



*Inspirar para Transformar*

## **Instrumentação e Medição**

### Aula 3

## **Medição de Temperatura com o Termômetro de Resistência e a Ponte de Wheatstone (60 min)**

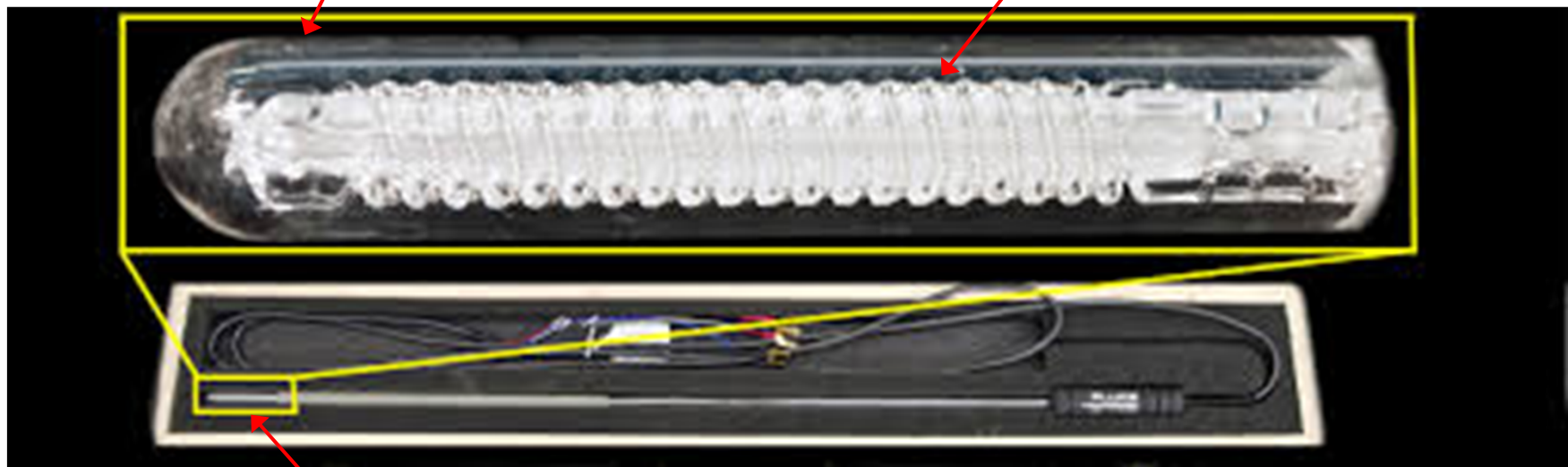
## Termômetro de resistência



## Termômetro de resistência padrão

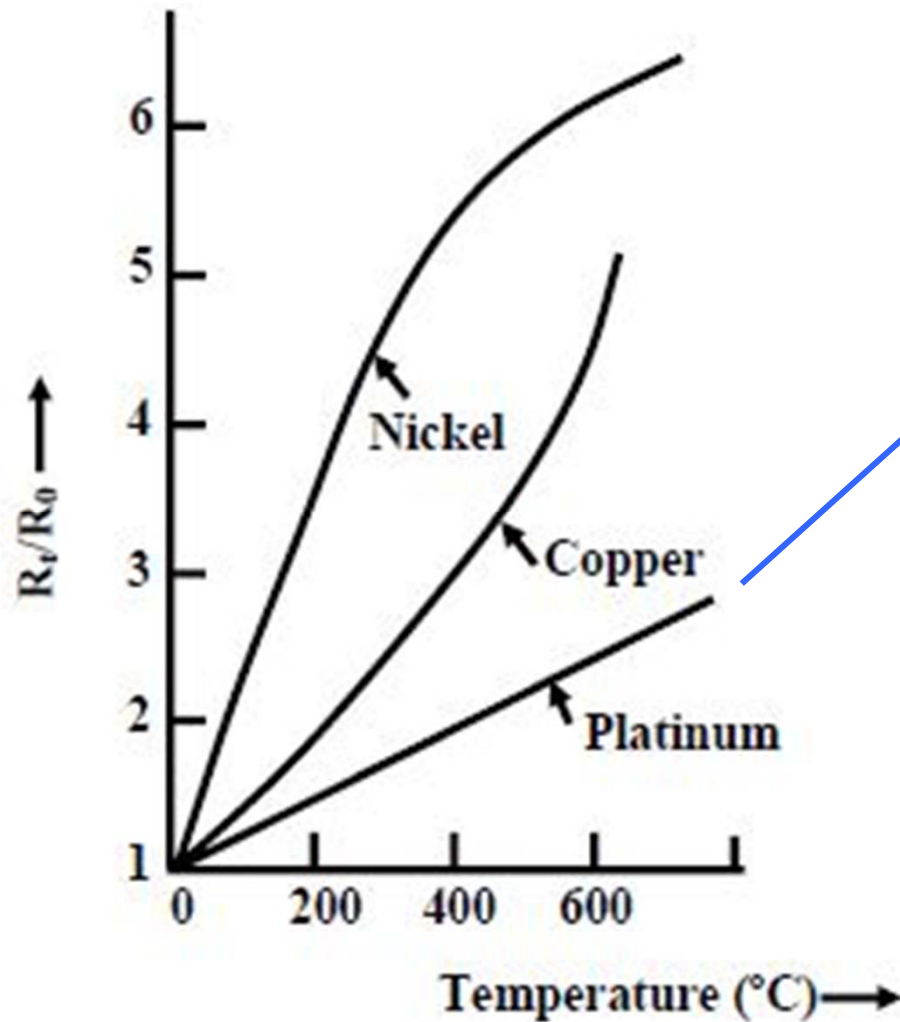
Tubo de quartzo

Resistência de Pt,  $100\ \Omega$  a  $0\ ^\circ\text{C}$



sensor

## Resistência relativa de metais em função da temperatura



$$\frac{R}{R_0} \cong 1 + \alpha T$$

$\alpha$  em  $1 / ^{\circ}\text{C}$

$T$  em  $^{\circ}\text{C}$

## Medição da resistência do TR diretamente

Coef. Temperatura para a platina (Pt):

$$\alpha = 3,925 \times 10^{-3} K^{-1} \text{ de } 0 \text{ a } 100^{\circ}C$$

Usualmente:  $R_0 = 100\Omega \text{ a } 0^{\circ}C$

Supondo uma variação de  $1^{\circ}C$  a  $0^{\circ}C$ :

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha T = 1 + 3,925 \times 10^{-3} \cdot 1 \cong 1,004$$

Ou seja,  $R = 100,4\Omega$  **Apenas 0,4% maior!!!**

De quanto é a variação percentual em outras temperaturas?

# Medição da resistência do TR diretamente

Tabela Pt-100

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	18,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-190	22,80	22,37	21,94	21,51	21,08	20,65	20,22	19,79	19,36	18,93
-180	27,08	26,65	26,23	25,80	25,37	24,94	24,52	24,09	23,66	23,23
-170	31,32	30,90	30,47	30,05	29,63	29,20	28,78	28,35	27,93	27,50
-160	35,53	35,11	34,69	34,27	33,85	33,43	33,01	32,59	32,16	31,74
-150	39,71	39,30	38,88	38,46	38,04	37,63	37,21	36,79	36,37	35,95
-140	43,87	43,45	43,04	42,63	42,21	41,79	41,38	40,96	40,55	40,13
-130	48,00	47,59	47,18	46,76	46,35	45,94	45,52	45,11	44,70	44,28
-120	52,11	51,70	51,29	50,88	50,47	50,06	49,64	49,23	48,82	48,41
-110	56,19	55,78	55,38	54,97	54,56	54,15	53,74	53,33	52,92	52,52
-100	60,25	59,85	59,44	59,04	58,63	58,22	57,82	57,41	57,00	56,60
-90	64,30	63,90	63,49	63,09	62,68	62,28	61,87	61,47	61,06	60,66
-80	68,33	67,92	67,52	67,12	66,72	66,31	65,91	65,51	65,11	64,70
-70	72,33	71,93	71,53	71,13	70,73	70,33	69,93	69,53	69,13	68,73
-60	76,33	75,93	75,53	75,13	74,73	74,33	73,93	73,53	73,13	72,73
-50	80,31	79,91	79,51	79,11	78,72	78,32	77,92	77,52	77,13	76,73
-40	84,27	83,88	83,48	83,08	82,69	82,29	81,89	81,50	81,10	80,70
-30	88,22	87,83	87,43	87,04	86,64	86,25	85,85	85,46	85,06	84,67
-20	92,16	91,77	91,37	90,98	90,59	90,19	89,80	89,40	89,01	88,62
-10	96,09	95,69	95,30	94,91	94,52	94,12	93,73	93,34	92,95	92,55
0	100,00	99,61	99,22	98,83	98,44	98,04	97,65	97,26	96,87	96,48
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,28
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	113,99	114,38	114,77	115,15
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,85	118,24	118,62	119,01
50	119,40	119,78	120,16	120,55	120,93	121,32	121,70	122,09	122,47	122,86
60	123,24	123,62	124,01	124,39	124,77	125,16	125,54	125,92	126,31	126,69
70	127,07	127,45	127,84	128,22	128,60	128,98	129,37	129,75	130,13	130,51

(100,00 Ω --> 0 °C)

+ 1°C ↓ + 0,4%

(100,39 Ω --> 1 °C)

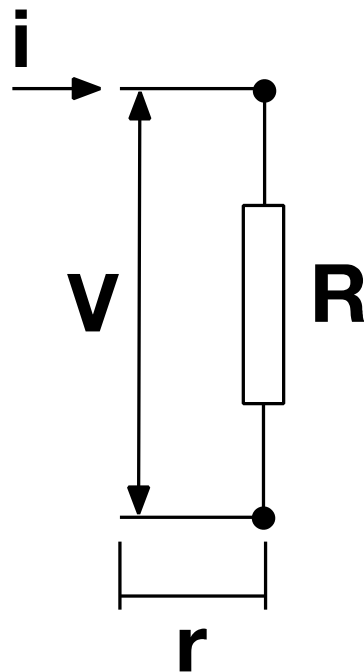
+ 1°C ↓ + 0,4%

(100,78 Ω --> 2 °C)



## Medição da resistência do TR diretamente

Medição 2 fios:

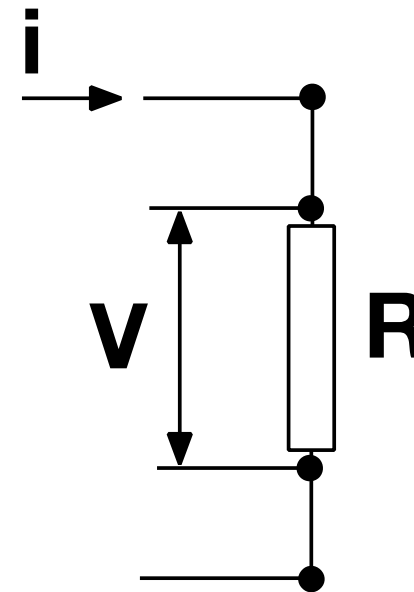


$r$  compete com  $\Delta R$ !

