



PSI2221 – Experiência 4

Prof. João Kogler  
LSI / EPUSP

# Dinâmica da aula



- Separar o anexo II do resto da apostila (páginas 23 em diante) para entregar como relatório (C)2008 - João Kogler
- Preencha com os nomes dos alunos que farão o relatório juntos
- Ajuda para o relatório → procurar o prof. pela web: [kogler@lsi.usp.br](mailto:kogler@lsi.usp.br) ou [www.lsi.usp.br/~kogler](http://www.lsi.usp.br/~kogler)

# Circuitos utilizados



- **Circuito com transistor** – para medir tensões, correntes e resistências
- **Circuito divisor de tensão** (dois resistores em série com uma fonte de tensão) – para avaliar a influência do multímetro na leitura de tensão
- **Circuito com lâmpada** – para verificação experimental da lei de Ohm

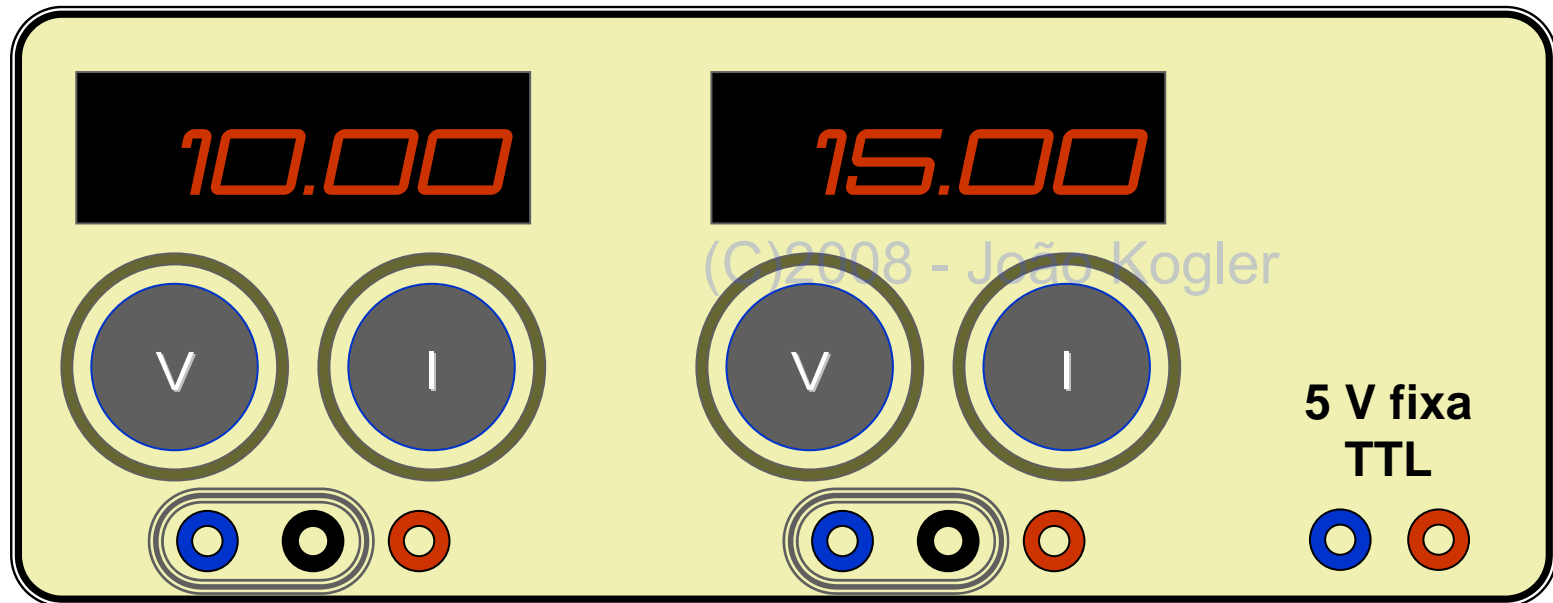
# Equipamentos



- Placa de montagem com pinos *bergstick*
- Fonte de tensão ajustável
- Multímetro digital *Tektronix*

