de vidros a base de sílica.

Tipo do vidro	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PbO
I. "Soda"-silicato <sup>a</sup> ( <i>water glass</i> )	Composição variável razão SiO <sub>2</sub> – Na <sub>2</sub> O de 1,6 a 3,7							
II. "Soda-lime" <sup>b</sup> silicato ( <i>lime glass</i> )	72,1	21,1	–	2,8	–	–	2,0	–
	72,1	14,0	–	9,9	3,2	–	0,3	–
III. Borossilicato	81,0	4,5	–	–	–	12,5	2,0	–
IV. Aluminossilicato	54,5	–	–	17,5	4,5	10,0	14,0	–
	59,0	11,0	0,5	16,0	5,5	3,5	4,5	–
	65,8	3,8	–	10,4	–	–	6,6	–
V. Silicato de chumbo	56,0	2,0	13,0	–	–	–	–	29,0
	3,0	–	–	–	–	11,0	11,0	75,0
	5,0	–	–	–	–	10,0	3,0	62,0
VI. Alta sílica	96,7	–	–	–	–	2,9	0,4	–
	99,9	–	–	–	–	–	–	–

<sup>a</sup>soda (do inglês) = Na<sub>2</sub>O; <sup>b</sup>lime (do inglês) = CaO.

Tabela 5: Espécies químicas (agentes de coloração) utilizados para dar cor aos vidros.

Agente de coloração	Estado de oxidação	Coloração
Cobre	$\text{Cu}^{2+}$	Azul claro
Crômio	$\text{Cr}^{3+}$	Verde
	$\text{Cr}^{6+}$	Amarelo
Manganês	$\text{Mn}^{3+}$	Violeta
	$\text{Mn}^{4+}$	Preto
Ferro	$\text{Fe}^{3+}$	Marrom-amarelado
	$\text{Fe}^{2+}$	Verde-azulado
Cobalto	$\text{Co}^{2+}$	Azul intenso ou rosa
	$\text{Co}^{3+}$	Verde
Níquel	$\text{Ni}^{2+}$	Marrom, amarelo, verde, azul a violeta, dependendo da matriz vítrea
Vanádio boratos	$\text{V}^{3+}$	Verde, em vidros silicatos e Marrom, em vidros
Titânio	$\text{Ti}^{3+}$	Violeta
Neodímio	$\text{Nd}^{3+}$	Violeta-avermelhado
Praseodímio	$\text{Pr}^{3+}$	Verde claro
Ouro	$\text{Au}^0$	Rubi (partículas coloidais dispersas na matriz vítrea)
Cádmio	$\text{CdS}$ , $\text{CdSe}$	Laranja