



## Mecânica e Campo Eletromagnético

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Ano letivo 2017/2018

---

### TRABALHO 5: CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

#### Objetivos

- Verificar as Leis de Kirchoff (Lei dos nós e Lei das Malhas).
- Verificar a Lei de Ohm.

## 1. INTRODUÇÃO

### RESISTÊNCIA

A resistência elétrica é um elemento de circuito caracterizado principalmente pelo seu valor de resistência,  $R$ , cuja unidade é o Ohm ( $\Omega$ ). Esquemáticamente, é representada pelos símbolos seguintes:



Se a resistência tiver um comportamento “puramente ohmico”, então, isso significa que, em todas as condições, a relação entre a diferença de potencial (d.d.p.) aos seus terminais ( $V$ ) e a corrente que a atravessa ( $I$ ) é dada pela Lei de Ohm,  $V = R \cdot I$ , permanecendo  $R$  inalterado. Ao ser inserida num circuito elétrico, a resistência dissipa energia sob a forma de calor, aquecendo e, se demasiado, pode mesmo ser danificada. Por isso, de um ponto de vista prático, é sempre necessário saber qual a potência máxima que uma resistência pode dissipar. Esta é a chamada “potência nominal”, porque se identifica a resistência como sendo de uma determinada potência, embora a potência real por ela dissipada deva ser sempre inferior, ou, no limite, igual à sua potência nominal. A potência dissipada,  $P$ , por uma resistência é dada pela relação  $P = V \cdot I$ .

As resistências que estarão disponíveis para utilização no laboratório têm potências nominais de  $\frac{1}{4}$  W,  $\frac{1}{2}$  W, 1 W e 2W embora, claro, existam resistências para muitos outros valores de potência nominal, desde  $\frac{1}{8}$  W. Não surpreendentemente, quanto menor for o tamanho da resistência, menor é a sua potência nominal. O valor ohmico destas resistências de baixa potência usadas, por exemplo, em toda a aparelhagem eletrónica, é identificado por um código de cores, cujo significado é o seguinte:

Preto	Castanho	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Cinzentos	Branco
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

A sequência das cores no corpo da resistência tem o seguinte significado:

- **1ª cor:** 1º dígito do valor da resistência
- **2ª cor:** 2º dígito do valor da resistência
- **3ª cor:** número de zeros à direita dos dígitos anteriores
- **4ª cor:** tolerância, que nos dá o intervalo dentro do qual o fabricante garante que se encontra o valor real da resistência desde que utilizada nas condições normais de funcionamento. O significado das cores é o seguinte:

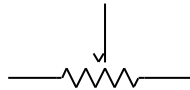
Prateado	Dourado	Vermelho
10%	5%	1%

As resistências que utilizamos no laboratório pertencem a uma série (denominada E12) cuja tolerância é de 5%, identificada pela cor dourada. Os valores de resistência disponíveis na série E12 são normalizados e os seus primeiros dois dígitos são sempre um dos 12 seguintes:

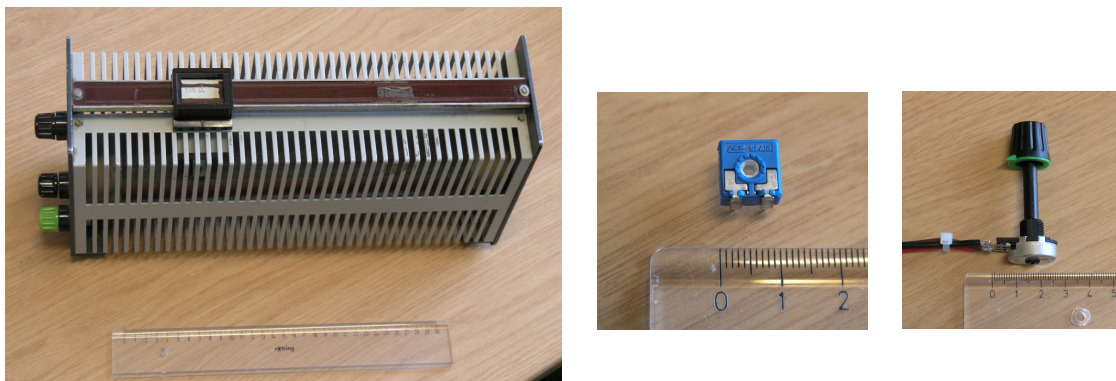
10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Estes valores são tais, que a razão entre um valor e o imediatamente anterior é sempre próxima de 1.2. Existe também a série E24, normalmente de precisão (1%), com 24 conjuntos de dois dígitos.

