

## Resistência interna

### Objetivos

- a - Determinar a resistência interna de uma fonte de tensão.
- b - Obter a curva característica para a fonte de tensão.
- c - Determinar a resistência da carga para a máxima transferência de potência.

### Equipamento e Material

- Bateria alcalina
- Bateria de chumbo
- Lâmpadas de filamento
- Reostato,  $10\Omega$ , 5.7A;  $100\Omega$ , 1.8A
- Multímetro
- Conectores

### Contexto

Uma bateria real é mais complexa que uma fonte ideal de fem. A diferença de potencial entre os terminais da bateria (voltagem de operação) não é simplesmente a fem da bateria. A fig.1 mostra a dependência típica entre a tensão de operação e a corrente: à medida que a corrente aumenta, a tensão de operação diminui ligeiramente.

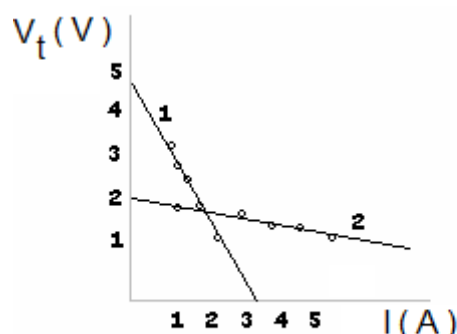


fig.1 Voltagem terminal versus corrente:  
1.bateria alcalina 2.bateria de chumbo

Uma fonte ideal de fem mantém a diferença de potencial constante entre os seus terminais, independentemente da corrente.

Uma vez que o declínio na voltagem de operação é, entre limites, linear, podemos representar uma bateria real como uma fonte ideal de fem em série com um resistor, conforme ilustrado na fig.2

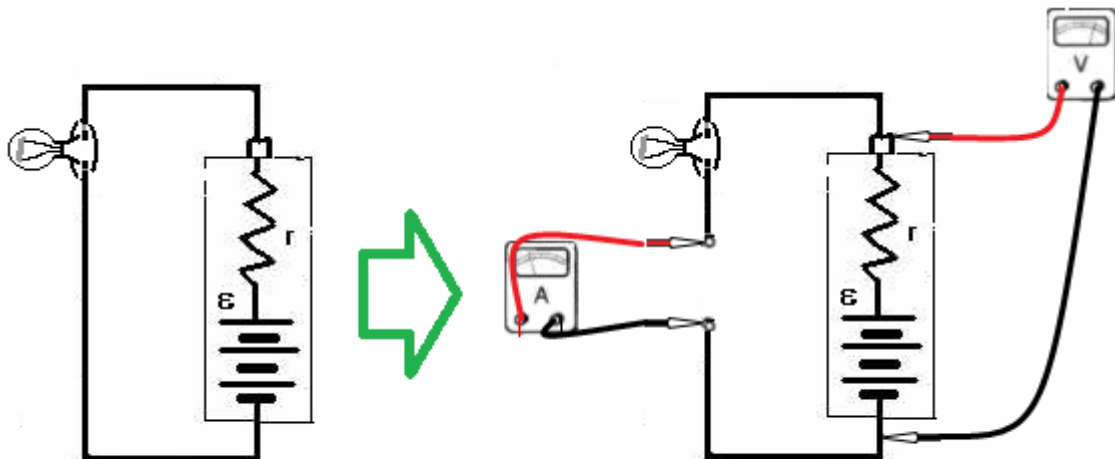


fig. 2 circuito simples com uma bateria, uma lâmpada conectados em série e a posição dos medidores no circuito.

( A resistência interna de uma bateria de chumbo de 12V é de apenas alguns milésimos de ohm ).

### Parte A Resistência interna de uma fonte de tensão

**Precaução:** - Certifique-se da correta conexão do amperímetro ao circuito. Caso haja dúvida, pergunte ao monitor. Ligar o amperímetro em paralelo pode provocar severo dano ao equipamento. Note que um amperímetro tem resistência interna muito baixa; portanto, se ligado em uma fonte de alimentação, ela irá causar um curto circuito.

**Procedimento:**

- a. Ligue o circuito como representado no esquema da fig.3. **L** é a lâmpada de filamento, **r** é a resistência interna da bateria.
- b. Meça a tensão terminal **V<sub>t</sub>** (voltagem terminal da bateria em circuito fechado) e a corrente **I** no circuito.
- c. Desconecte um dos fios da bateria e meça a tensão em circuito aberto **emf** (**ε**). Anote este resultado.