©2008 - João Kogler

# Fonte de tensão ajustável (*dupla*)



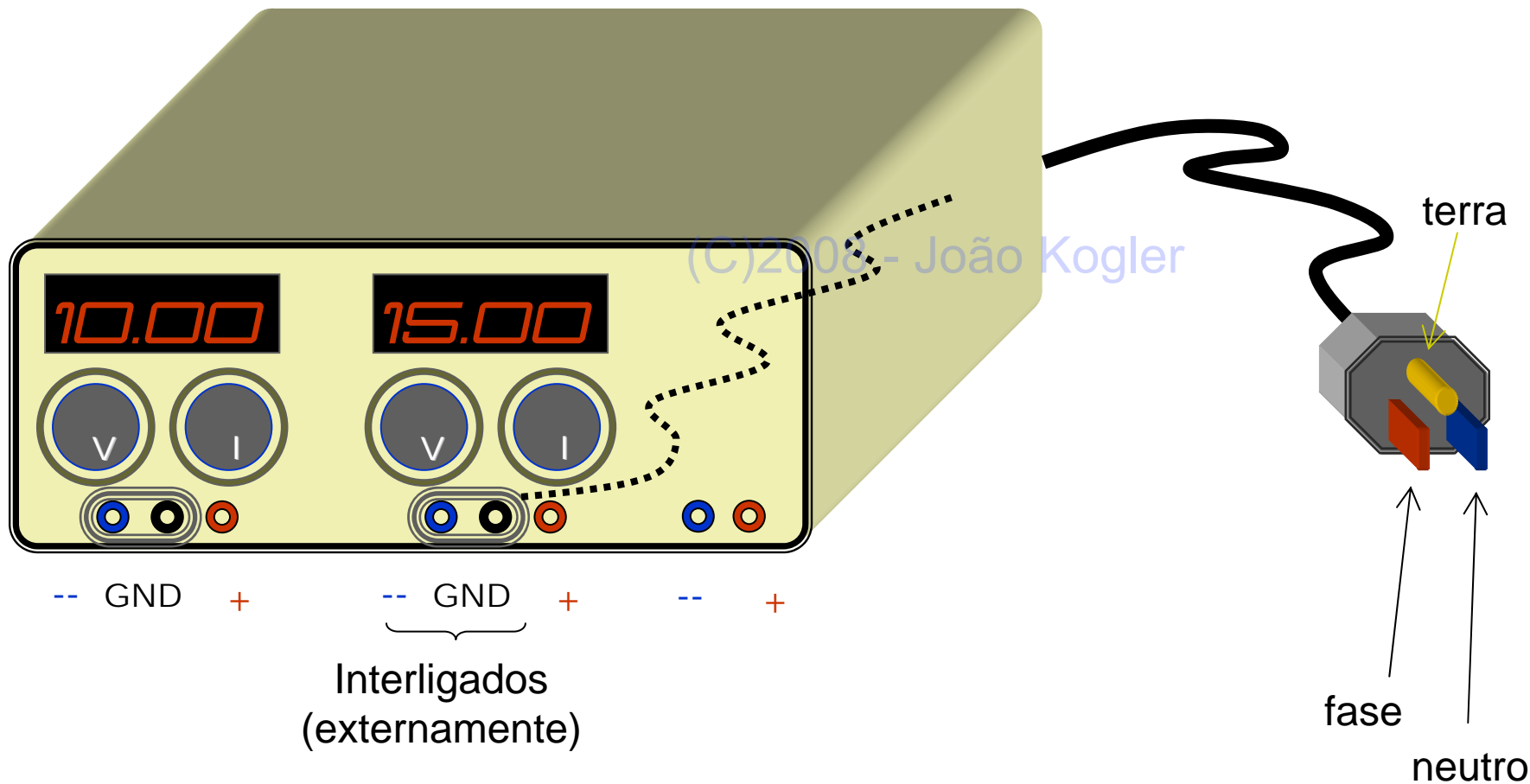
-- GND +

-- GND +

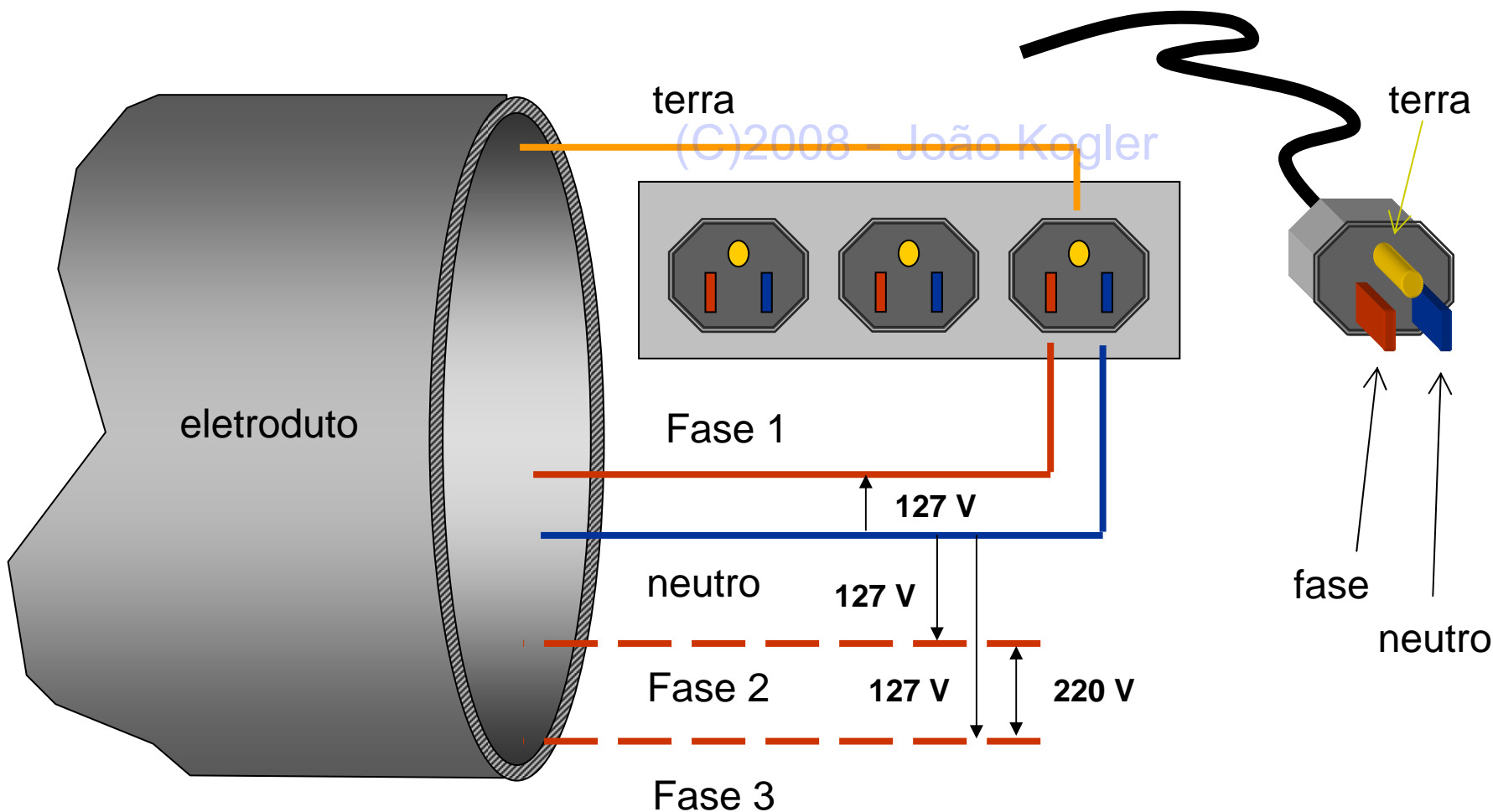
-- +

O botão de corrente serve para ajustar o limitador de corrente máxima

# Fonte de tensão ajustável (*dupla*)

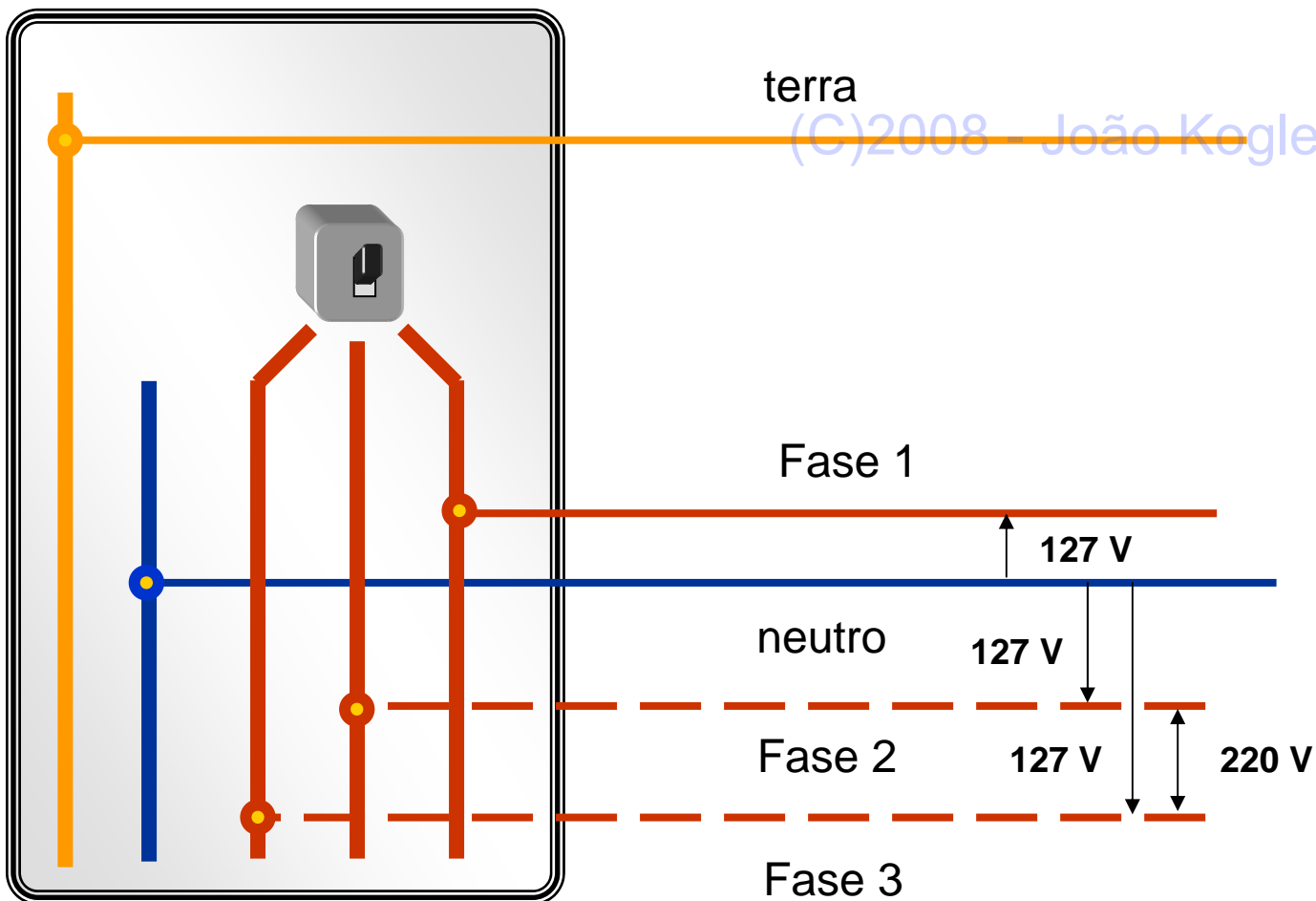


# Alimentação e terra



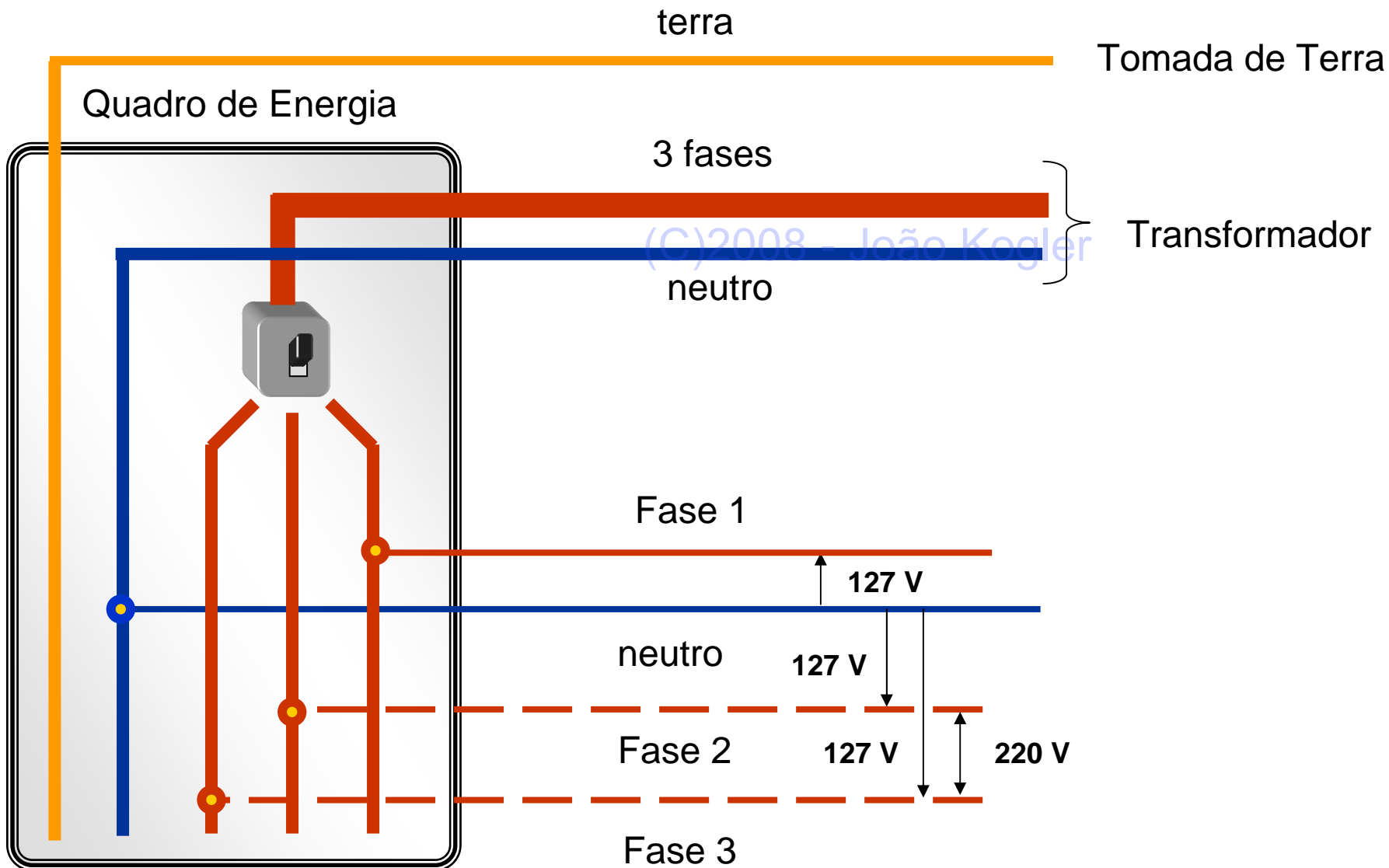
# Alimentação e terra

Quadro de Energia





# Alimentação e terra



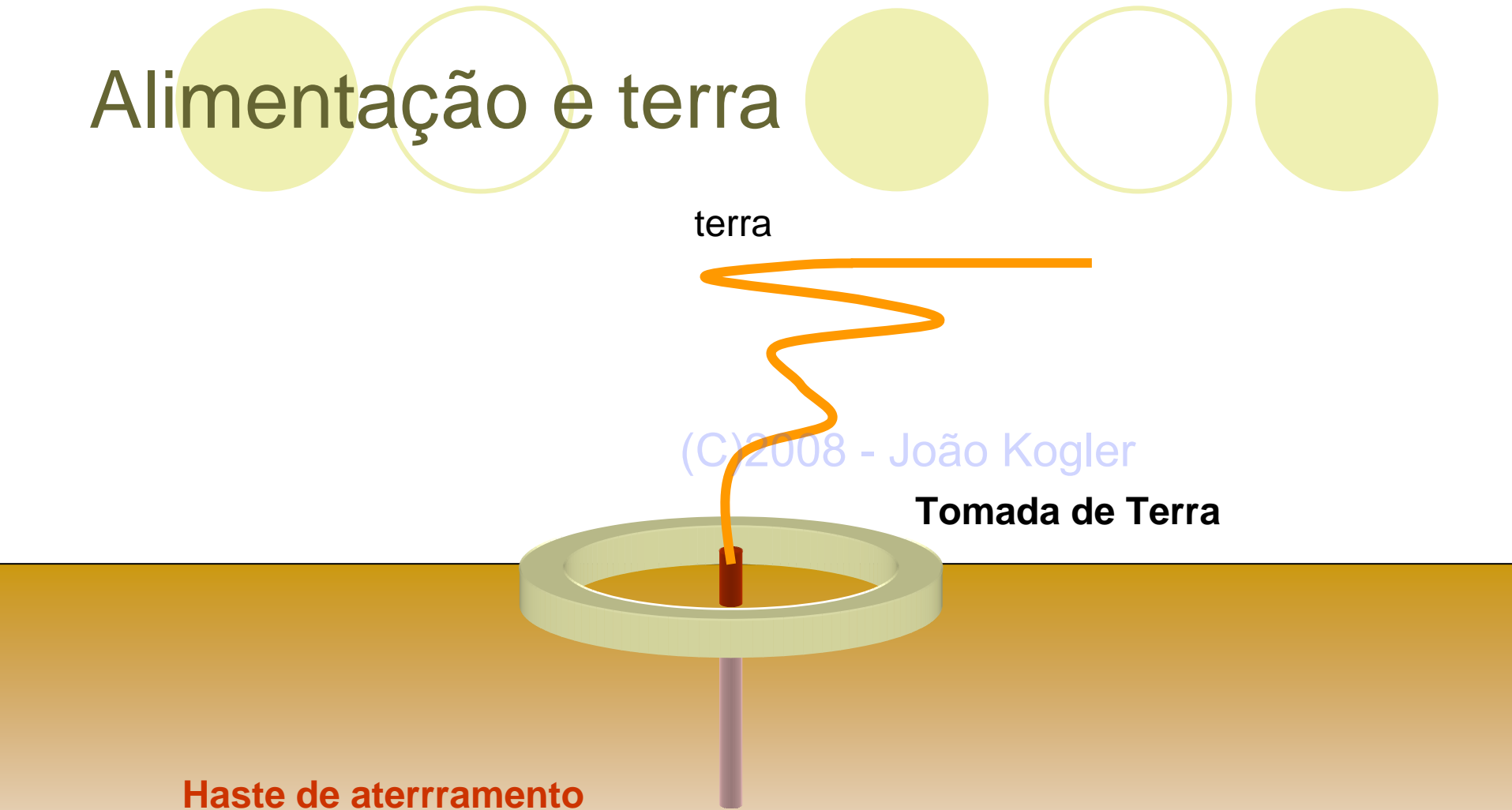
# Alimentação e terra

terra

(C)2008 - João Kogler

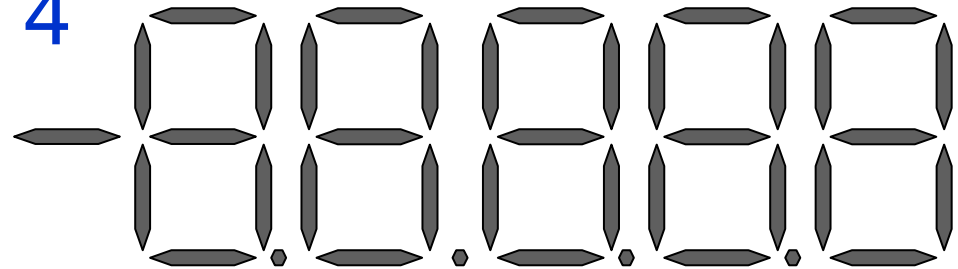
Tomada de Terra

Haste de aterramento  
(Cobre, Copperweld)



# Multímetro

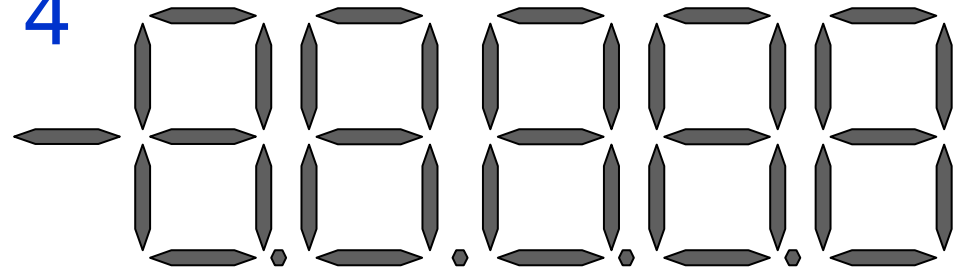
- Aparelho Digital
- Display de 4 grupos de 7 segmentos e 1 grupo de 8 segmentos
- Os grupos de 7 segmentos exibem números de 0 a 9
- O grupo de 8 segmentos exibe o sinal e números de 0 a 4



