

# Prática 2: CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Vídeo disponível no youtube <https://www.youtube.com/watch?v=EeLqropLLM0&t=3577s>

## Objetivos

Nesta prática aprofundaremos nosso estudo de circuitos de corrente contínua, iniciado na prática anterior. Inicialmente estudaremos os fatores que determinam a potência em circuitos, através da análise do brilho de lâmpadas diferentes (de resistências diferentes). Veremos o efeito da resistência interna de uma fonte de tensão. Em seguida, analisaremos o circuito divisor de tensão. Este circuito será usado na exploração de novos dispositivos eletrônicos: resistores sensíveis à luz (LDR), diodos semicondutores e diodos emissores de luz (LED). Por fim será estudada a lei de Ohm.

## Introdução

### 1. Lei de Ohm e a Relação entre Tensão e Corrente

Segundo a lei de Ohm, a corrente em um resistor é proporcional à tensão (ddp) entre os seus terminais,  $I = V/R$ . Muitos materiais obedecem aproximadamente à lei de Ohm porque sua resistência praticamente não varia com a corrente e conseqüentemente com potência dissipada no resistor. Isto ocorre dentro de certo intervalo de correntes. Se a corrente for muito alta, o comportamento de  $V \times I$  ou  $I \times V$  torna-se não linear, tal como observado na lâmpada incandescente na prática 1. Eventualmente pode-se queimar o resistor devido ao excesso de corrente.

Os materiais que obedecem à lei de Ohm são chamados “ôhmicos” e, naturalmente, os “não-ôhmicos” são aqueles para os quais a lei de Ohm não é válida. No caso destes últimos, a relação entre a  $V$  e  $I$  não é linear. Em geral esta relação não-linear se deve a dependência da resistividade elétrica a parâmetros externos, tais como, temperatura, tensão mecânica, pressão, luminosidade, campo magnético, etc. Os componentes não-ôhmicos são largamente utilizados como sensores. Termo-resistência e termistor são componentes projetados especialmente para aplicações onde a resistência deve variar com a temperatura. Já no foto-resistor, a variação ocorre devido à intensidade luminosa. Estes componentes são conhecidos como **LDR**, do inglês “*light dependent resistor*”.

A relação entre tensão e corrente tem um papel muito importante nos circuitos elétricos e eletrônicos. Nesta prática exploraremos os diodos e **LEDs**, dispositivos que permitem a passagem da corrente em apenas uma direção. Na prática 3 veremos que em um capacitor **I** é proporcional a **dV/dt** e nos indutores (prática 4) **V** é proporcional a **dI/dt**.

## 2. Resistência Interna de um gerador de tensão elétrica

Em princípio, os geradores de tensão elétrica (baterias, pilhas, fontes, etc.) devem manter uma tensão constante entre seus terminais, **V**. Conseqüentemente se conectamos uma resistência ao gerador, ele deve fornecer uma corrente **I = V/R**, qualquer que seja o valor de **R**. Na prática, os geradores se comportam aproximadamente como ideais para baixas correntes, mas sempre existe uma limitação na corrente máxima que eles podem fornecer. Uma bateria de automóvel pode fornecer **~60A** enquanto uma pilha alguns Ampères. Existem pilhas de diversos tamanhos (AAA, AA, etc.) e de vários tipos (alcalina, recarregável etc.) com características elétricas diferentes.

Figura 1.1 - (a) Representação de um gerador de tensão real ;b) Gerador de tensão real ligado a um circuito elétrico qualquer



Fonte: Elaborada pelo Compilador

De modo geral, observa-se que a tensão (**V**) entre os terminais do gerador diminui à medida que a corrente fornecida (**I**) aumenta. Numa primeira aproximação, podemos escrever que **V** decresce linearmente com **I**, ou seja:

$$V = \varepsilon - r_i I \quad (1)$$

Desta maneira, podemos interpretar a Eq.(1) tal como ilustrado na Fig.2.1 onde o gerador real é representado por um gerador ideal com tensão,  $\varepsilon$ , em série com um resistor,  $r_i$ . Este resistor é denominado de resistência interna do gerador. Logo a tensão do gerador no circuito aberto (Fig.2.1(a)) vale  $\varepsilon$  quando ligada a um resistor (Fig.2.1(b)) é dada pela Eq.1.