ε: \_\_\_\_\_                      V<sub>ab</sub>: \_\_\_\_\_                      I: \_\_\_\_\_

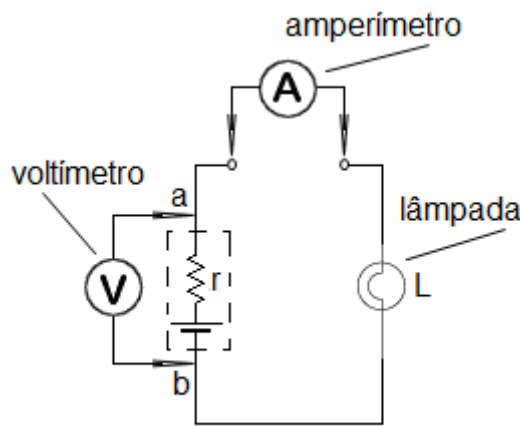


fig. 3 teste para a bateria

- d. Ligue outra lâmpada em paralelo à primeira, e repita a leitura da corrente e tensão.

ε: \_\_\_\_\_                      V<sub>ab</sub>: \_\_\_\_\_                      I: \_\_\_\_\_

**Cálculos:**

Para cada conjunto de dados determine (  $r = V / I$  ). Compare os dois conjunto de resultados.

r (utilizando o conjunto de dados para uma lâmpada) \_\_\_\_\_

r (utilizando o conjunto de dados para duas lâmpadas) \_\_\_\_\_

Estes valores devem representar a resistência interna da bateria. Verifique a página web de alguns dos fabricantes de baterias informação sobre o que a resistência interna deve ser para uma bateria nova.

e. Repita o experimento para o caso de uma bateria nova.

**Parte B curva característica para a fonte de tensão.**

**Procedimento**

a- Conecte o resistor variável  $R_L$  à fonte de tensão como representa o diagrama da fig.4. ( Utilize o reostato de  $100\Omega$  ou o reostato de  $10\Omega$  para altas correntes).

**Nota prática:** - Antes de completar o circuito o reostato deve ser ajustado para seu valor máximo de resistência. Isto permite que a corrente deva ser aumentada enquanto a resistência do reostato é reduzida. Se você iniciar com o reostato em resistência zero existe a possibilidade de que a corrente inicial demasiada resulte em prejuízos para um ou mais componente do circuito.

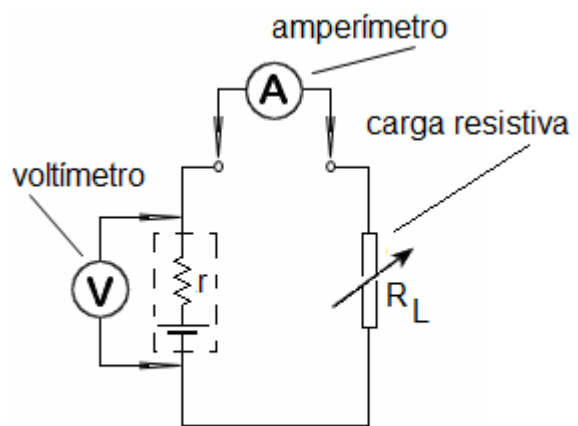


fig. 4 circuito prático para obter característica corrente/voltagem

b- Varie a resistência do reostato e complete a tabela.

tabela de dados <b>bateria</b>	
$R_L$	_____
$V_t$	_____
$I$	_____
$P$	_____

tabela de dados <b>pilha</b>	
$R_L$	_____
$V_t$	_____
$I$	_____
$P$	_____

**Nota:** - Para medir o valor da resistência o reostato deve ser desconectado do circuito.

**d-**Faça o gráfico  $V_t$  versus  $I$ . Para isto, utilize um analisador gráfico qualquer. O que poderá ser obtido é ilustrado na fig.1.

**e-**A partir do gráfico determine: - A fem ( $\epsilon$ ); a corrente de curto-circuito  $I_S$  ; a resistência interna  $r$  da fonte.

**f-**Combinando o resultado de suas anotações, obtenha o diagrama de potência da fonte de voltagem e determine a máxima potência transferida. O que poderá ser obtido é ilustrado na fig.6.