# Multímetro

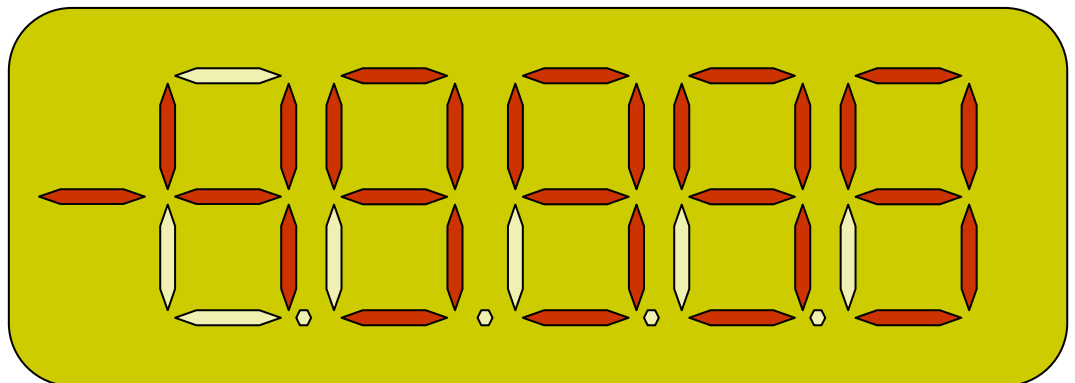
- Aparelho Digital
- Display de 4 grupos de 8 segmentos
- Os grupos de 7 segmentos mostram números de 0 a 9
- O grupo de 8 segmentos mostra números de 0 a 4

0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
1	0	0	8
1	0	0	9



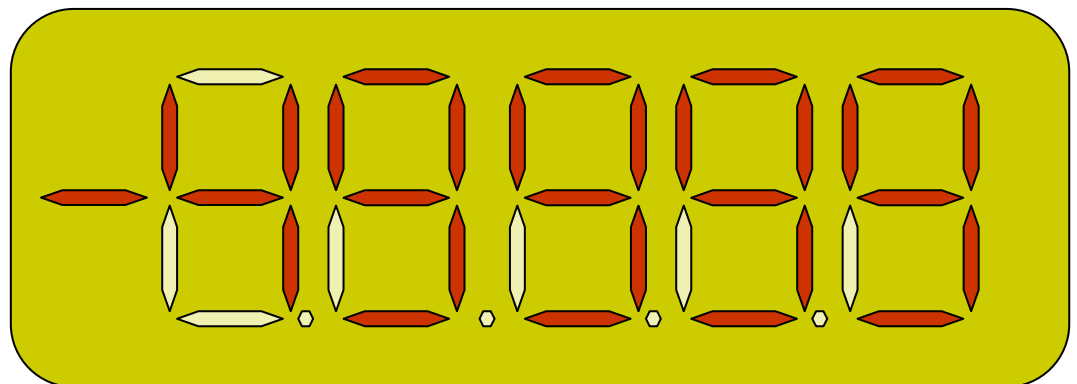
# Multímetro

- Leituras entre: **-49999** e **49999**
- Chamado de “*4 e meio dígitos*”
- Escalas de tensão, corrente e resistência

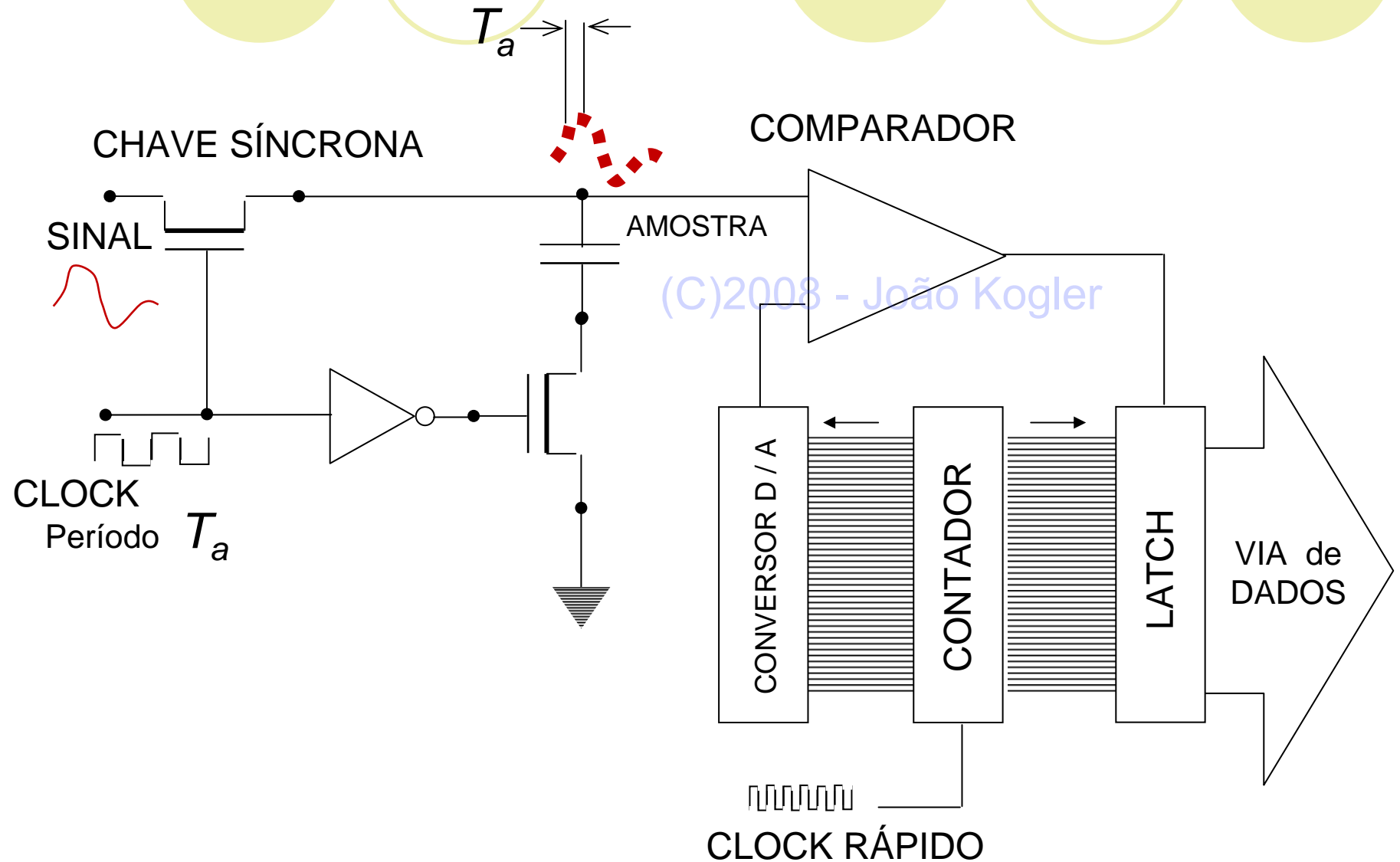


# Multímetro – Escalas de tensão DC

- A escala define a posição do ponto decimal
- Exatidão:  $\pm$  (0,05% valor medido + 10 dígitos)
- Ex.: escala de 5 Volts  $\rightarrow$  de -4.9999 a 4.9999
  - Seja a leitura de 1.5 V
  - $0,05\%$  de 1,5 V =  $0,0005 \times 1,5 = 0,00075$  V
  - 10 dígitos nessa escala = 0,0010 V
  - Valor =  $1,5 \pm 0,00175$  V