Possível solução



Medição 4 fios:



Ainda sim devemos ser  
capazes de medir  $\Delta R$ !

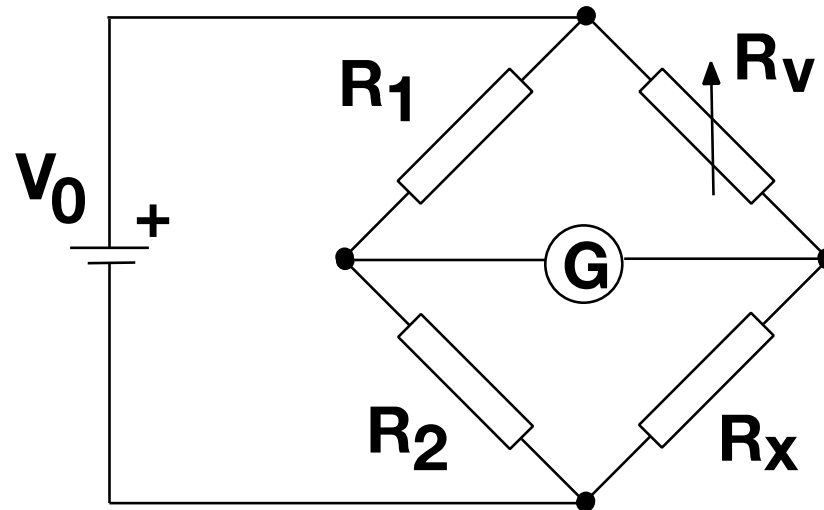


## Medição da resistência do TR

Como podemos resolver  
esse problema?

Utilizar a Ponte de Wheatstone!

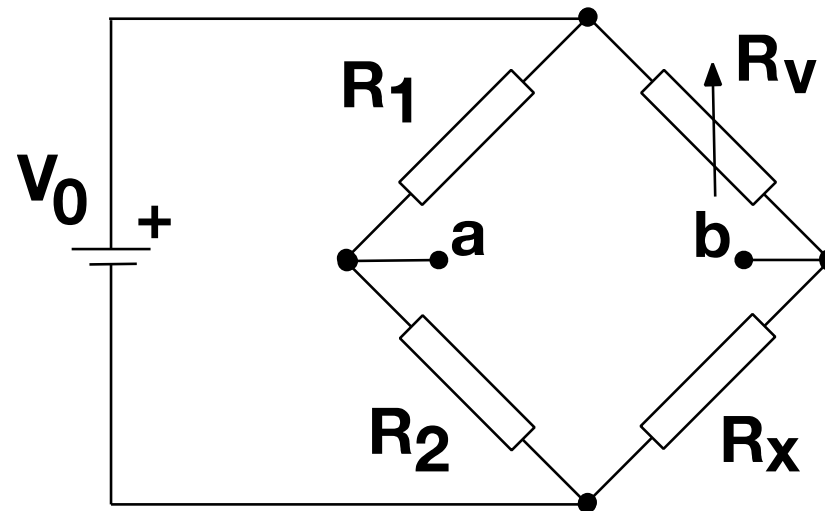
## Ponte de Wheatstone (1883):



Para a ponte balanceada ( $i_G = 0 \text{ A}$ )  
demonstra-se que:

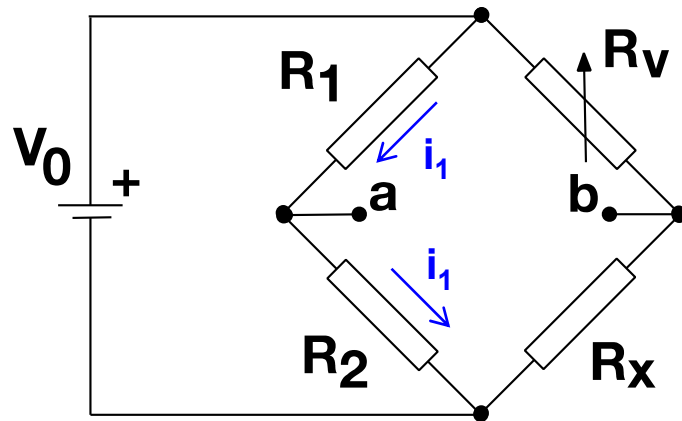
$$R_X = \frac{R_V \cdot R_2}{R_1}$$

## Ponte de Wheatstone

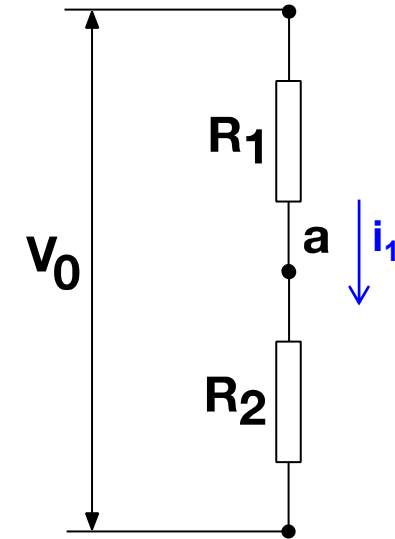


Quando balanceada  $V_a = V_b$

## Conceito de divisor de tensão



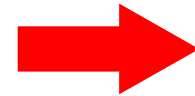
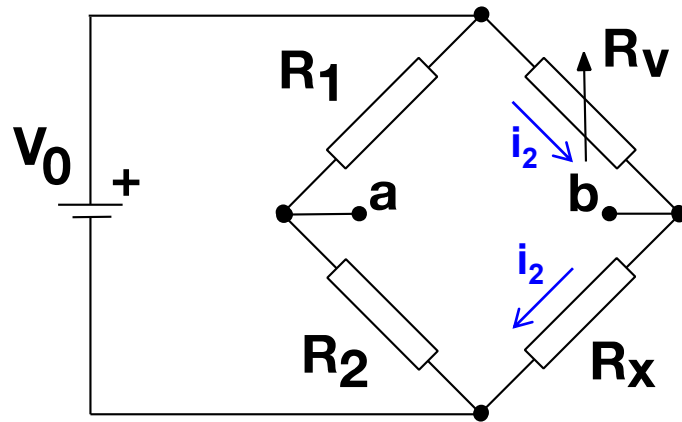
Divisor de tensão



$$\rightarrow i_1 = \frac{V_0}{R_1 + R_2}$$

$$\therefore V_a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0$$

## Conceito de divisor de tensão

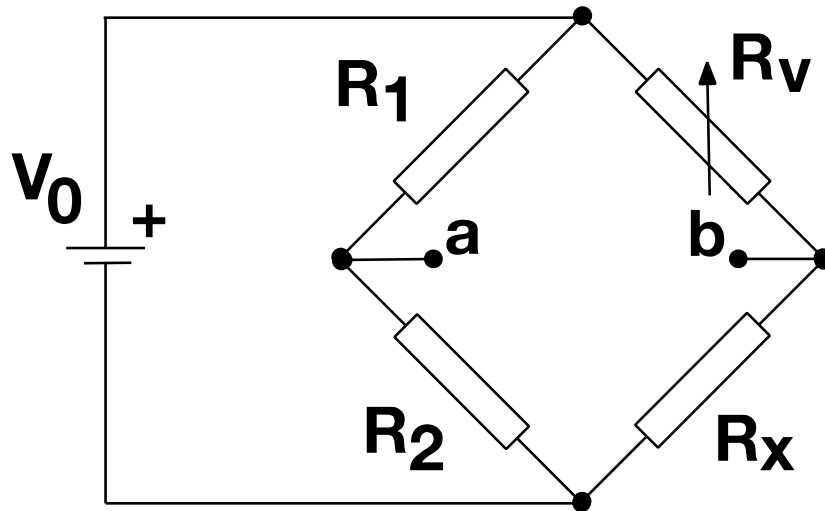


$$i_2 = \frac{V_0}{R_V + R_X}$$

$$\therefore V_b = \frac{R_X}{R_V + R_X} V_0$$

*Note: In the original image, the denominator  $R_V + R_X$  and the current  $i_2$  are circled in red, indicating their relationship.*