Para além das resistências de valor fixo, há também, as resistências variáveis, que, consoante as correntes que podem suportar e, as suas utilizações, se podem apresentar com pelo menos três aspetos distintos. São o “trimmer” resistivo, o potenciómetro e o reóstato. Todos podem ser representados por um mesmo símbolo, que traduz a configuração física do dispositivo: dois terminais fixos extremos entre os quais se encontra a resistência nominal e um terminal cuja posição pode variar ao longo do corpo da resistência.



O “trimmer” resistivo e o potenciómetro são dispositivos de baixa potência nominal (tipicamente inferior a  $\frac{1}{4}$  W) utilizados em electrónica e outras aplicações de correntes fracas. São normalmente constituídos por um filme de carvão sobre o qual desliza um contacto metálico. O potenciómetro é controlado através de um veio no qual se pode instalar um botão. O “trimmer” só pode ser controlado por meio de uma pequena chave de fendas. O reóstato é um dispositivo de muito maiores dimensões, constituído por um enrolamento de fio num corpo cilíndrico sobre o qual desliza também um contacto metálico. Consoante o diâmetro do fio, o reóstato pode ser percorrido por correntes desde as centenas de miliamperes até vários amperes e dissipar vários Watts.



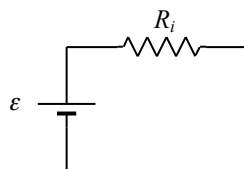
**Figura 1.** Ilustração das diferentes formas que pode assumir uma resistência variável: reóstato (esquerda), *trimmer* (centro) e potenciómetro (direita).

## **FONTES DE ALIMENTAÇÃO**

Em geral, as fontes de alimentação são fontes de tensão constante, ou seja, idealmente mantêm uma diferença de potencial constante aos seus terminais, independentemente da corrente que, dentro de determinados limites, forneçam. A fonte ideal é representada pelos seguintes símbolos:



Na prática não há fontes ideais, embora seja possível construí-las de maneira que se aproximem bastante do ideal, dentro de determinados limites de operação. Um dos comportamentos mais comuns das fontes não ideais é o de a diferença de potencial por elas proporcionada decrescer com a corrente fornecida. Se esse decréscimo for proporcional à corrente, o fenómeno pode ser representado por meio de um elemento de circuito resistivo: é a resistência interna da fonte. Neste caso, que é uma aproximação razoável, dependendo do tipo de fonte e das condições de utilização, a fonte real pode ser representada pelo esquema da figura 2, em que  $\varepsilon$  é a f.e.m. (força eletromotriz) ou tensão em vazio da fonte e  $R_i$  a sua resistência interna:



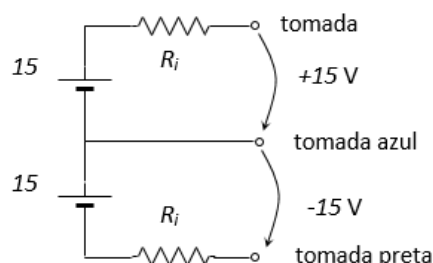
**Figura 2.** Esquema representativo de uma fonte real.

Os símbolos acima representam unidades que, para além de fornecerem energia, também podem absorvê-la se a corrente, em vez de sair do terminal positivo, por ele entrar. Na prática, a maior parte das fontes não é recetora de energia, alterando o seu comportamento ou até mesmo sendo danificada se as operar desse modo.

O cuidado mais importante a ter com uma fonte de tensão é o de não exceder a corrente máxima que pode fornecer. A situação mais extrema neste contexto é o curto-circuito, que pode danificar uma fonte não protegida.

### **FONTE REGULADA $\pm 15V$**

Esta é a fonte disponível na bancada do laboratório para utilizações genéricas de baixa tensão. São realmente duas fontes, pelo que o seu diagrama equivalente é o seguinte:



**Figura 3.** Esquema representativo de uma fonte regulada  $\pm 15V$ .

Esta fonte caracteriza-se pela sua muito baixa resistência interna (algumas décimas de ohm) e pelo seu limite de corrente: 2A. No entanto, é uma fonte protegida e, se procurarmos retirar mais de 2A, começa a emitir um ruído desagradável, diminuindo a tensão de maneira a não deixar exceder o limite.