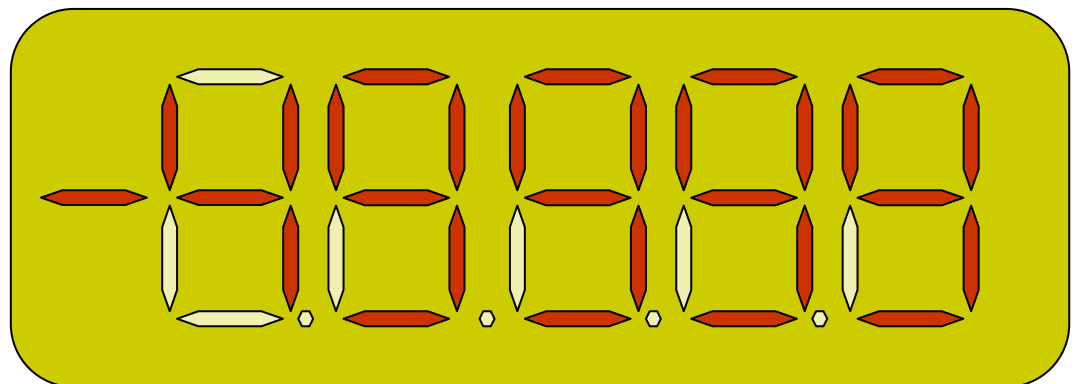


# Amostrador e Conversor A/D



# Multímetro – Escalas de tensão DC

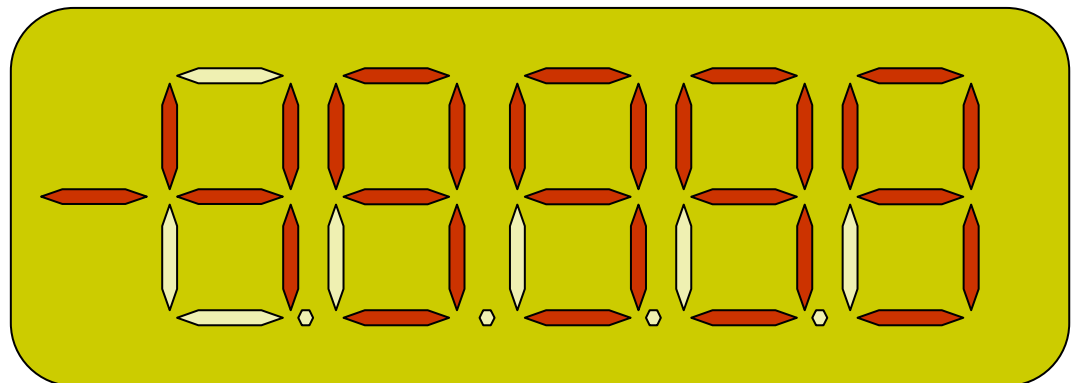
- A escala define a posição do ponto decimal
- Exatidão:  $\pm$  (0,05% valor medido + 10 dígitos)
- Ex.: escala de 5 Volts  $\rightarrow$  de -4.9999 a 4.9999
  - Seja a leitura de 1.5 V
  - $0,05\%$  de 1,5 V =  $0,0005 \times 1,5 = 0,00075$  V
  - 10 dígitos nessa escala = 0,0010 V
  - Valor =  $1,5 \pm 0,00175$  V





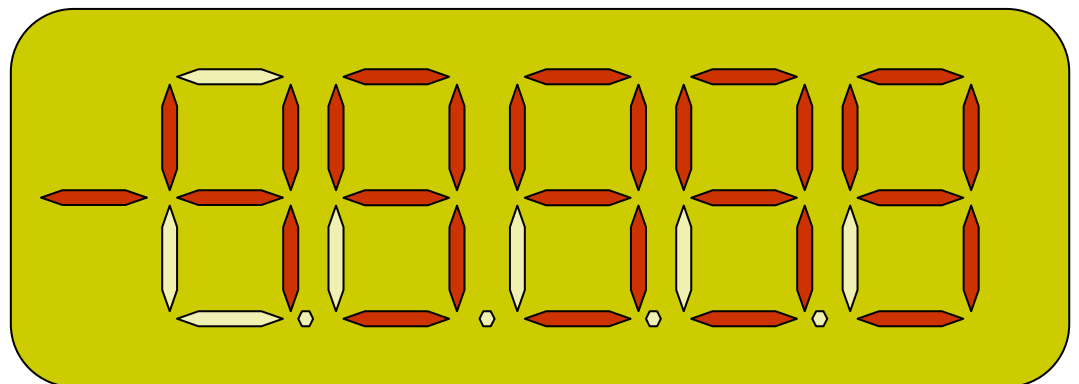
# Multímetro – Escalas de tensão DC

- A escala define a posição do ponto decimal
- Exatidão:  $\pm$  (0,05% valor medido + 10 dígitos)
- Ex.: escala de 500 mV  $\rightarrow$  de -499.99 a 499.99
  - Seja a leitura de 150 mV
  - 0,05 % de 150 mV =  $0,0005 \times 150 = 0,075$  mV
  - 10 dígitos nessa escala = 000,10 mV
  - Valor =  $150 \pm 0,175$  mV



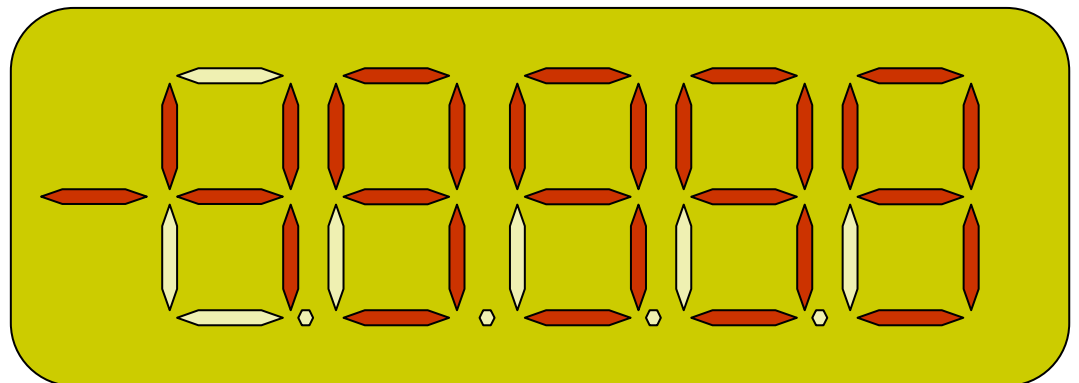
# Multímetro – Escalas de corrente DC

- Escala de 500  $\mu\text{A}$
- Exatidão:  $\pm$  (0,2% valor medido + 40 dígitos)
- Ex.: escala de 500  $\mu\text{A}$   $\rightarrow$  de -499.99 a 499.99
  - Seja a leitura de 150  $\mu\text{A}$
  - 0,2 % de 150  $\mu\text{A}$  = 0,02 x 150 = 3  $\mu\text{A}$
  - 40 dígitos nessa escala = 000,40  $\mu\text{A}$
  - Valor = 150  $\pm$  3,4  $\mu\text{A}$



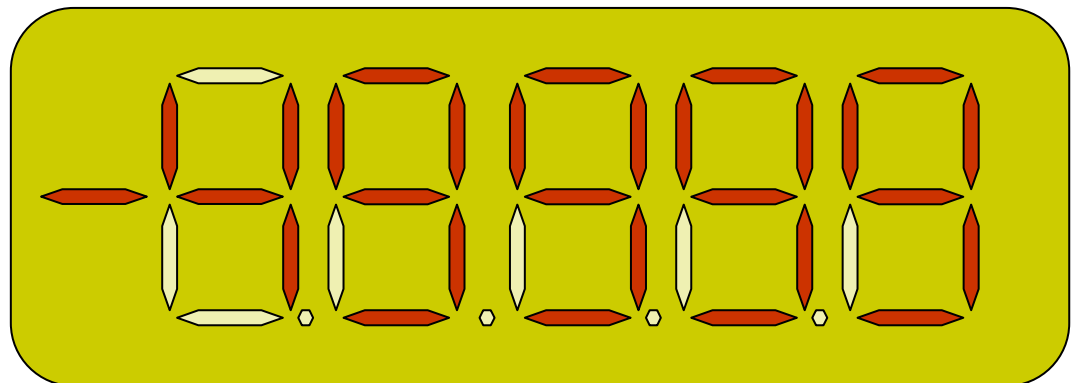
# Multímetro – Escalas de corrente DC

- Escalas de 5 mA e 500 mA
- Exatidão:  $\pm$  (0,2% valor medido + 20 dígitos)
- Ex.: escala de 500 mA  $\rightarrow$  de -499.99 a 499.99
  - Seja a leitura de 150 mA
  - 0,2 % de 150 mA = 0,02 x 150 = 3 mA
  - 20 dígitos nessa escala = 000,20 mA
  - Valor = 150  $\pm$  3,2 mA



# Multímetro – Escalas de corrente DC

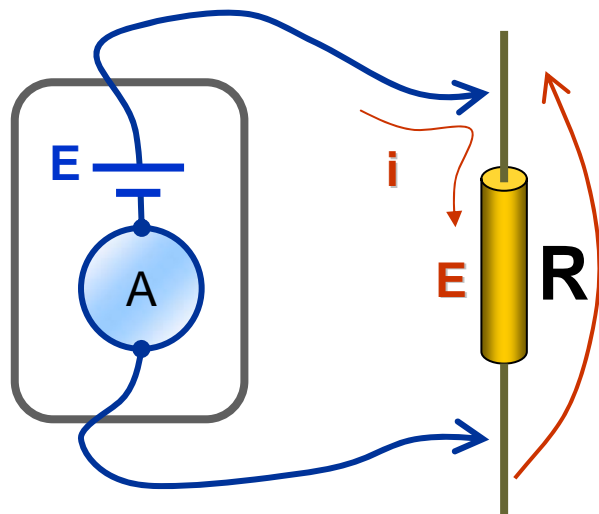
- Escalas de 5 mA e 500 mA
- Exatidão:  $\pm (0,2\% \text{ valor medido} + 20 \text{ dígitos})$
- Ex.: escala de 5 mA  $\rightarrow$  de -4.9999 a 4.9999
  - Seja a leitura de 1.5 mA
  - $0,2\% \text{ de } 1.5 \text{ mA} = 0,02 \times 1.5 = 0,03 \text{ mA}$
  - 20 dígitos nessa escala = 0,0020 mA
  - Valor =  $1,5 \pm 0,032 \text{ mA}$



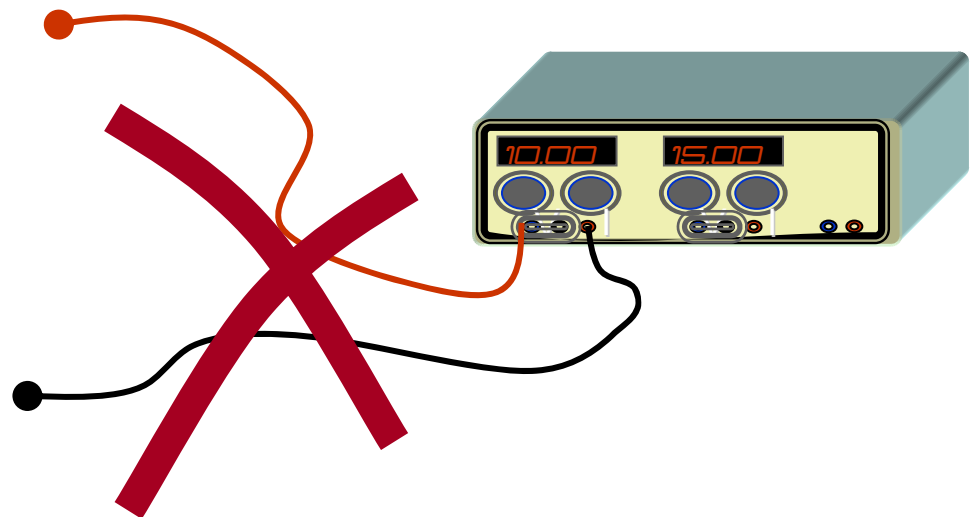
# Multímetro – Escalas de resistência

- Escalas até 500 k $\Omega$
- Exatidão:  $\pm$  (0,1% valor medido + 20 dígitos)
- ***NUNCA USAR O OHMÍMETRO COM O CIRCUITO ENERGIZADO***