## Ponte Wheatstone: exercício (10 min)

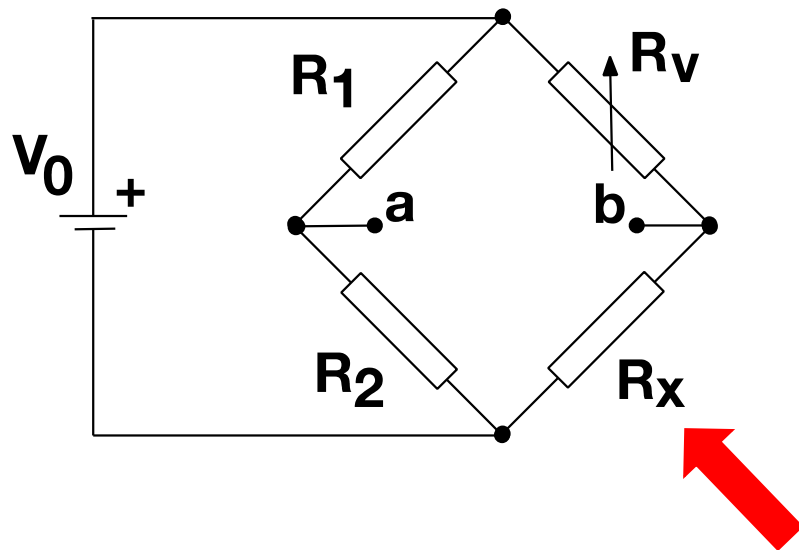


Obtenha a relação:

$$R_x = \frac{R_v \cdot R_2}{R_1}$$

$$\Delta R_v = \frac{R_1}{R_2} \Delta R_x$$

## Ponte Wheatstone e TR



$$R_X = \frac{R_V \cdot R_2}{R_1}$$

Mas podemos também considerar para **TR** (Termometro de Resist.) a formula:

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha T$$

Combinando as duas equações:

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha T = \frac{R_V \cdot R_2}{R_1 \cdot R_0}$$



## Variação de temperatura no TR

$$\begin{aligned} & \frac{R_x(T+\Delta T)}{R_0} = 1 + \alpha(T + \Delta T) \\ & \frac{R_x(T)}{R_0} = 1 + \alpha T \\ & \hline & \frac{R_x(T+\Delta T)}{R_0} - \frac{R_x(T)}{R_0} = \alpha \Delta T \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta R_x}{R_0} = \alpha \Delta T$$

## Ponte de Wheatstone e TR

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta R_x}{R_0} &= \alpha \Delta T \\ \frac{R_x}{R_0} &= \left( \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_V}{R_0} \end{aligned} \right\} \frac{\Delta R_x}{R_0} = \left( \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{\Delta R_V}{R_0} = \alpha \Delta T$$

Para  $\Delta T$  igual a  $1^\circ\text{C}$  e  $R_0 = 100 \, \Omega$ :

$$\left( \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{\Delta R_V}{R_0} = \alpha \Rightarrow \Delta R_V = (\alpha R_0) \left( \frac{R_1}{R_2} \right) = S$$

$$\Delta R_V = 0,4 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)$$

## Ponte de Wheatstone e TR em números

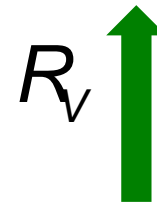
P/ Variação de temperatura igual a 1°C:

$$\Delta R_V = 0,4 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)$$

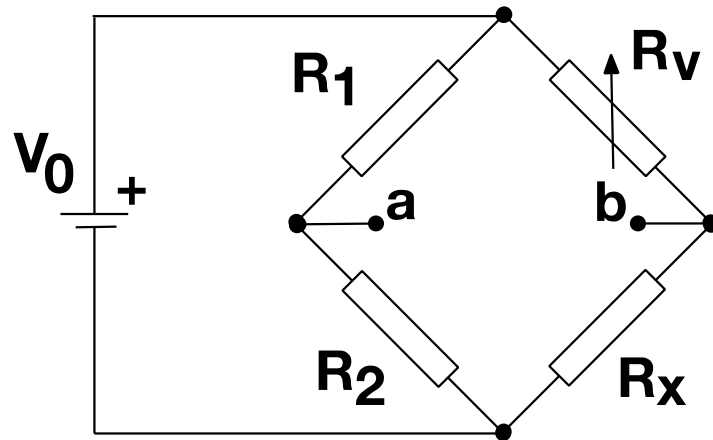
$$\frac{R_1}{R_2} = 1 \quad \Delta R_V = 0,4\Omega$$

$$\frac{R_1}{R_2} = 10 \quad \Delta R_V = 40\Omega$$

$$\frac{R_1}{R_2} = 100 \quad \Delta R_V = 400\Omega$$



## Ponte Wheatstone e TR

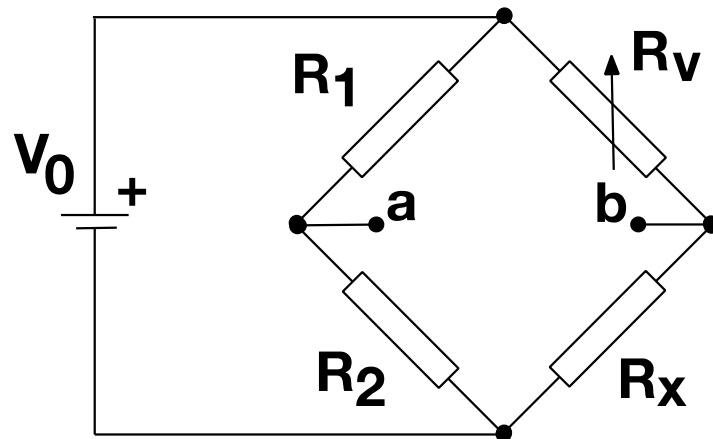


$$\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha T = \frac{R_V \cdot R_2}{R_1 \cdot R_0}$$

Isolamos  $T$  para obter a equação de uma reta de  $T(R_V)$ :

$$T = \frac{1}{\alpha \cdot R_0} \frac{R_2}{R_1} R_V - \frac{1}{\alpha}$$

## Ponte Wheatstone e TR

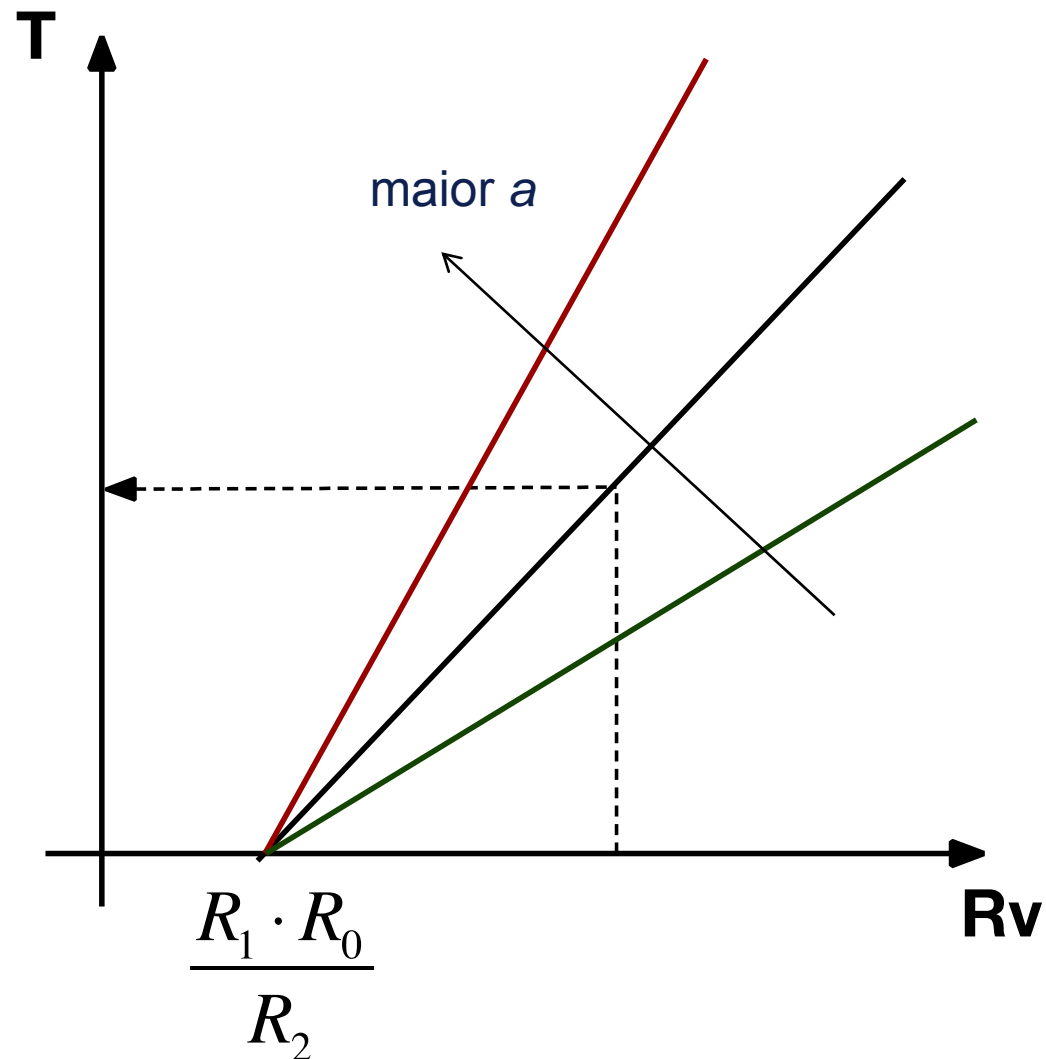


Reta:

$$T = \frac{1}{\alpha \cdot R_0} \frac{R_2}{R_1} R_v - \frac{1}{\alpha}$$

Coeficiente angular:  $\frac{1}{\alpha \cdot R_0} \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{S}$