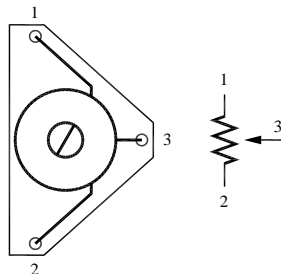
# EXPERIMENTOS

## I. Potenciômetros

Nos experimentos realizados anteriormente trabalhamos com resistências que possuíam valores fixos. Neste experimento utilizaremos resistores que nos possibilitam variar seu valor, são os chamados potenciômetros.

Os potenciômetros e reostatos são resistores especiais que possuem um terminal adicional, veja Fig.2.2. Os dois terminais convencionais (**1** e **2**) estão ligados às extremidades de uma resistência fixa, ao passo que o terceiro terminal (**3**) é ligado a um cursor mecânico. Girando-se este cursor, varia-se a posição do contato do ponto **3**. Deve-se notar que  $R_{12}$ , a resistência entre os terminais **1** e **2** é fixa e  $R_{12} = R_{13} + R_{23}$ .

Figura 1.2 - Esquema de um potenciômetro



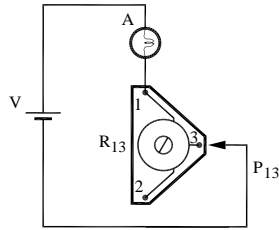
Fonte: Elaborada pelo Compilador

No caso da Fig.2.2, quando a seta se aproxima do ponto **2** a  $R_{13}$  aumenta e  $R_{32}$  diminui.

### Explorando o potenciômetro

**Experimento:** Montem o circuito da Fig.2.3, usando uma fonte ( $V_0 \sim 6V$ ), uma lâmpada ( $6V$ ) e um potenciômetro ( $R_{12} = 220 \Omega$ ).

Figura 1.3 - Circuito com uma lâmpada e um potenciômetro

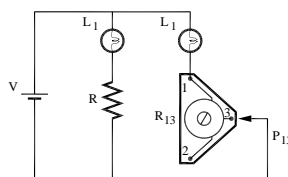


Fonte: Elaborada pelo Compilador

**I.1** Girando o cursor (no sentido horário ou anti-horário) identifique em qual sentido o brilho da lâmpada aumenta e em qual diminui? Consequentemente  $R_{13}$  aumenta ou diminui?

**Experimento:** Montem o circuito da Fig.2.4 usando uma fonte ( $V_0 \sim 6V$ ), duas lâmpada idênticas ( $L_1$ ), um resistor ( $R = 100\Omega$ ) e um potenciômetro ( $P_{13} = 220\Omega$ ).

Figura 1.4 - Circuito Paralelo com um ramo de uma lâmpada e um resistor e outro ramo com uma lâmpada e um potenciômetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**I.2** Ajustem o valor do potenciômetro ( $R_{13}$ ) de tal forma a igualar o brilho das lâmpadas  $L_1$ . Neste caso, como  $R_{13}$  e  $R$  se comparam?

**I.3** Usando um Ohmímetro digital, meçam os valores de  $R$  e  $R_{13}$  (cuidado para não alterar o ajuste do potenciômetro). Os valores coincidem? Qual a diferença percentual?

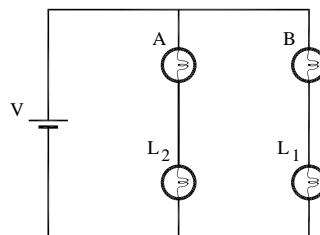
Observem ainda que para medir as resistências com o Ohmímetro elas devem estar com pelo menos um terminal desligado do circuito

## II. Comparando o brilho de lâmpadas diferentes

Até o momento temos trabalhado com lâmpadas idênticas. Nesta prática estudaremos o comportamento de lâmpadas diferentes (com filamentos diferentes). Neste experimento o multímetro (Amperímetro, Voltímetro e Ohmímetro) só deve ser utilizado quando solicitado explicitamente no roteiro.