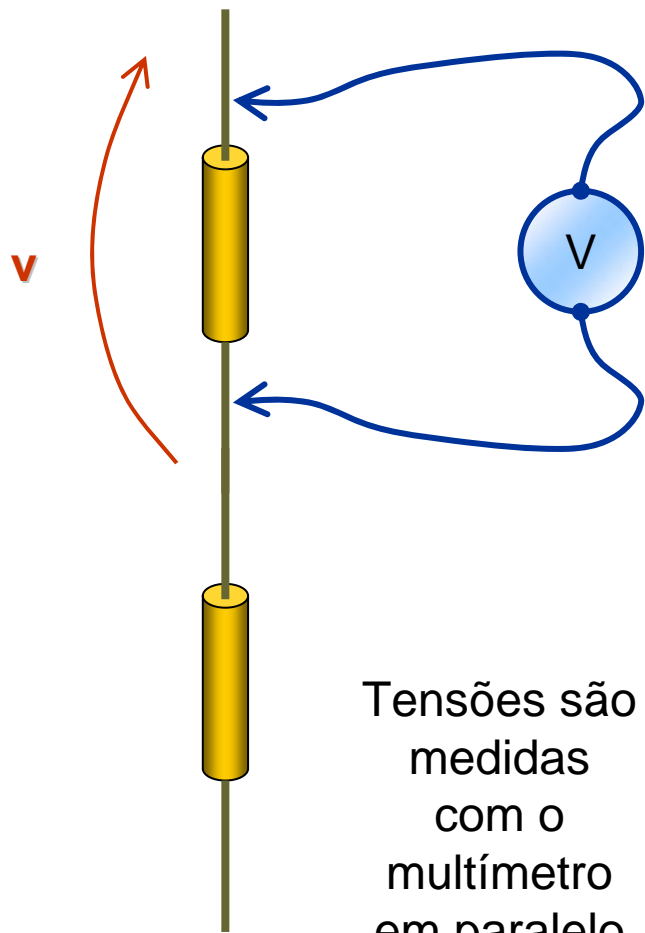
(C)2008 - Joao Kogler



Multímetro

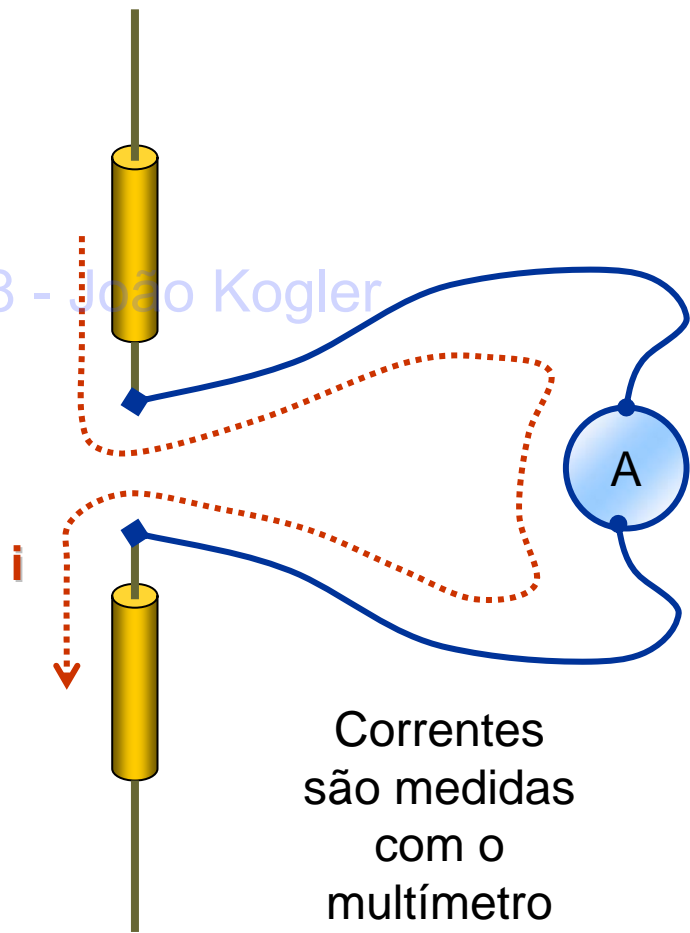


# Medidas de Tensão e Corrente



Tensões são medidas com o multímetro em paralelo com o ramo

(C)2008 - João Kogler

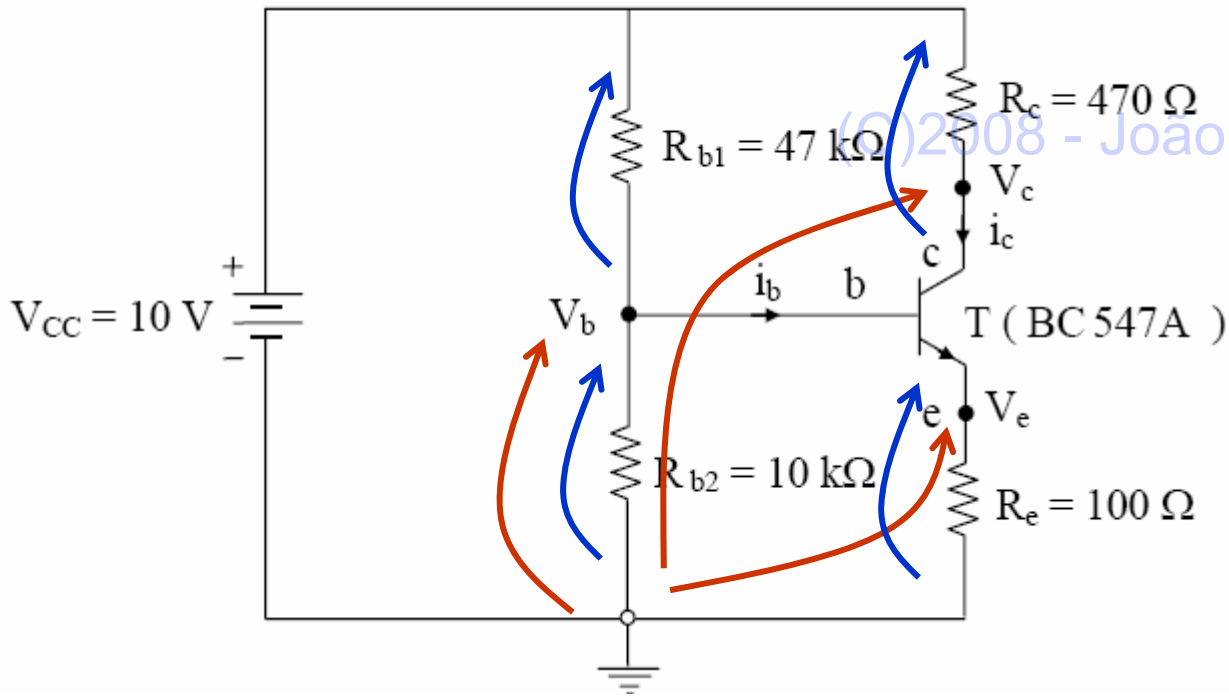


Correntes são medidas com o multímetro em série com o ramo

# Medidas de Tensão – até pág. 5

- Deve haver um total de 14 fios
- Montar circuito com transistor (fig.1 passo a passo – seguir o professor) – 15 minutos
- Medir tensões e anotar – 15 minutos
- Montar o circuito da fig.3 em outra parte da placa (não desmonte o anterior pois vai precisar dele depois) – 15 minutos (incluindo as medidas)

# Tensões



(c)2008 - João Kogler

**Tensões nodais**

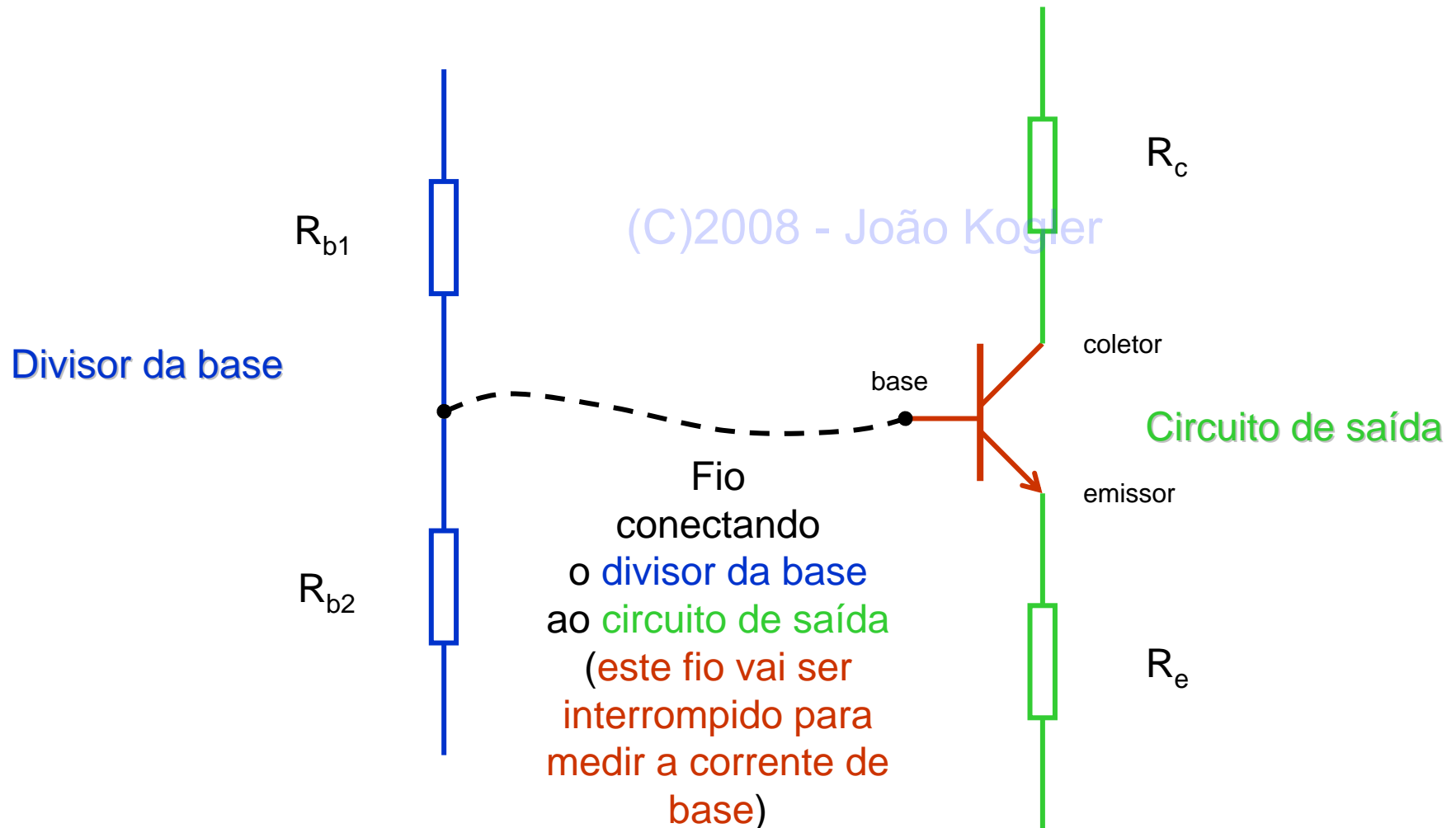
**Tensões de ramo**



# Medidas de Corrente

- Lembrar: para medir uma corrente é preciso abrir o circuito no ramo em que quer medir e inserir o multímetro (isto é, retire o fio e feche o circuito com o amperímetro)
- Faça os cálculos em casa (será preciso usar propagação de erros relativos para comparar os ganhos)
- Tempo desta parte – 30 minutos