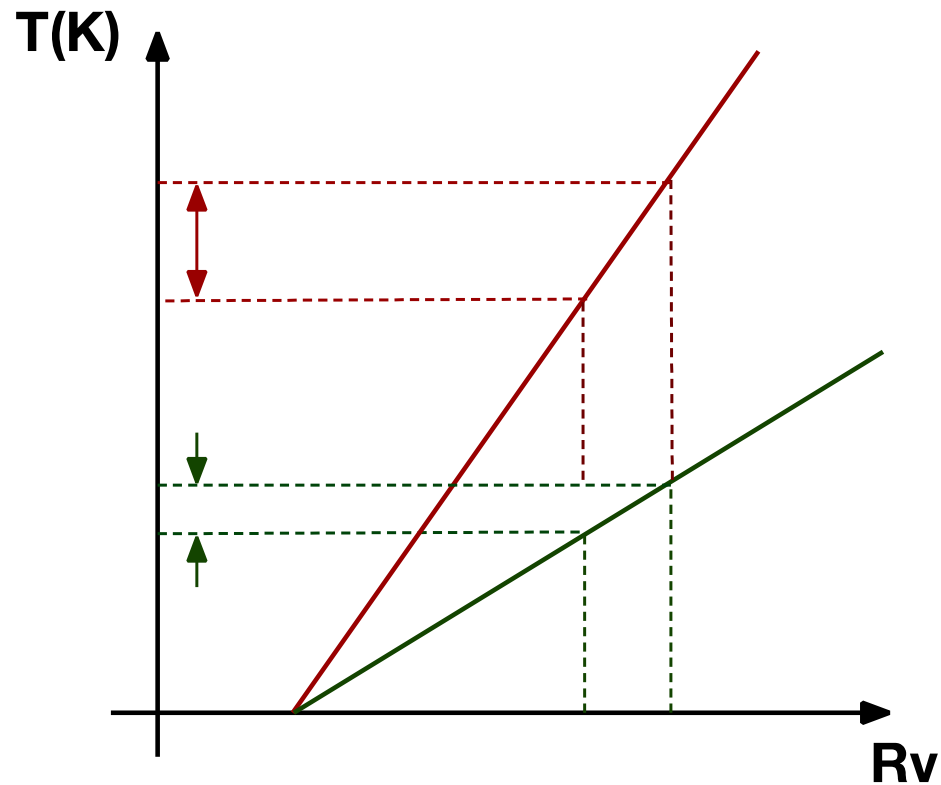
## Ponte Wheatstone e TR; sensibilidade



$$T = \frac{1}{S} R_v - \frac{1}{a}$$

$$a = \frac{1}{S}$$

## Ponte Wheatstone e TR; sensibilidade



$$a = \frac{1}{S}$$

Sensibilidade:

$S \uparrow$

$$S = \alpha \cdot R_0 \frac{R_1}{R_2}$$

A red arrow points to the  $R_2$  term in the denominator of the fraction, indicating that sensitivity  $S$  increases as  $R_2$  decreases.



## Sensibilidade de um TR + Ponte

$$T = \frac{1}{S} R_V - \frac{1}{\alpha} \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{S} \Delta R_V$$

$$\therefore S = \frac{\Delta R_V}{\Delta T}$$

**Sensibilidade de um sistema de medição:** Quociente entre a variação duma **indicação** dum **sistema de medição** e a variação correspondente do **valor** da **grandeza** medida.

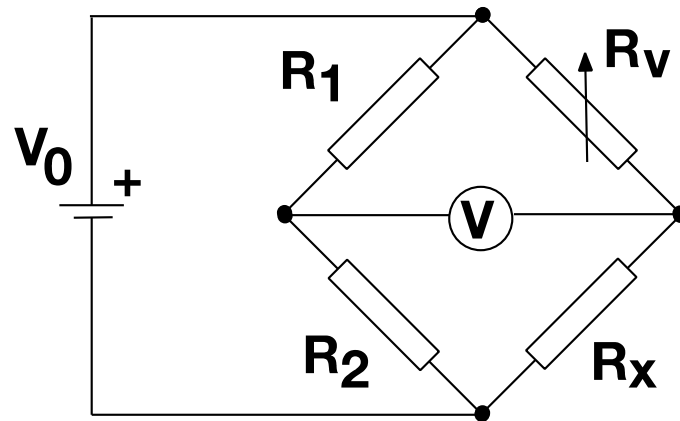
\*VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia, INMETRO, 2012.

# *Construção de um termômetro de resistência e medição com a Ponte de Wheatstone*

**(individual)**

Parte A - resistor de 2,4 ohms (90 min)

## Medir a resistência de um resistor de 2,4 ohms

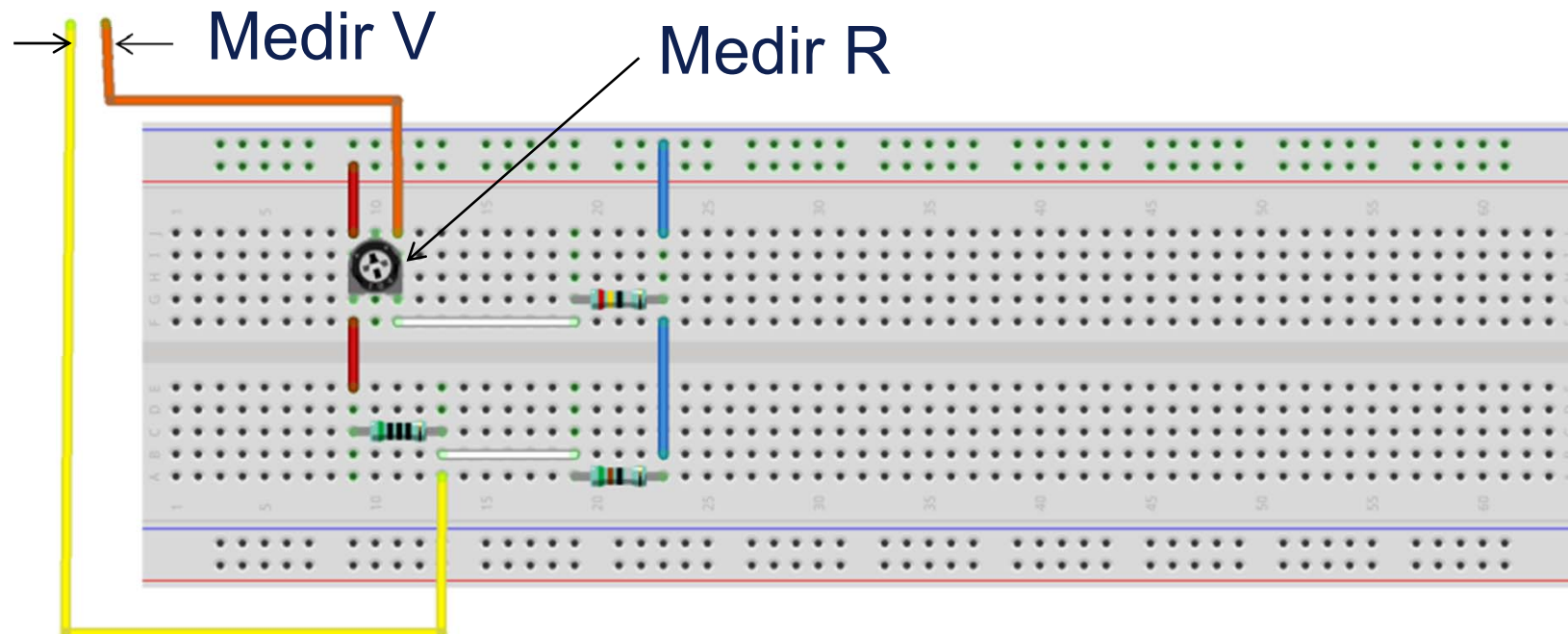


$$V_0 = 3 \text{ V}$$

$$R_1 = 500 \, \Omega$$

$$R_2 = 5,1 \, \Omega$$

$$\text{Trimpot } 1\text{k}\Omega$$



## Medir a resistência de um resistor de 2,4 ohms

Façam 20 medidas de  $R_v$ !

n	$R_v / \Omega$	n	$R_v / \Omega$
1	250	1	244,0
2	250	2	244,0
3	250	3	244,4
4	250	4	244,7
5	250	5	244,1
6	246	6	243,6
7	245	7	243,8
8	245	8	243,3
9	244	9	243,7
10	245	10	243,7
Média	247	Média	243,9
Desvio	2	Desvio	0,4

## **Medições e Incertezas (40 min)**

Um experimento não está completo enquanto não for feita uma análise de incerteza nos resultados!

## Algumas constantes físicas

### Número de Avogadro:

$$6,022\,141\,29 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

valor

$$\pm 0,000\,000\,27 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

incerteza

### Constante universal dos gases

$$8,314\,4621 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

valor

$$\pm 0,000\,0075 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

incerteza

Melhores valores estimados para estas constantes.  
Reavaliadas à medida que novos métodos, mais precisos e exatos, são desenvolvidos.