**Experimento:** Montem o circuito da Fig.2.5 com  $V_0 \sim 10V$ , com três lâmpadas idênticas ( $A_1$ ,  $A_2$  e  $L_1$ ) e mais  $L_2$ , sendo esta uma lâmpada diferente.

Figura 1.5 - Circuito com três lâmpadas idênticas e uma diferente



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**II.1** Comparem os brilhos de  $A_1$  e  $A_2$  e registrem. Em qual das lâmpadas a corrente é maior?

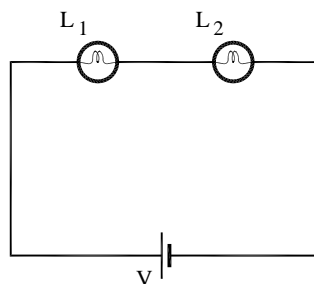
**Obs.:** *notem que o circuito da Fig.2.5 é análogo ao da Fig.2.4*

**II.2** A partir das suas observações o que vocês podem concluir sobre os valores das “resistências” de  $L_1$  e  $L_2$ ? Qual delas é maior?

**Obs.:** Na prática 1 vimos que no caso de uma lâmpada ela não é um resistor ôhmico e a curva  $V \times I$  não é linear porque a resistência do filamento varia muito com a temperatura. Entretanto, podemos pensar num valor de resistência efetiva da lâmpada  $R = V/I$ , onde  $V$  e  $I$  são os valores típicos de operação da lâmpada acesa. Por exemplo,  $I = 80\text{mA}$  para  $V = 10\text{V}$ , logo  $R \sim 125\Omega$  pode ser pensado como o valor típico da resistência da lâmpada  $L_1$ , ou seu valor efetivo.

**II.3** Considerem o circuito (Fig.2.6) de duas lâmpadas diferentes  $L_1$  e  $L_2$  conectadas em série e uma fonte com tensão  $V_0 \sim 6\text{V}$ . Observem qual lâmpada tem brilho maior e registrem.

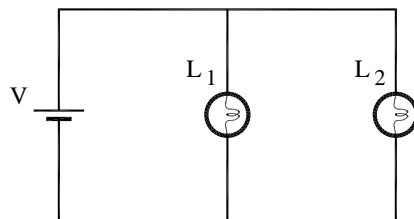
Figura 1.6 - Circuito com duas lâmpadas diferentes em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**II.4** Conectem, agora, as duas lâmpadas em paralelo (Fig.2.7) e comparem seus brilhos. Registrem.

Figura 1.7 - Circuito com duas lâmpadas diferentes em paralelo



Fonte: Elaborada pelo Compilador

No experimento **II.1** (Fig. 2.5) vimos que a resistência de dois componentes pode ser comparada utilizando um circuito em paralelo. Nele a corrente nos dois ramos pode ser comparada pelo brilho das lâmpadas **A** e **B**. Desta forma, o circuito da Fig. 2.5 pode ser usado para comparar a resistência de dois elementos (**L<sub>1</sub>** e **L<sub>2</sub>**) sem a necessidade de se usar o Ohmímetro.

**II.5** Comparem o valor do produto  $V_1 \cdot I_1$  com  $V_2 \cdot I_2$  para o circuito em série (Fig.2.6) da parte **II.3**.

**Obs.:**

- *Esta comparação deve ser feita somente a partir de suas observações (itens **II.1** a **II.4**) sem utilizar o voltímetro.*

- *Lembrem-se que no circuito em série a corrente é a mesma nas duas lâmpadas enquanto no circuito em paralelo a tensão é a mesma nas duas lâmpadas.*

**II.6** Comparem o valor do produto  $V_1 \cdot I_1$  com  $V_2 \cdot I_2$  para o circuito em paralelo (Fig.2.7) da parte **II.4**.