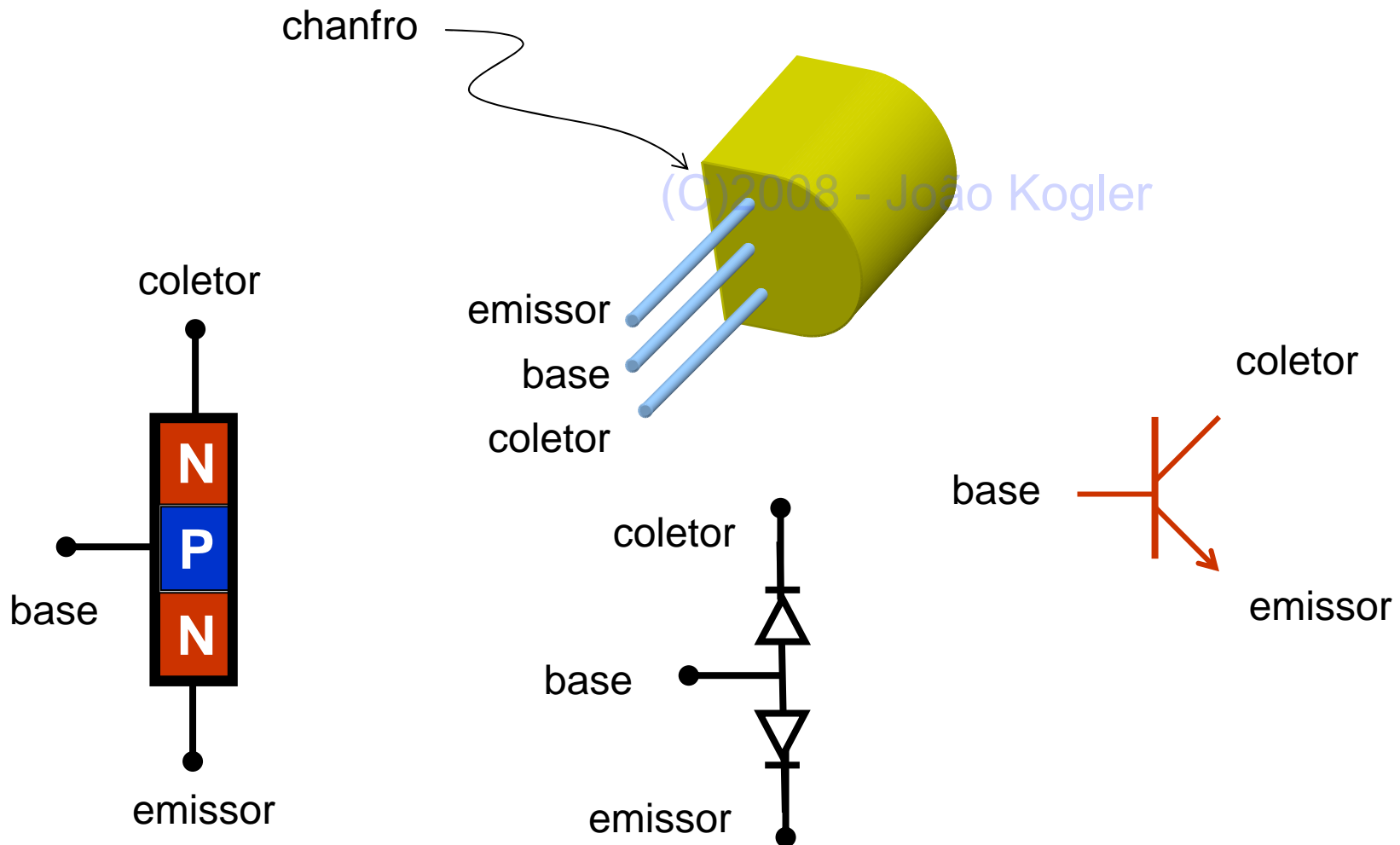
# Montagem do circuito com transistor



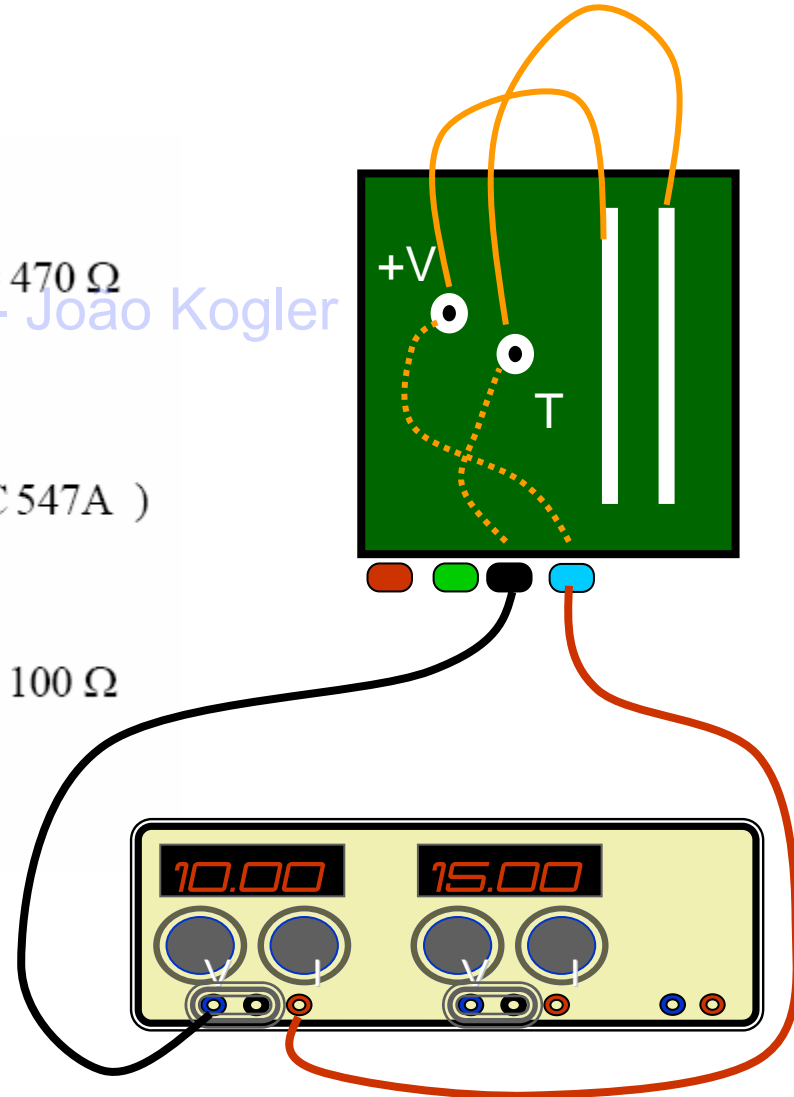
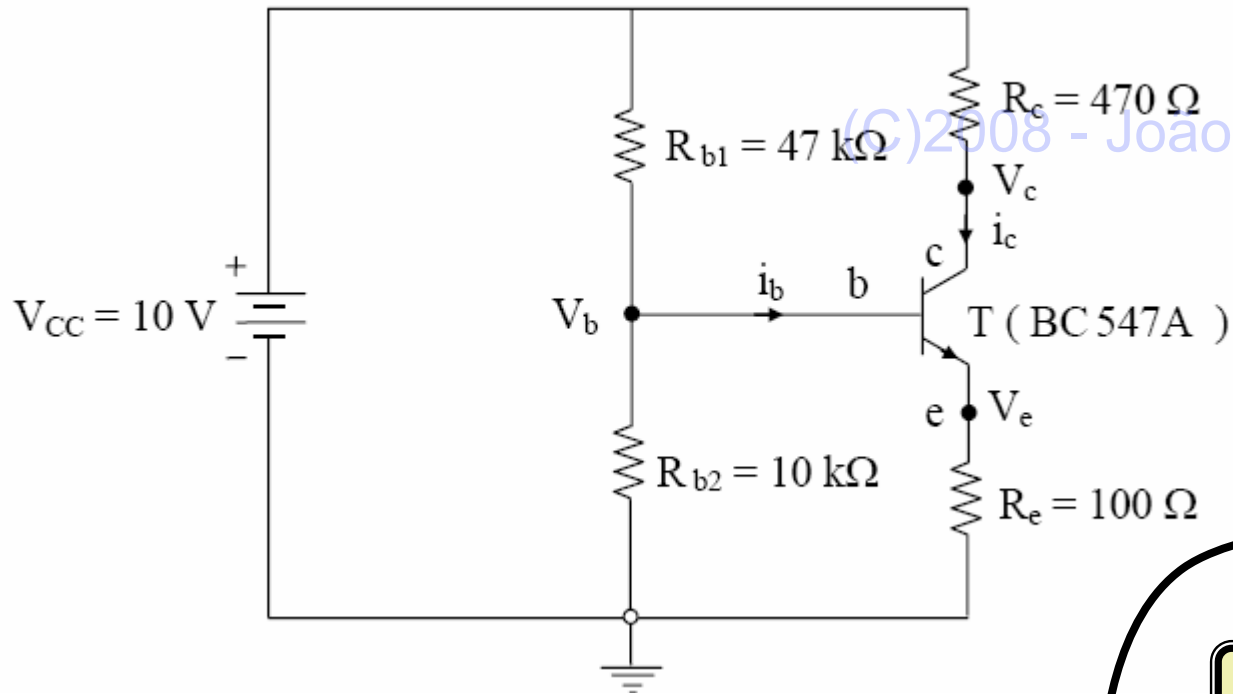
# Medidas de resistência

- Não desmonte o circuito
- **Desconecte apenas a fonte** (lembre-se: nunca medir circuito energizado)
- Meça as resistências com o circuito montado primeiramente (sem a fonte)
- Desmonte o circuito (isto é, tire os fios)
- Meça agora as resistências com o circuito desmontado
- Tempo total – 30 minutos