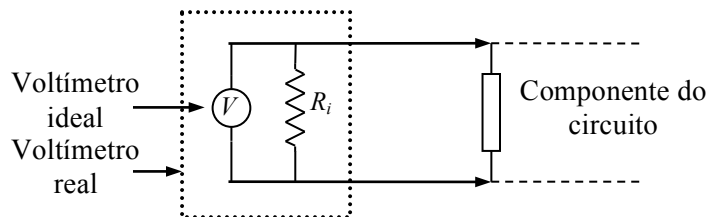
## **Aparelhos de medida**

Embora, hoje em dia em quase todas as circunstâncias práticas, as várias funcionalidades de medida estejam reunidas num único aparelho – o multímetro – descrevem-se, de seguida os principais tópicos a ter em conta na utilização de cada uma dessas funcionalidades.

### **VOLTÍMETRO**

O voltímetro serve para medir diferenças de potencial (ddp), cuja unidade é o Volt (V). É colocado em paralelo com o componente a cujos terminais se pretende medir a d.d.p. O voltímetro não deve retirar corrente do circuito, logo, idealmente, a sua resistência interna é infinita. Na prática, todos os voltímetros têm uma resistência interna finita. A função de voltímetro dos multímetros digitais tem, tipicamente, uma resistência interna de 10MW e,

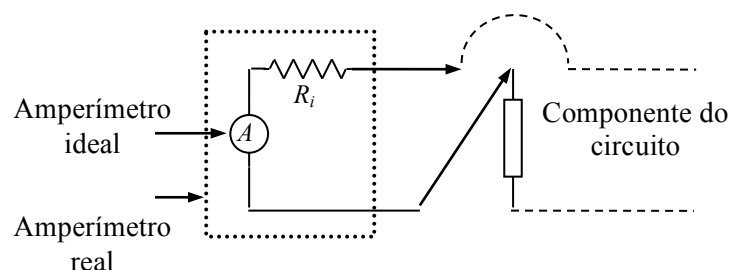
os voltímetros analógicos, inferior (no caso dos multímetros que existem no laboratório têm apenas 1MW), pelo que deve haver um grande cuidado em não aplicar ao aparelho uma tensão claramente superior à da respetiva escala, pois que isso origina uma sobrecarga, capaz de o danificar. Os digitais, por sua vez, têm em geral boa proteção contra essa eventualidade, embora seja sempre boa prática, em caso de desconhecimento da ordem de grandeza da tensão a medir, começar por uma escala de valor elevado.



**Figura 4.** Esquema representativo da ligação de um voltímetro com o componente a cujos terminais se pretende medir a diferença de potencial (d.d.p.).

## AMPERÍMETRO

O amperímetro serve para medir correntes, cuja unidade é o Ampére (A). É colocado em série com o componente através do qual se pretende medir a corrente.



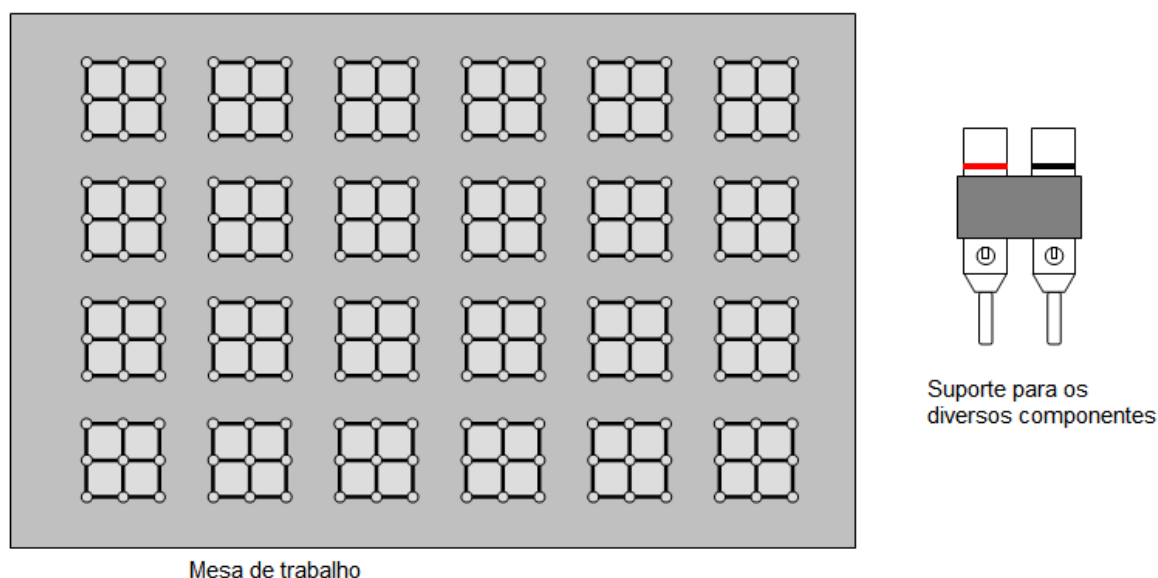
**Figura 5.** Esquema representativo da ligação de um amperímetro com o componente para o qual se pretende medir a corrente.