<http://physics.nist.gov/cuu/Constants/>



# Algumas constantes físicas

← → ↻ 🏠 [physics.nist.gov/cuu/Constants/Table/allascii.txt](https://physics.nist.gov/cuu/Constants/Table/allascii.txt)

## Fundamental Physical Constants --- Complete Listing

From: <http://physics.nist.gov/constants>

Quantity	Value	Uncertainty	Unit
{220} lattice spacing of silicon	192.015 5714 e-12	0.000 0032 e-12	m
alpha particle-electron mass ratio	7294.299 541 36	0.000 000 24	
alpha particle mass	6.644 657 230 e-27	0.000 000 082 e-27	kg
alpha particle mass energy equivalent	5.971 920 097 e-10	0.000 000 073 e-10	J
alpha particle mass energy equivalent in MeV	3727.379 378	0.000 023	MeV
alpha particle mass in u	4.001 506 179 127	0.000 000 000 063	u
alpha particle molar mass	4.001 506 179 127 e-3	0.000 000 000 063 e-3	kg mol <sup>-1</sup>
alpha particle-proton mass ratio	3.972 599 689 07	0.000 000 000 36	
Angstrom star	1.000 014 95 e-10	0.000 000 90 e-10	m
atomic mass constant	1.660 539 040 e-27	0.000 000 020 e-27	kg
atomic mass constant energy equivalent	1.492 418 062 e-10	0.000 000 018 e-10	J
atomic mass constant energy equivalent in MeV	931.494 0954	0.000 0057	MeV
atomic mass unit-electron volt relationship	931.494 0954 e6	0.000 0057 e6	eV
atomic mass unit-hartree relationship	3.423 177 6902 e7	0.000 000 0016 e7	E <sub>h</sub>
atomic mass unit-hertz relationship	2.252 342 7206 e23	0.000 000 0010 e23	Hz
atomic mass unit-inverse meter relationship	7.513 006 6166 e14	0.000 000 0034 e14	m <sup>-1</sup>
atomic mass unit-joule relationship	1.492 418 062 e-10	0.000 000 018 e-10	J
atomic mass unit-kelvin relationship	1.080 954 38 e13	0.000 000 62 e13	K
atomic mass unit-kilogram relationship	1.660 539 040 e-27	0.000 000 020 e-27	kg
atomic unit of 1st hyperpolarizability	3.206 361 329 e-53	0.000 000 020 e-53	C <sup>3</sup> m <sup>3</sup> J <sup>-2</sup>
atomic unit of 2nd hyperpolarizability	6.235 380 085 e-65	0.000 000 077 e-65	C <sup>4</sup> m <sup>4</sup> J <sup>-3</sup>
atomic unit of action	1.054 571 800 e-34	0.000 000 013 e-34	J s

Os objetivos da teoria dos erros consistem em:

- determinar o melhor valor possível para a grandeza a partir de medições
- determinar quanto o melhor valor obtido pode ser diferente do valor verdadeiro (incerteza)

**Número de Avogadro:**

$$\begin{array}{l} 6,022\,141\,29 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ \pm 0,000\,000\,27 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \end{array}$$

valor  
incerteza

Quando se relata o resultado de medição de uma grandeza física, é obrigatório que seja dada alguma indicação quantitativa da qualidade do resultado, de forma tal que aqueles que o utilizam possam avaliar sua confiabilidade.

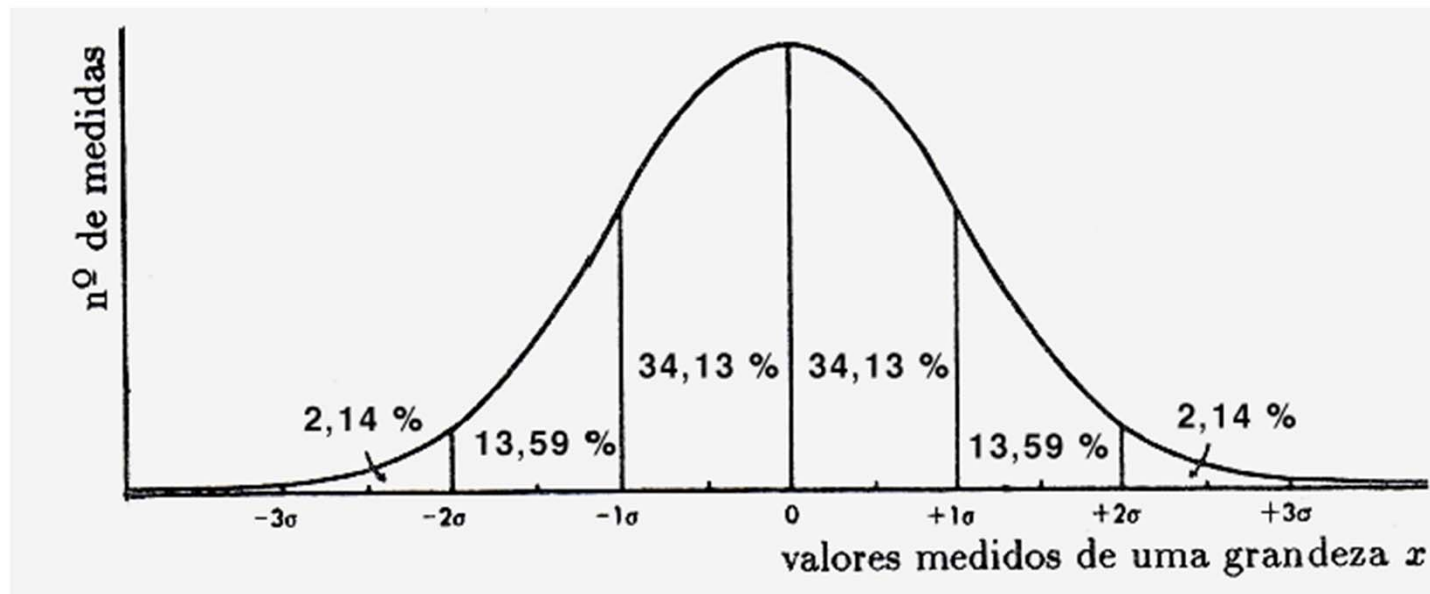
Uma das formas mais usuais para a especificação de uma incerteza de um resultado é a **incerteza padrão** ( $\sigma$ ).

### Mais algumas definições

**Incerteza de medição:** Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas.

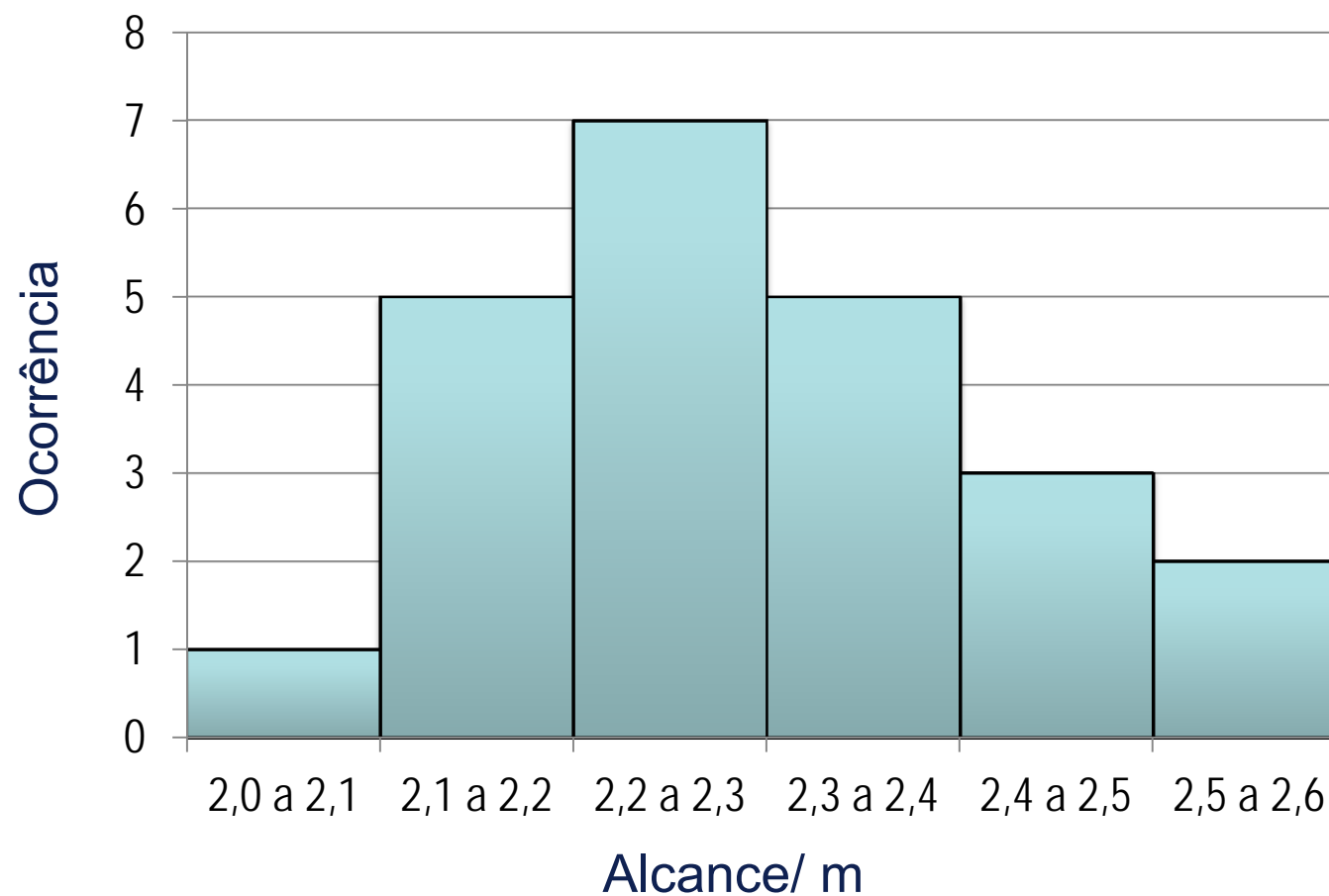
**Incerteza padrão:** incerteza do resultado de uma medição expressa como um desvio padrão.