Na prática **1** quando trabalhamos com lâmpadas iguais percebemos que o brilho aumenta com a corrente ou a tensão na lâmpada. Entretanto, neste experimento observamos que quando as lâmpadas são diferentes seus brilhos diferem mesmo quando a corrente é a mesma ou quando a tensão é igual. No circuito em série temos  $I_1 = I_2$  (correntes em cada lâmpada, respectivamente), mas  $V_1 \neq V_2$ . No circuito em paralelo temos  $V_1 = V_2$ , mas  $I_1 \neq I_2$ .

Vocês devem ter concluído que o brilho da lâmpada é proporcional ao produto  $V \cdot I$ . Na verdade, pode-se demonstrar teoricamente que a potência consumida em qualquer dispositivo elétrico é dada pelo produto da tensão pela corrente, ou seja,  $P = V \cdot I$ . Esta potência pode ser transformada em calor (resistor de chuveiro), calor e luz (lâmpada incandescente), trabalho mecânico (motor) etc.

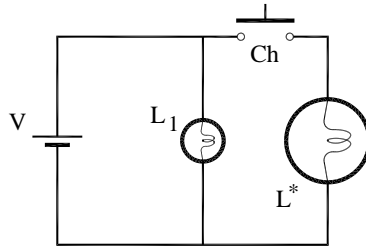
### **III. Fonte de tensão real**

Considerem o circuito da Fig.2.8.

**Obs.:**  $L_1$  = lâmpada pequena de **6V**,  $L^*$  = lâmpada grande (de carro).

Figura 1.8 - Circuito com duas lâmpadas diferentes em paralelo





Fonte: Elaborada pelo Compilador

**III.1 Previsões:** registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas.

O que ocorrerá com o brilho da lâmpada  $L_1$  quando a chave (**Ch**) for fechada? Justifiquem sua resposta.

**III.2 Experimento:** Montem o circuito da Fig.2.8 usando a fonte (*DC Power Supply, Politerm*) ajustada a  $V_0 = 6V$ . Verifiquem experimentalmente o que ocorre quando a chave **Ch** é fechada, ou seja, observem se o brilho de  $L_1$  muda. Verifiquem se a tensão da fonte muda quando a chave é fechada. Suas previsões estavam corretas?

**III.3 Experimento:** Remontem o circuito da Fig.2.8 substituindo a fonte *Politerm* pelo “eliminador de pilha” (uma fonte de tensão contínua bastante simples) ligado em **110V**. Verifiquem experimentalmente o que ocorre quando a chave **Ch** é fechada, ou seja, observem se o brilho de  $L_1$  muda. Verifiquem, também, se a tensão da fonte (**V**) muda quando a chave é fechada. Meçam a tensão na lâmpada  $L_1$  com a chave aberta e com a chave fechada e preencham a tabela abaixo.

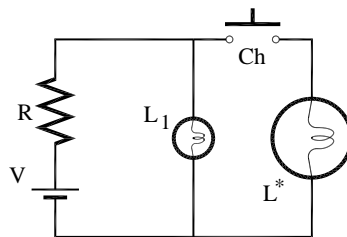
	V	$V_{L1}$
Chave Aberta		
Chave Fechada		

**III.4** Como vocês podem explicar o fenômeno observado no experimento **III.3**?

**III.5 Previsões:** registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas.

Suponham agora que o circuito seja novamente montado com a fonte *Politerm*, porém adicionando o resistor **R**, tal como mostrado na Fig.2.9.

Figura 1.9 - Circuito com um resistor e duas lâmpadas diferentes, todos em paralelo.



Fonte: Elaborada pelo Compilador

O brilho de  $L_1$  muda quando a chave **Ch** é fechada? A tensão na lâmpada  $L_1$  se altera?

**III.6 Experimento:** Montem o circuito da Fig.2.9 com a fonte Politerm e um resistor  $R = 4,7\Omega$ . Registrem os resultados e verifiquem se suas previsões estavam corretas.

Obs: no video, em 58:06, o Prof. Eduardo se enganou falando “com a chave fechada 9.86V” (medimos  $V_{L1} = 9.86 V$ ). Houve um engano, ele deveria ter dito “com a chave aberta” pois neste caso a chave que liga a lâmpada  $L^*$  estava aberta. Logo em seguida ele diz corretamente “vou ligar a lâmpada, ôpa 7,3 V”, notem que nest ponto ele fecha a chave, Ch, da Fig. 2.9.