# Transistor – BC 547 A - npn



# Montagem dos circuitos



(C)2008 - Joao Kogler

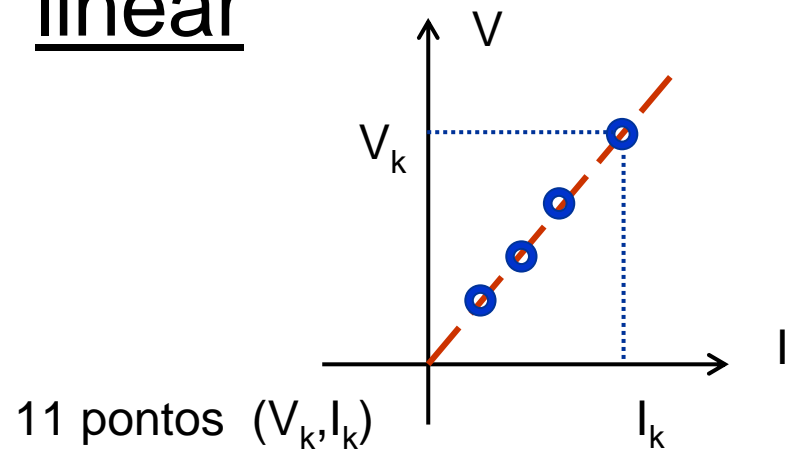
# Lei de Ohm

- $V = R \cdot I$

- Você vai levantar vários pontos de um gráfico  $V$  versus  $I$  (C)2008 - João Kogler

- Se não houvessem erros experimentais, os pontos cairiam direitinho sobre uma reta, para um resistor linear

- $V_k = R \cdot I_k$



# Lei de Ohm

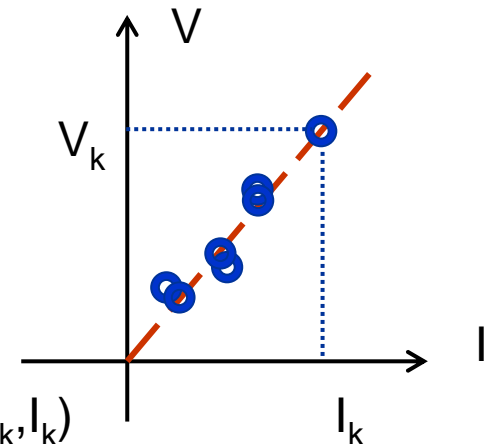
$V_k$	$I_k$	$R_k$
0	0	0
1	2,1	0,48
2	4,3	0,47
3	6,7	0,45
4	8,6	0,47
5	10,6	0,47
6	12,9	0,47
7	15,1	0,47
8	17,2	0,47
9	19,4	0,46
10	21,6	0,46

- Então você vai preencher uma tabela como a ao lado
- Se não houvessem erros experimentais e tolerâncias técnicas, os pontos cairiam direitinho sobre uma reta

$$V_k = R \cdot I_k$$

- Entretanto, existem tais erros e tolerâncias
- Logo,

$$V_k \neq R \cdot I_k \quad (\text{para um mesmo valor } R)$$



11 pontos ( $V_k, I_k$ )

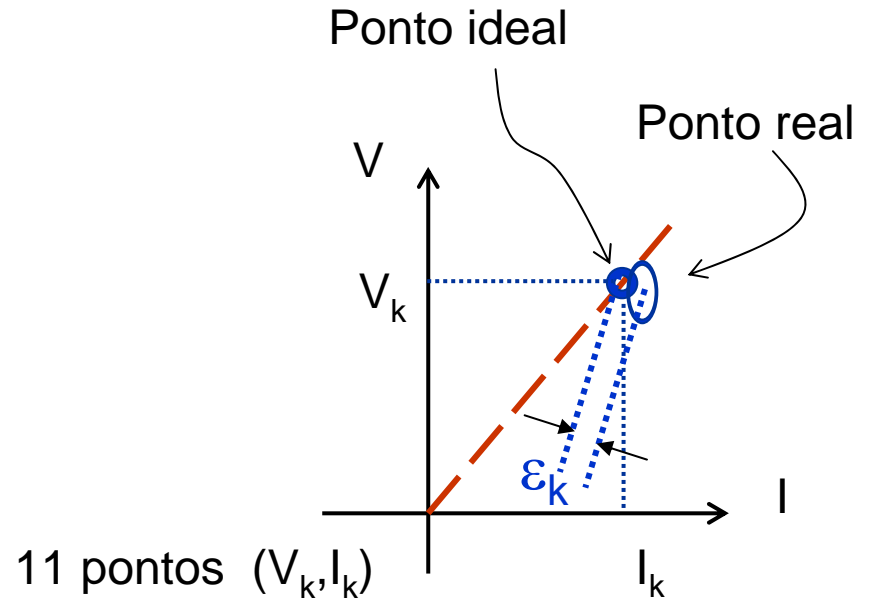
# Lei de Ohm

$$V_k \neq R \cdot I_k$$

$$V_k - R \cdot I_k \neq 0$$

(C)2008 - João Kogler

$$V_k - R \cdot I_k = \varepsilon_k \text{ (erro)}$$





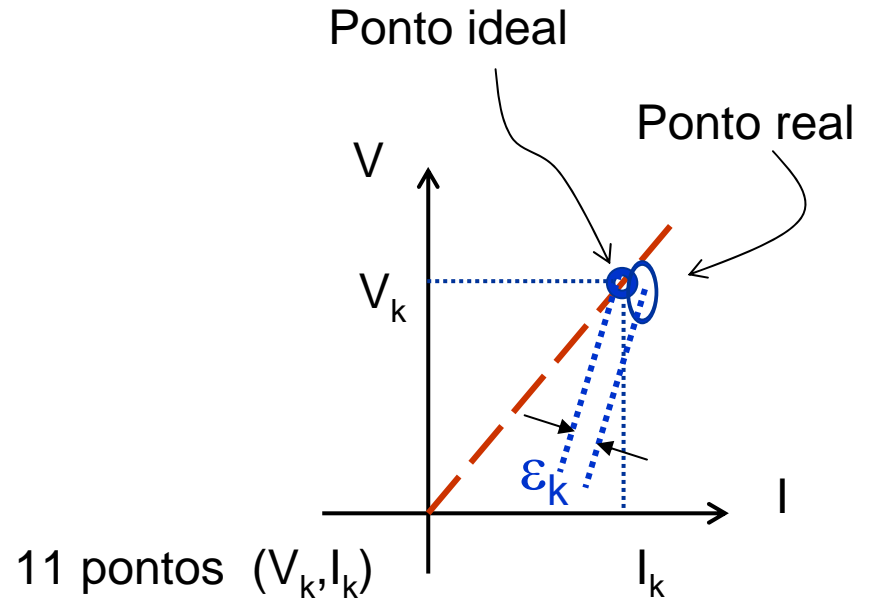
# Lei de Ohm

$$V_k - R \cdot I_k = \varepsilon_k \text{ (erro)}$$

Erro quadrático total: (para todos os pontos experimentais)

$$\varepsilon_{\text{tot}}^2 = \sum_k \varepsilon_k^2$$

$$\varepsilon_{\text{tot}}^2 = \sum_k (V_k - R \cdot I_k)^2$$



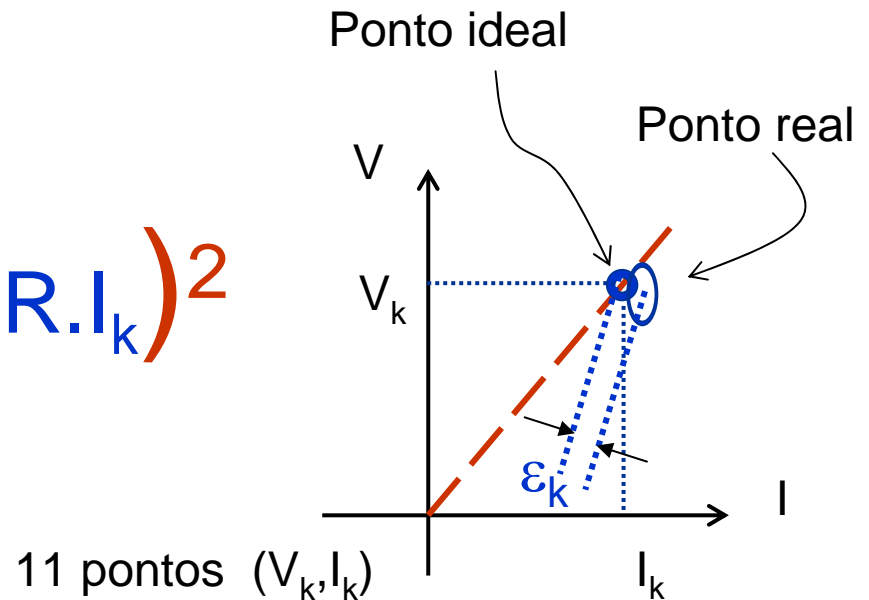
# Lei de Ohm

$$\varepsilon_{\text{tot}}^2 = \sum_k (V_k - R \cdot I_k)^2$$

Nosso objetivo é achar o valor de R que melhor retrate os pontos experimentais. Isto é, R tal que o erro seja o menor possível (mínimo).

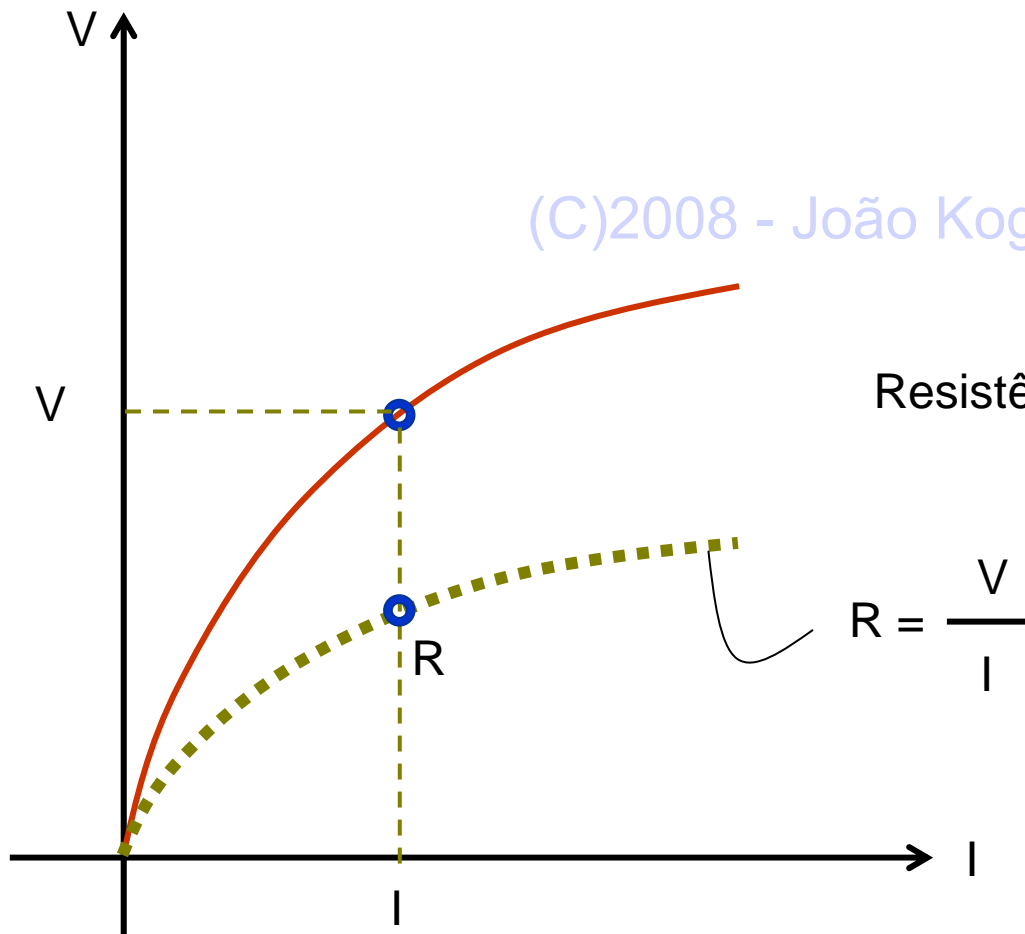
Podemos então pensar em minimizar o erro em relação a R:

$$\frac{d\varepsilon_{\text{tot}}^2}{dR} = \frac{d}{dR} \sum_k (V_k - R \cdot I_k)^2$$