## Incerteza padrão ( $\sigma$ ).

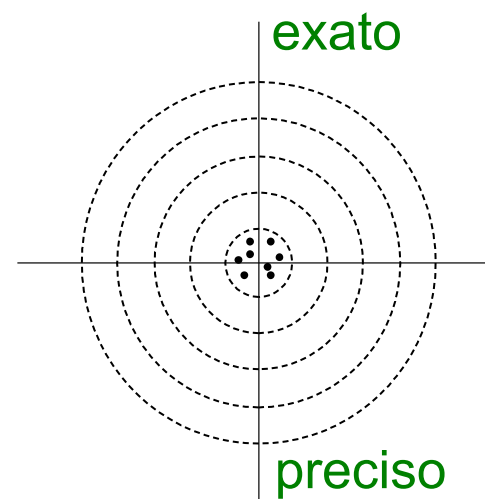
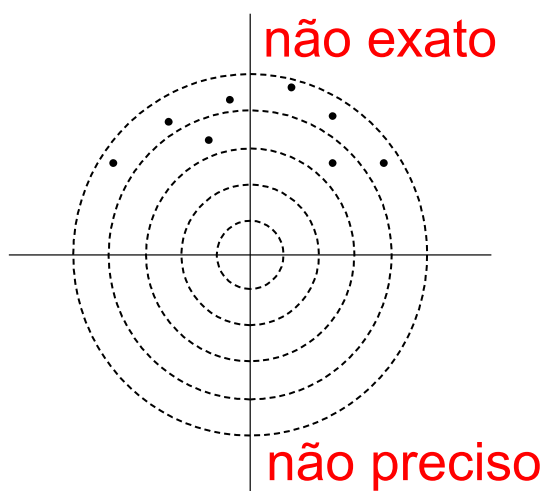
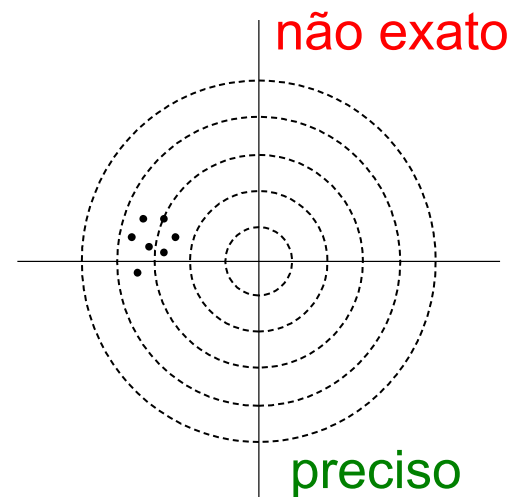
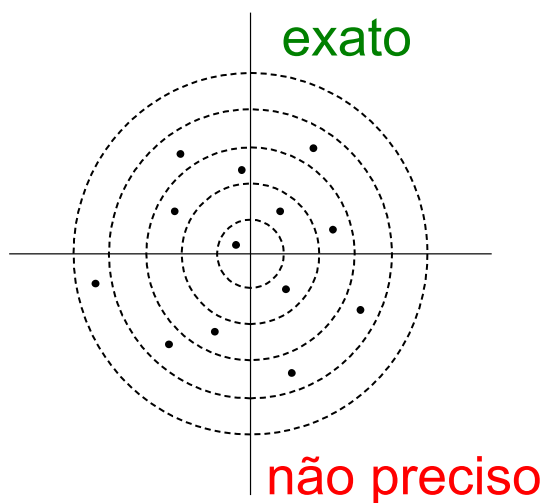


# Lançamento de projétil

Canhão de mola



# Lançamento de projétil

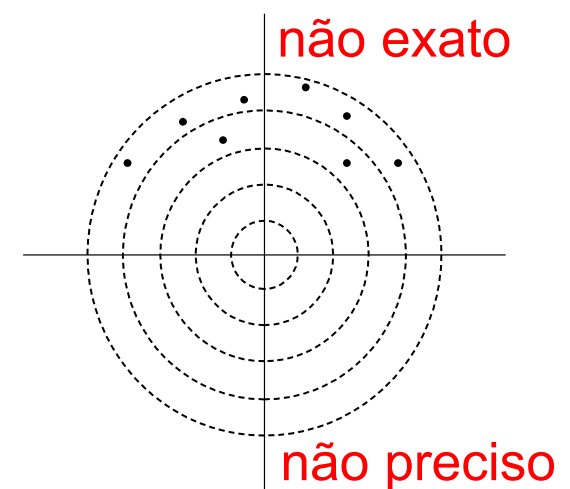
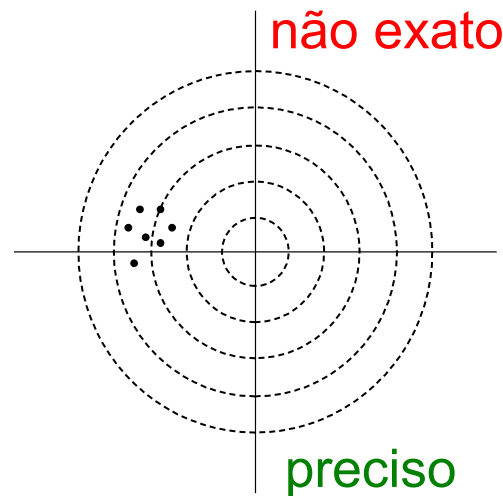
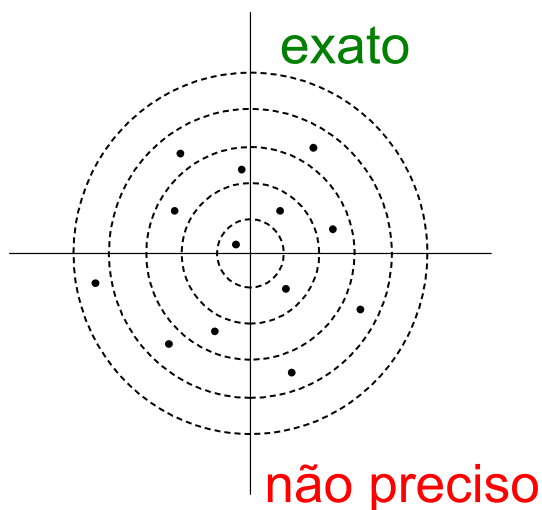


## Tipos de erros

**Erros aleatórios:** influenciam precisão (Tipo A da incerteza);

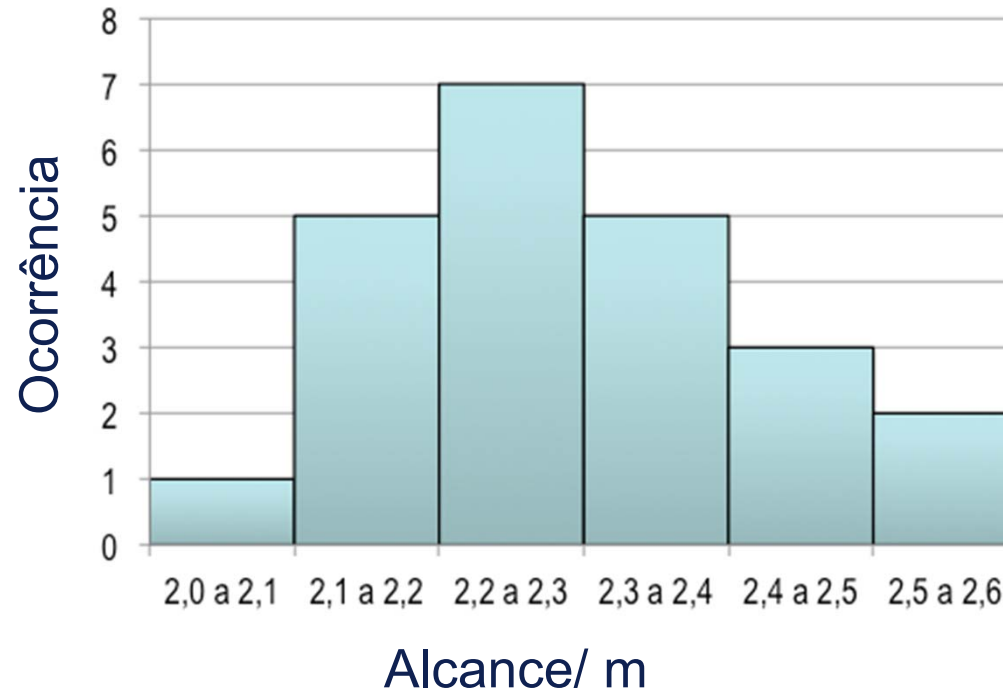
**Erros sistemáticos:** influenciam a exatidão (Tipo B da incerteza);

**Erros grosseiros:** produzem pontos ruins.

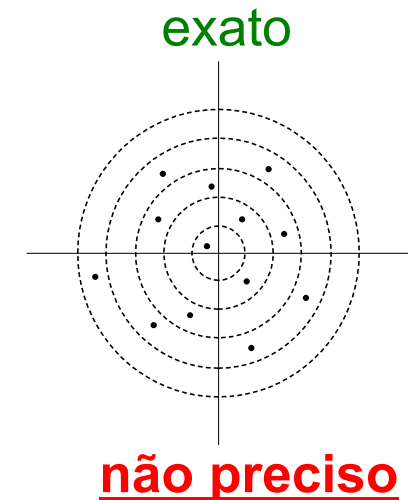




## Erros aleatórios

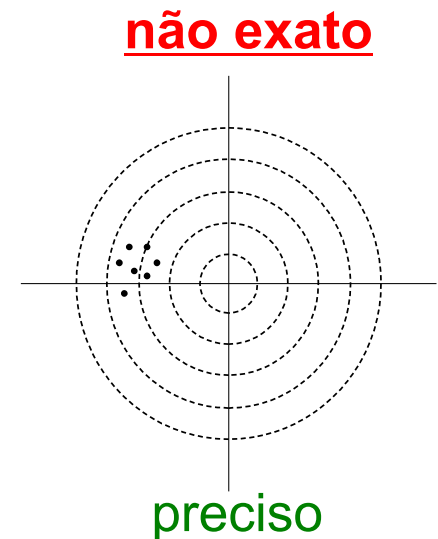


- A **melhor estimativa para o valor da grandeza** é a média aritmética dos N resultados;
- Uma **medida do espalhamento dos dados** é o desvio-padrão da amostra.



## Erros sistemáticos

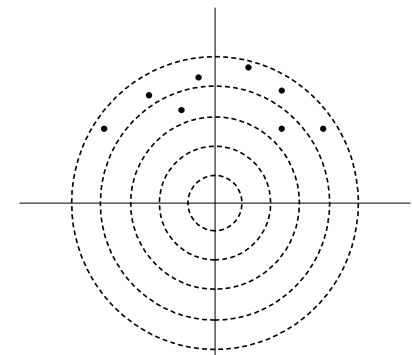
- Fazem com que o valor medido afaste-se do valor verdadeiro;
- São reduzidos por meio de calibração, por estimativas teóricas aproximadas do desvio ou por avaliação do instrumento e procedimento utilizados.