III.7 Quais as conclusões do grupo a respeito de todas as observações de todo o item III. Discutam com um instrutor.

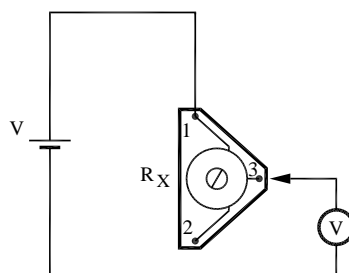
## IV. Divisor de tensão

Um divisor de tensão é um circuito comumente utilizado para ajustar o valor da voltagem de saída de um dispositivo, antes de aplicá-lo à entrada de outro.

IV.1 **Experimento**: Montem o circuito ilustrado na Fig.2.10, onde  $V_0 = 10V$  e  $R_x$  representa um potenciômetro de  $220\Omega$ .

**Obs.:** este tipo de circuito é usado, por exemplo, para controlar o volume de som em diversos equipamentos.

Figura 1.10 - Circuito com um potenciômetro e um Voltímetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**Obs:** esta figura precisa ser corrigida, o ponto 2 deve estar ligado ao negativo da fonte

Observem a tensão (**V**) exibida pelo Voltímetro, girando o cursor do potenciômetro no sentido horário e depois no anti-horário. Em qual sentido a tensão aumenta e em qual diminui?

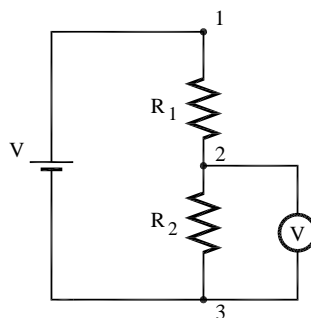
**IV.2** Com a fonte desligada determinem com o ohmímetro em que sentido a resistência  $R_x$  aumenta. Neste caso o ohmímetro deve ser conectado nos mesmos terminais do potenciômetro que o voltímetro.

Vocês devem ter observado que a tensão varia entre  $0 - V$ , aumentando com  $R_x$ .

**IV.3** Montem o circuito esquematizado na Fig.2.11 e meçam o valor da tensão  $V_{23}$  em função da resistência  $R_2$  usando:  $V_0 = 10V$ ;  $R_1 = 1000\Omega$ ;  $R_2 = 470\Omega$  e  $1500\Omega$

Anotem os valores experimentais ( $V_{12}$  e  $V_{23}$ ) na tabela abaixo.

Figura 1.11 - Circuito com dois resistores em série e um Voltímetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$V_{12}(V)$	$V_{23}(V)$	$V_{23calc}(V)$
1000	470			
1000	1500			

**IV.4 Para o Relatório:**

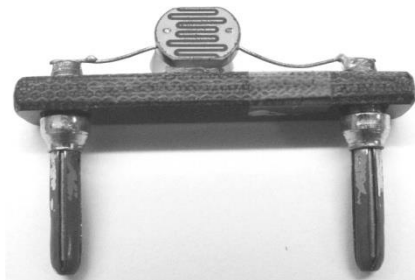
a) Obtenham a expressão teórica de  $V_{23}$  em termos de  $V$ ,  $R_1$  e  $R_2$ .

- b) Calculem os valores esperados, relativos aos dados do item **IV.3**, e coloquem na tabela acima, comparando os valores experimentais  $V_{23}$  com os calculados ( $V_{23calc}$ ).
- c) **Comentem**: houve boa concordância entre os valores de  $V_{23}$  e  $V_{23calc}$ ? Estimem o valor percentual desta discrepância. A que vocês podem atribuir esta diferença?
- d) Verifiquem se os dados experimentais estão de acordo com a segunda lei de Kirchhoff nas duas situações ( $R_2 = 470\Omega$  e  $R_2 = 1500\Omega$ )