Idealmente, o amperímetro não deve introduzir no circuito diferenças de potencial adicionais pelo que a sua resistência interna deve ser nula. Na prática, todos os amperímetros têm resistência interna, tanto maior, quanto menor a corrente a medir. Nos multímetros digitais esta resistência pode variar entre 0.1 W para a escala de 10/20 A e várias dezenas de ohm para as escalas mais pequenas.

Embora para os aparelhos analógicos os riscos associados às sobrecargas sejam idênticos para tensões e correntes, no caso dos multímetros digitais os riscos são maiores para a função de amperímetro. A escala de 10/20 A é normalmente desprotegida e as escalas mais pequenas têm um valor máximo (identificado) acima do qual se pode queimar um fusível de proteção interno.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A estrutura que permitirá montar e analisar o funcionamento dos circuitos será a mesa de ensaios, ou seja, uma placa com orifícios onde se podem ligar cabos e componentes. As ligações internas entre os orifícios são como mostra a figura:



**Figura 6.** Esquema representativo da mesa de ensaios.

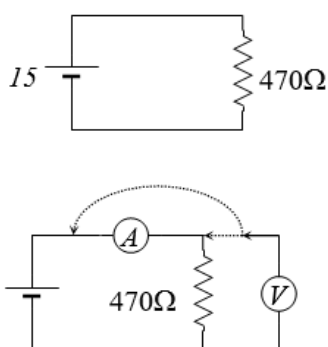
Desta forma, cada conjunto de nove orifícios interligados constitui um nodo do circuito, podendo qualquer componente ser ligado entre dois orifícios adjacentes de nodos diferentes por intermédio de um suporte. A este suporte pode depois ser fixado o componente, através dos seus parafusos de aperto. Os componentes a utilizar estão disponíveis num “banco” de componentes, acessíveis a toda a turma. Cada grupo seleciona daí os componentes de que necessita, utiliza-os e, no final, devolve-os ao “banco” de forma ordenada.

## Medidas em circuitos: Linearidade

### Parte 1: Circuito resistivo simples

Vai começar por montar o mais simples circuito de todos: uma resistência ligada a uma fonte de alimentação.

1. Utilize uma resistência de  $470\Omega/1W$ .
2. Meça a diferença de potencial aos seus terminais usando o voltímetro.
3. Use a configuração da figura 7 para a medida simultânea da tensão e da corrente. Registe os valores medidos para as duas possibilidades de ligação do voltímetro.
4. Com base nos valores do ponto anterior, procure tirar conclusões quanto à configuração mais apropriada para a medida das grandezas.



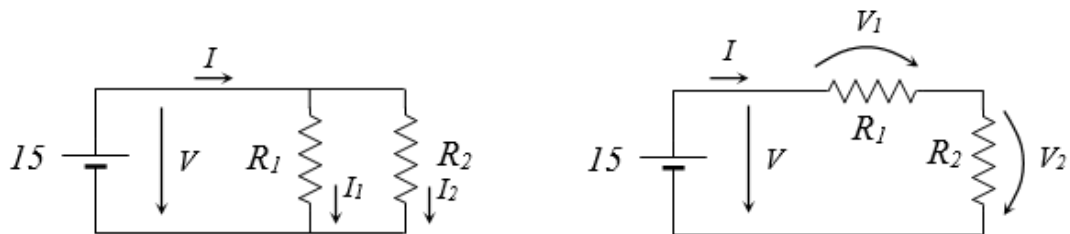
**Figura 7.** Esquema da montagem experimental.