## Erros grosseiros

- Derivados de metodologias ineficazes, mau uso ou uso ineficiente da instrumentação disponível, utilização da cadeia de medição em ambientes inadequados ou fora da sua faixa de utilização primitiva ou utilização de cadeia de medição defeituosa;
- Podem ser bastante reduzidos por elaboração de normas precisas de medição, instalações laboratoriais adequadas e treinamento adequado da mão-de-obra.

**não exato**



**não preciso**

## Mais algumas definições

***Erro de medição*** = Diferença entre o **valor medido** duma **grandeza** e um **valor de referência**.

**Erro aleatório** = Componente do **erro de medição** que, em **medições** repetidas, varia de maneira imprevisível.

**Erro sistemático** = Componente do **erro de medição** que, em **medições** repetidas, permanece constante ou varia de maneira previsível.

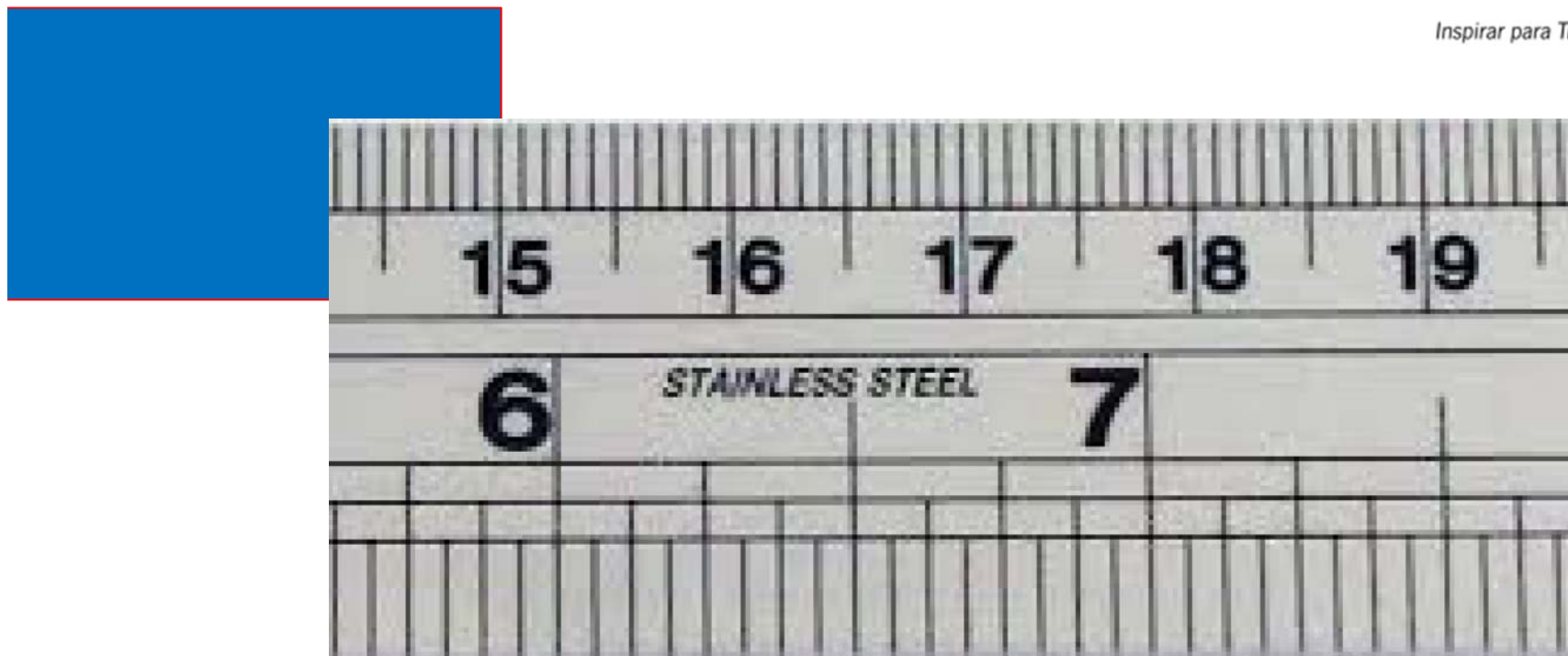
\*VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia, INMETRO, 2012.

## Uma característica de instrumentos

**Resolução** = Menor variação da **grandeza** medida que causa uma variação perceptível na **indicação** correspondente.

\*VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia, INMETRO, 2012.

## Precisão de um instrumento analógico



$15,0 \pm 0,05 \text{ cm}$

Metade da menor divisão  
(resolução)

obs.: Se formos conservadores usaríamos, no caso acima, incerteza de  $\pm 0,1 \text{ cm}$

## Precisão de um instrumento analógico



$17,05 \pm 0,05 \text{ cm}$

Ampliamos a escala, podíamos  
melhorar a incerteza, por ex. 0,03 cm

## Precisão de um instrumento digital



TR

Normalmente é especificada pelo fabricante, ou, então, usamos metade da menor divisão. Por exemplo:

$$(20,10 \pm 0,05) ^\circ\text{C}$$

obs.: Se formos conservadores usaríamos, no caso acima,  $\pm 0,1 ^\circ\text{C}$



<b>Volts DC</b>	<b>Gama/Resolução:</b> 6,000 V / 0,001 V <b>Gama/Resolução:</b> 60,00 V / 0,01 V <b>Gama/Resolução:</b> 600,0 V / 0,1 V <b>Precisão:</b> $\pm ([\% \text{ da leitura}] + [\text{contagens}]): 0,5\% + 2$
<b>Ohms</b>	<b>Gama/Resolução:</b> 600,0 $\Omega$ / 0,1 $\Omega$ <b>Gama/Resolução:</b> 6,000 k $\Omega$ / 0,001 k $\Omega$ <b>Gama/Resolução:</b> 60,00 k $\Omega$ / 0,01 k $\Omega$ <b>Gama/Resolução:</b> 600,0 k $\Omega$ / 0,1 k $\Omega$ <b>Gama/Resolução:</b> 6,000 M $\Omega$ / 0,001 M $\Omega$ <b>Precisão:</b> 0,9% + 1

Resolução:  
Gama/6000  
(conversor A/D)



Ex.1 – Tensão na bateria, medimos 9,00 V (gama 60,00)

$$\text{Precisão} = 0,005 \times 9 + 0,02 = 0,065 \text{ V} \quad 9,00 \pm 0,07 \text{ V}$$

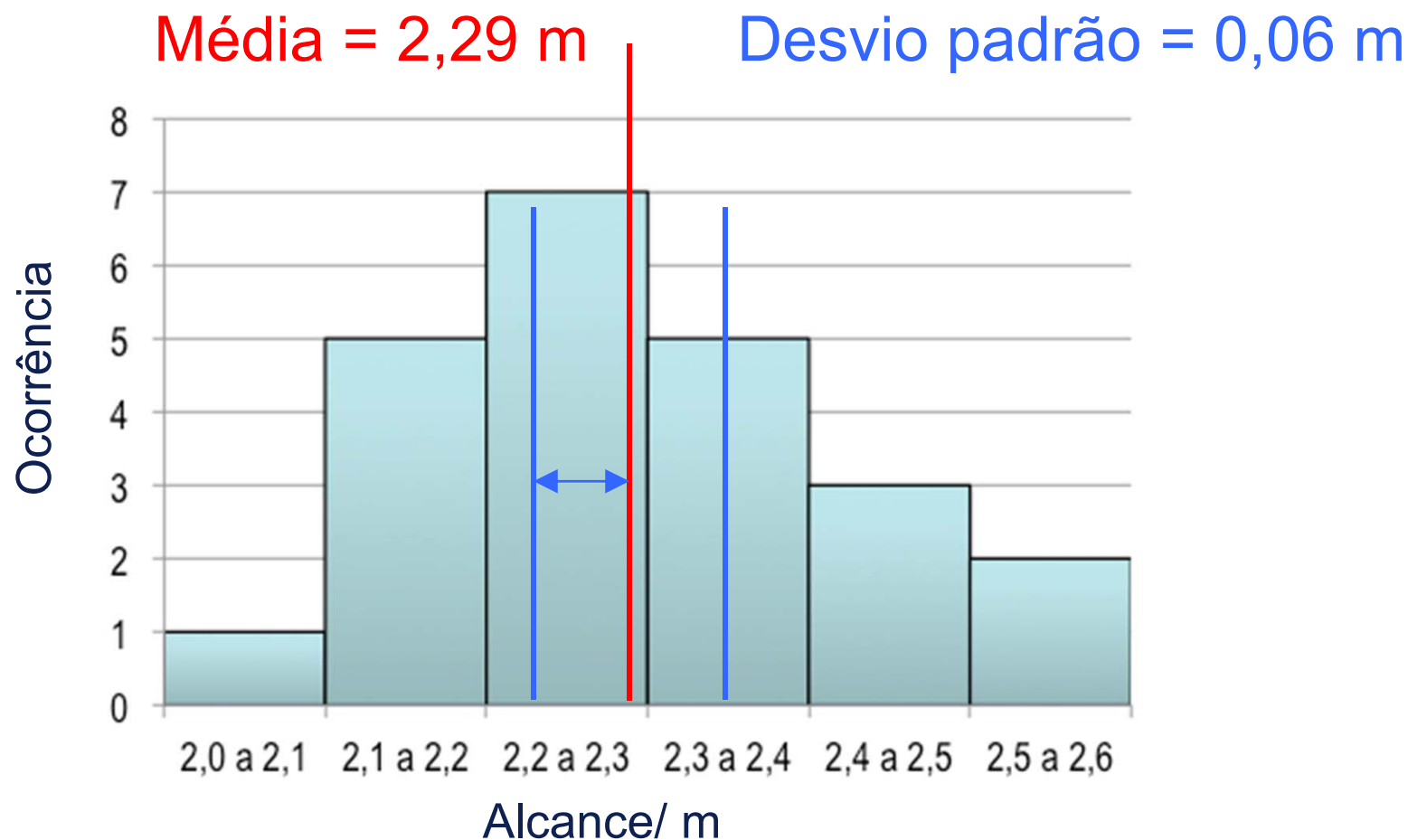
$$\text{Resolução: } 60/6000 = 0,01 \text{ V}$$