# Resistência da Lâmpada (não linear)

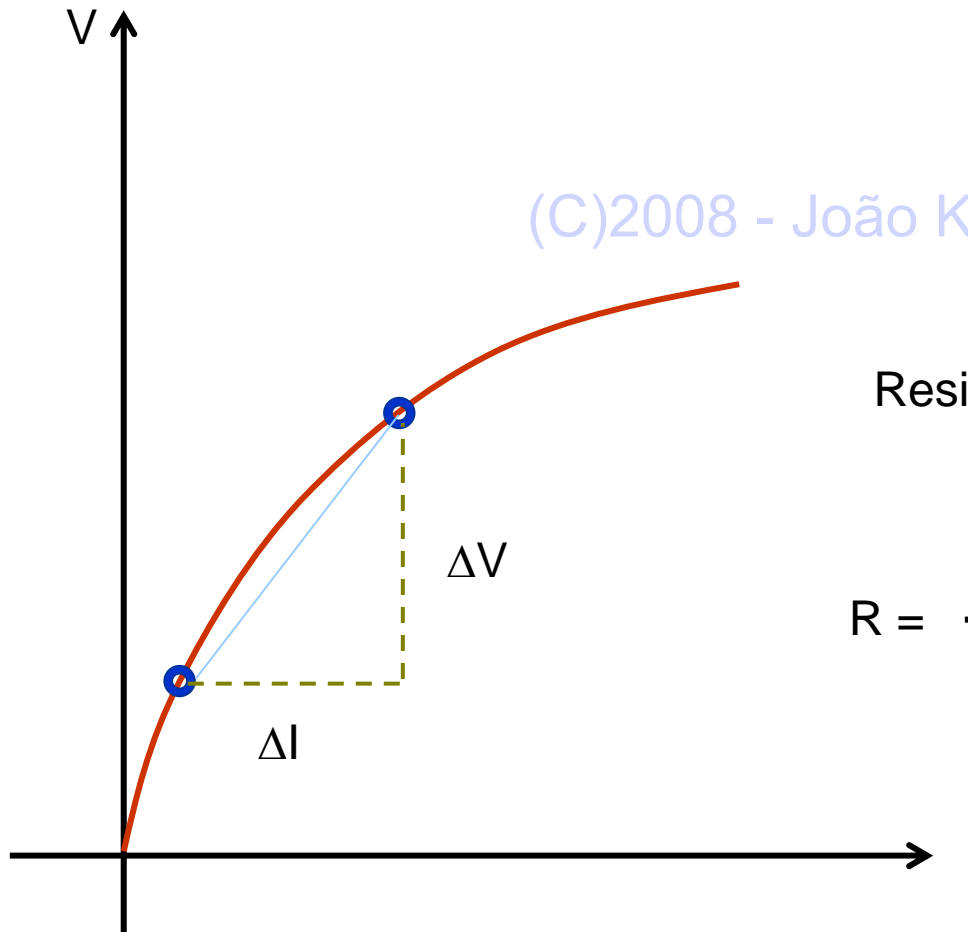
(C)2008 - João Kogler



Resistência (lei de Ohm):

$$R = \frac{V}{I}$$

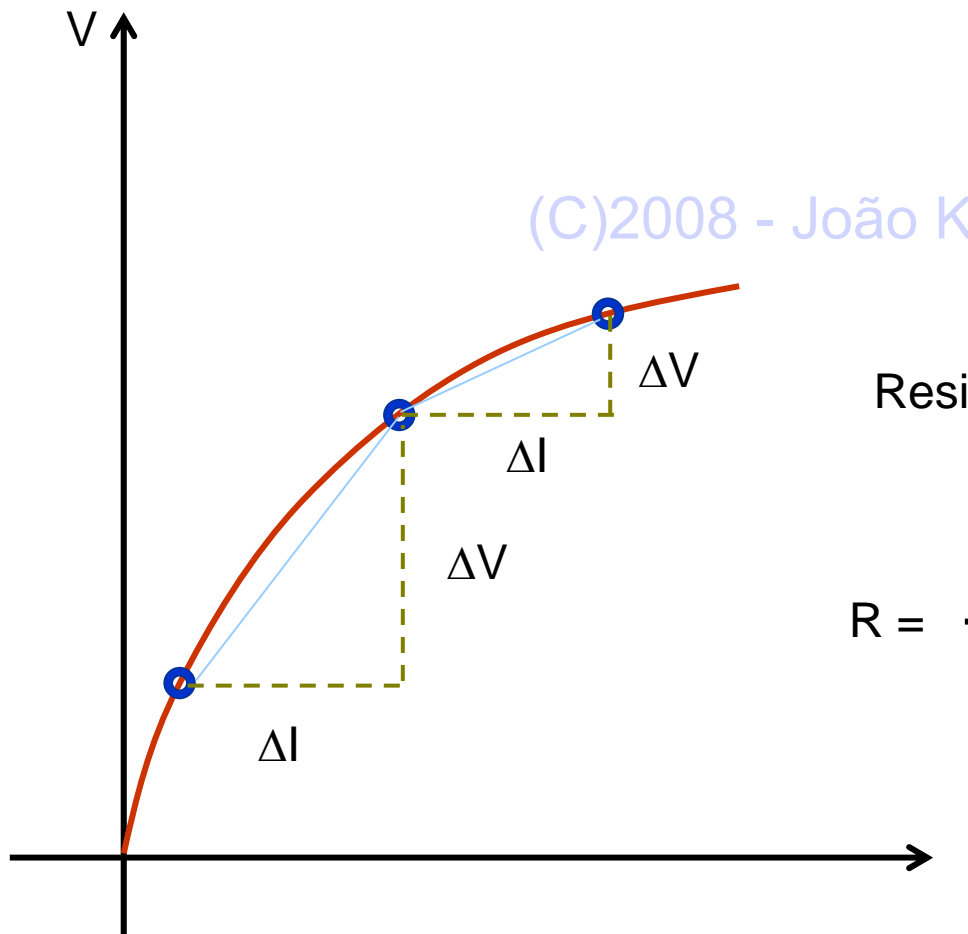
# Resistência da Lâmpada (não linear)



Resistência (incremental):

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

# Resistência da Lâmpada (não linear)

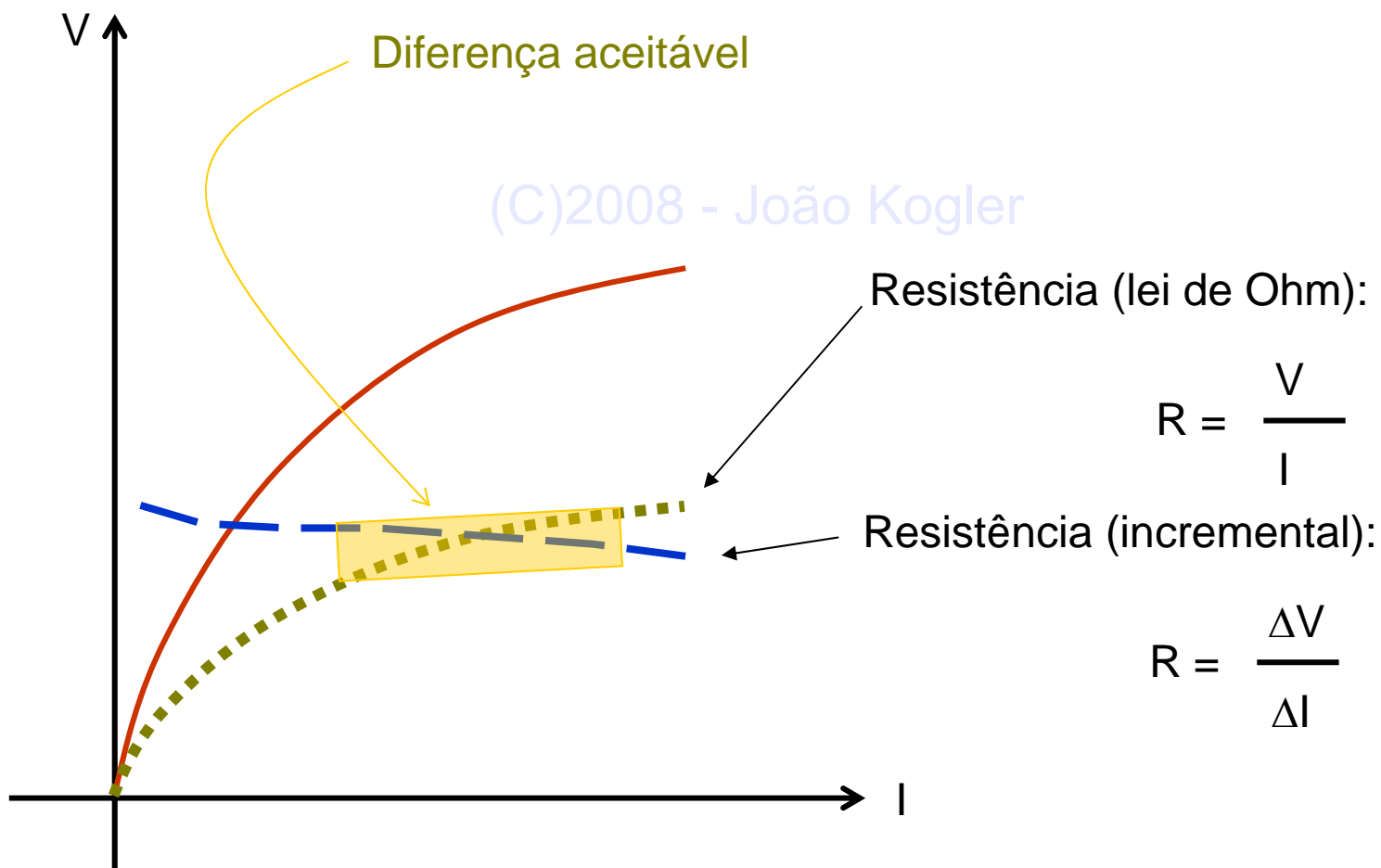


(C)2008 - João Kogler

Resistência (incremental):

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

# Resistência da Lâmpada (não linear)



# Contato

- Dúvidas podem ser tiradas por e-mail ou pessoalmente (marcar encontro via e-mail):

(C)2008 - João Kogler

- [kogler@lsi.usp.br](mailto:kogler@lsi.usp.br)

- Sala – LSI (bloco A) – ramal 5673 (ligar do telefone na portaria do LSI)

- Verificar novidades no blog em :



my blogs

- [www.lsi.usp.br/~kogler](http://www.lsi.usp.br/~kogler)

- seguir o link e procurar a entrada em Português, na página do blog

*For the blog in portuguese, see options below.*