**NOTA:** sempre que for necessário medir tensões e correntes, deverá ponderar sobre o procedimento mais indicado para que o processo de medida altere o menos possível as grandezas a medir.



## **Parte 2: Resistências em série e em paralelo**

Os dois circuitos seguintes demonstram a ligação de resistências em paralelo e em série a uma fonte de alimentação.



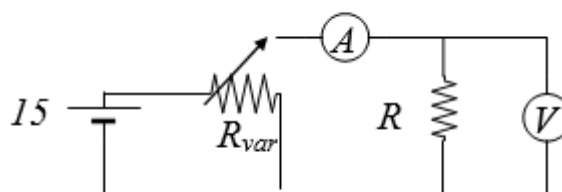
**Figura 8.** Esquema representativo da montagem experimental para a ligação de resistências em paralelo (figura da esquerda) e para a ligação de resistências em série (figura da direita), a uma fonte de alimentação.

1. Ligue resistências com os valores de 1k e 1k5 em paralelo, à fonte de 15V.
2. Coloque um voltímetro para medir a diferença de potencial aos terminais da associação ( $V$ ). Depois, sucessivamente, meça as correntes em cada uma das resistências ( $I_1$  e  $I_2$ ) e a corrente fornecida pela fonte ( $I$ ).
3. Ligue resistências com os valores de 680W e 330W em série, à fonte de 15V.
4. Coloque um amperímetro para medir a corrente no circuito ( $I$ ). Depois, sucessivamente, meça as d.d.p.'s aos terminais de cada uma das resistências ( $V_1$  e  $V_2$ ) e a d.d.p. aos terminais da associação ( $V$ ).

## **Parte 3: Resposta V-I de uma resistência**

Para caracterizar a resposta  $V-I$  da resistência precisamos de variar a corrente que a percorre e medir a tensão correspondente ou vice-versa. Para tal, vai ser utilizada uma resistência variável, denominada de reóstato.

1. Monte o circuito da figura 9 com uma resistência  $R$  à sua escolha (mas inferior a  $1\text{ K}\Omega$ ) e antes de o ligar, coloque o cursor do reóstato a meio da escala.
2. Faça variar o potencial, desde o valor mínimo até ao máximo de  $12\text{ V}$ , movendo o cursor do reóstato, com intervalos o mais constante possíveis, e de maneira a obter pelo menos dez pontos. Faça as leituras dos pares de valores de  $V$  e de  $I$ .



**Figura 9.** Esquema da montagem experimental para o estudo da resposta V-I de uma resistência.

#### 4. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

Com base nesta secção, deverá preparar o relatório preliminar obrigatoriamente entregue ao docente no final da aula.

##### Parte 1

- Calcule experimentalmente o valor da resistência e verifique se está dentro dos limites de tolerância do componente utilizado.
- Verifique se, a partir do conhecimento das resistências internas dos aparelhos utilizados, poderia tirar as mesmas conclusões do ponto 4 (ver parte 1).

##### Parte 2

- Determine, experimentalmente, as resistências equivalentes nos dois circuitos e compare-as com os valores calculados a partir dos valores conhecidos para as resistências.



- Verifique a Lei dos Nodos na configuração paralelo e a Lei das Malhas na configuração série.
- Verifique se a potência dissipada excede a nominal para alguma das resistências nos dois casos. A potência nominal das resistências utilizadas é de  $\frac{1}{2} W$ .

### **Parte 3**

- Esboce o gráfico de V-I e estime o valor da resistência bem como o erro associado.

### **BIBLIOGRAFIA**

[1] Serway, R. A., Physics for Scientist and Engineers with modern Physics, 2000, Saunder College Publishing.

[2] Alonso & Finn, *Física: um curso universitário*, vol. 2, 3ª edição, editora Edgard Blucher, 1981.

[3] R. Resnick e D. Halliday, *Física*, vol. 3, 4ª ed., Editora Livros Técnicos e Científicos, 1990.