Ex.2 – Resistência de 1  $\Omega$ , 1,0  $\Omega$  (gama 600,0  $\Omega$ )

$$\text{Precisão} = 0,009 \times 1 + 0,1 = 0,109 \text{ } \Omega \quad 1,0 \pm 0,1 \text{ } \Omega$$

$$\text{Resolução: } 600/6000 = 0,1 \text{ } \Omega$$

## Erros aleatórios em medições



Alcance =  $2,29 \pm 0,06$  m (para confiabilidade de 68,%)

## Erros aleatórios em medições

Média dos  
resultados:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Desvio-padrão:

$$\sigma_{N-1} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Caso sejam feitas diversas  
repetições de um conjunto de  
medições o Desvio-padrão do  
valor médio é:

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

# Algarismos significativos e arredondamento

Um algarismo é significativo se ele tem maior probabilidade de ser correto, em relação a outros.

O número de dígitos ou algarismos que devem ser apresentados num resultado experimental é determinado pela incerteza padrão neste resultado.

## Algarismos significativos e arredondamento

Vejamos alguns exemplos:

97  $\Omega$       devemos entender que      97  $\pm 1 \Omega$

100,04  $\Omega$       devemos entender que      100,04  $\pm 0,01 \Omega$

Dizemos que 97  $\Omega$  apresenta dois algarismos significativos.

100,04  $\Omega$  apresenta cinco algarismos significativos.

## Algarismos significativos e arredondamento

Regras para identificar algarismos significativos:

- Todos os dígitos diferentes de zero são significativos;  
 $2,998 \times 10^{-8}$  m/s possui quatro algarismos significativos.
- Todos os zeros entre dígitos diferentes de zero são significativos;  
 $6,02214179 \times 10^{-23}$  mol<sup>-1</sup> possui nove algarismos significativos.
- Zeros à esquerda do primeiro dígito não nulo não são significativos;  
0,051  $\Omega$  possui dois algarismos significativos.
- Zeros ao final do número e à direita da vírgula são significativos;  
0,20  $\Omega$  possui dois algarismos significativos.
- Zeros ao final de um número sem vírgula podem ser significativos;  
270  $\Omega$  possui dois ou três algarismos significativos. Para evitar ambiguidade prefira utilizar notação científica.

## Algarismos significativos e arredondamento

A precisão de um resultado calculado é limitada pela medição menos precisa dos cálculos.

Regras para arredondamento para o número de algarismos significativos apropriado.

- Não mude o último dígito significativo se o dígito seguinte for menor ou igual a 4: 6,62 torna-se 6,6 se dois algarismos significativos for mais apropriado;
- Acrescente um ao último dígito significativo se o dígito seguinte for maior ou igual a 5: 5,67 torna-se 5,7 se dois algarismos significativos for mais apropriado;
- Não mude o último dígito significativo se ele for par e o dígito seguinte for 5: 3,45 torna-se 3,4;
- Acrescente um ao último dígito significativo se ele for ímpar e o dígito seguinte for 5: 3,55 torna-se 3,6.

## Algarismos significativos e arredondamento

ADIÇÃO e SUBTRAÇÃO: arredondar o resultado considerando o número com menor número de casas decimais.

Ex:  $1,23 + 45,6 = 46,8$  (45,6 está entre 45,56 e 45,64)

MULTIPLICAÇÃO e DIVISÃO: arredondar o resultado para o mesmo número de algarismos significativos do fator com menor número de algarismos significativos.

Ex:  $1,2 \times 345,6 = 414,72$ , porém devemos escrever como  $4,1 \times 10^2$

**Nota importante: só arredonde o resultado final. Conduza os cálculos parciais sem arredondamento.**



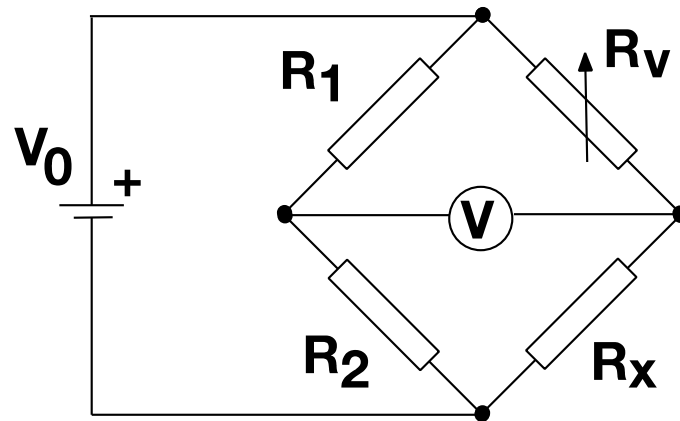
1. A melhor estimativa de uma parâmetro é a média;
2. O erro é o erro padrão da média;
3. Arredonde o erro para o número apropriado de algarismos significativos;
4. Ajuste o número de casas decimais da média para aquele do erro padrão;
5. Inclua unidades.

# *Construção de um termômetro de resistência e medição com a Ponte de Wheatstone*

**(individual)**

Parte A - resistor de 2,4 ohms (90 min)

## Medir a resistência de um resistor de 2,4 ohms

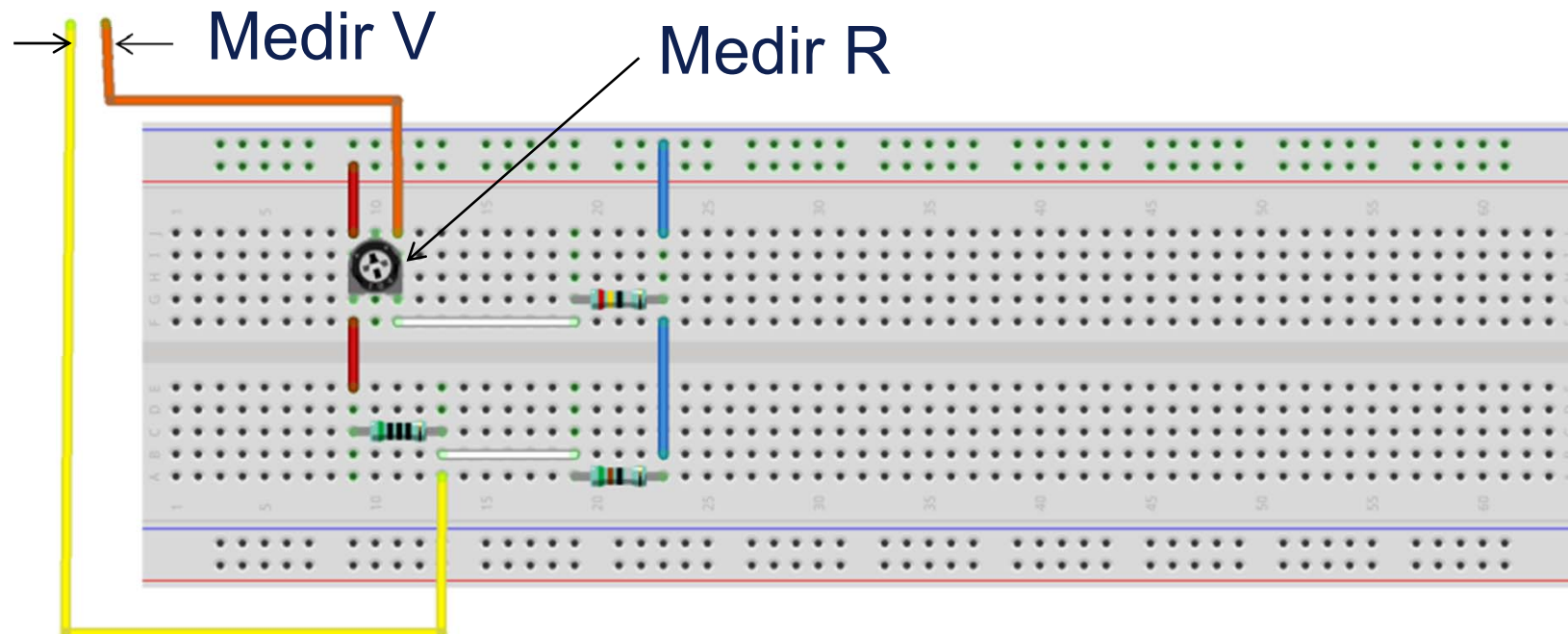


$$V_0 = 3 \text{ V}$$

$$R_1 = 500 \, \Omega$$

$$R_2 = 5,1 \, \Omega$$

$$\text{Trimpot } 1\text{k}\Omega$$



## Medir a resistência de um resistor de 2,4 ohms

Façam 20 medidas de  $R_v$ !

n	$R_v / \Omega$
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
...	
20	
Média	
Desvio	

Com o valor de  $R_v$ , encontre o valor correto do resistor “2,4 Ohm”

# **Exercício**

## **Atividade tratamento de dados**

# Introdução

- Foram feitas duzentas medições de espessura de um bloco utilizando-se um paquímetro;
- Você deve determinar o valor médio e a incerteza associada;
- Fornecemos as duzentas medições digitadas em Excel.

# Introdução

- 1) Vocês devem construir o histograma;
- 2) Vocês devem calcular a média e o desvio-padrão usando o Excel.