fig.6

gráfico P versus  $R_L$  para uma fonte do laboratório

Ilustração  
Ajuste de Impedâncias

circuito aberto

$R_L = \infty$   
 $I = 0, V_t = \epsilon = 100V$

curto-circuito

$R_L = 0$   
 $I_S = \epsilon / R_i = 20A, V_t = 0$

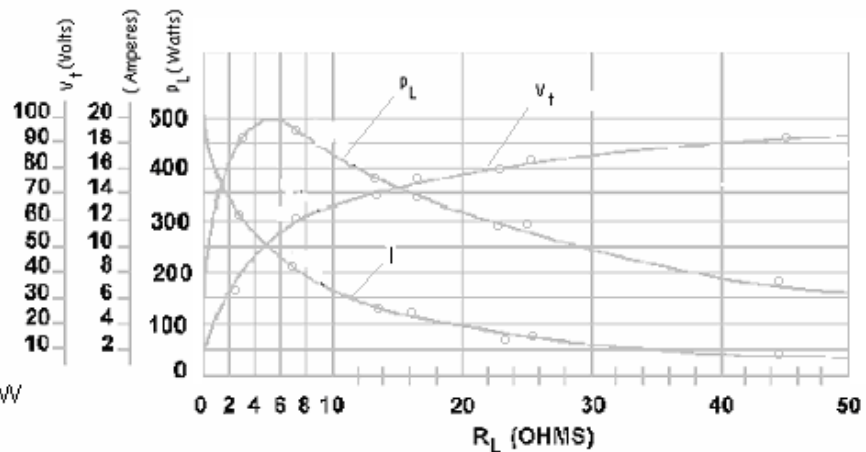
Power matching

$R_L = R_i$

$I = I_S / 2 = 20/2 = 10A$

$V_t = \epsilon/2 = 100/2 = 50V$

$P = V_t I = 50V \cdot 10A = 500W$



## ANEXO

A tensão entre os terminais de uma fonte pode ser representada em função da corrente pela curva da fig.7:  $V_t = \epsilon - I r$

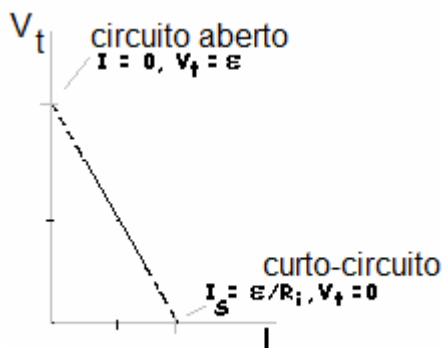


fig.7 Diagrama corrente-voltagem

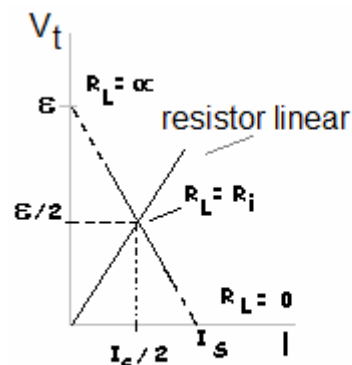


fig.8 Característica corrente/voltagem para uma fonte

Combinando o gráfico da fig.7 com gráfico corrente-voltagem de um segundo dispositivo, pode-se encontrar graficamente a corrente e a voltagem entre os terminais quando os dois forem conectados.

A fig.8 mostra o gráfico V-I de uma fonte e de um resistor.

Quando o resistor for conectado através da fonte a ddp deve ser a mesma e ambos conduzirão a mesma corrente.

O ponto de interseção dos gráficos é o ponto de operação da fonte e suas coordenadas dão a ddp entre os terminais e a corrente. Esse método é ainda mais útil para um dispositivo não linear quando a solução analítica do problema é difícil ou mesmo impossível.

A corrente no circuito da fig.4, é – Pela Lei de Kirchhoff  $I = \varepsilon / (r + R_L)$

Observe que a dissipação de potência  $\varepsilon \cdot I$  da fonte aparece, parcialmente, como aquecimento joule no resistor externo e como aquecimento joule na bateria ,

$$\varepsilon \cdot I = I^2 \cdot r + I^2 \cdot R_L.$$

A resistência  $R_L$  é a carga (resistiva) da bateria. A potência dissipada em  $R_L$  é  $P = I^2 \cdot R_L = \varepsilon^2 R_L / (r + R_L)^2$

O valor máximo de P ocorre quando  $R_L = r$ , fig.8. Portanto a máxima potência transferida é a que corresponde a uma carga resistiva igual à resistência interna da fonte. Resultado análogo ocorre também em circuitos complexos e é conhecido como ajuste de impedâncias.

### Referências:

Young & Freedman, Física, São Paulo, Addison Wesley, 2009

Hesnick, Robert Halliday e Krane Kenneth, Física, Livros técnicos e Científicos Editora S.A. Rio-RJ, 1996.

Sears, Francis Weston, Física, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1981.

<http://ualr.edu/dcwold/phys2122/p23man/p23man.html>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Electricity>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/HFrame.html>

<http://www.educyclopedia.be/education/chemistryjavalist.htm>