## V. LDR

Neste experimento vamos explorar um componente eletrônico conhecido como **LDR** (Fig. 2.12). A sigla **LDR** é devido a *Light Dependent Resistor* ou Resistor dependente de Luz

Figura 1.12 – Foto de um **LDR**



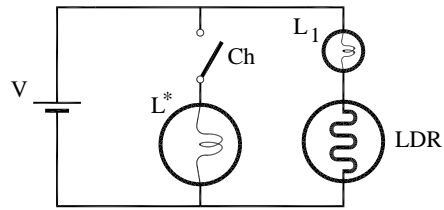
Fonte: Elaborada pelo Compilador

**V.1 Experimento**: Montem o circuito da Fig.2.13, com uma fonte ( $V_0 \sim 12V$ ), uma pequena lâmpada ( $L_1$ ) e um **LDR** em série. Com uma segunda lâmpada ( $L^*$ ), ligada em paralelo, iluminem o **LDR** e observem se o brilho da lâmpada  $L_1$  varia.

**Obs.**:  $L^*$  é uma lâmpada grande (de farol de carro).

Registrem suas observações.

Figura 1.13 - Circuito Paralelo com duas lâmpadas diferentes e um **LDR**



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**V.2** Meçam  $V_{L1}$  e  $V_{LDR}$  com a chave aberta e a chave fechada e registrem seus resultados na tabela abaixo.

	<b>V</b>	$V_{L1}$	$V_{LDR}$	$V_{L1} + V_{LDR}$
Chave Aberta				
Chave Fechada				

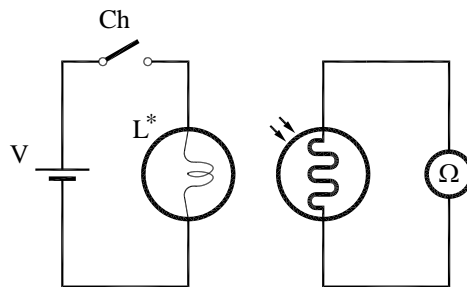
**V.3** A lei das malhas de Kirchhoff é válida na situação de chave aberta? E na situação de chave fechada?

**V.4** Como varia a corrente no **LDR** quando a chave é fechada, ou seja, quando o **LDR** está iluminado?

**V.5** A resistência do **LDR** varia quando ele é iluminado? Caso afirmativo, como?

**V.6** Utilizando um ohmímetro meçam a resistência, na Fig.2.14, do **LDR** ( $R_{LDR}$ ), com e sem luz de **L\***.

Figura 1.14 - Circuito com uma lâmpada que pode iluminar um **LDR** que está ligado a um Ohmímetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

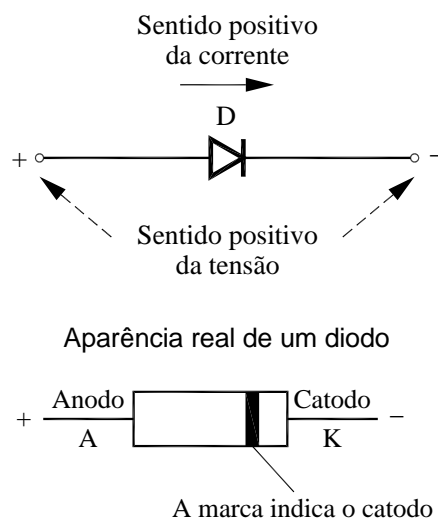
Vocês conseguem explicar porque a lâmpada **L<sub>1</sub>** está apagada quando a chave está aberta na Fig. 2.13?

Vocês devem ter percebido que o **LDR** é um resistor cuja resistência varia conforme a intensidade da luz que incide sobre ele. Vimos que à medida que a intensidade da luz aumenta, a sua resistência diminui.

## VI. Diodos e LEDs

Diodos são componentes eletrônicos com dois terminais (anodo e catodo, ou **A** e **K**) tal como ilustrados na Fig.2.15. Também são conhecidos como diodos semicondutores e são construídos com semicondutores cristalinos (normalmente, silício ou germânio).

Figura 1.15 - Esquema e aparência real de um diodo

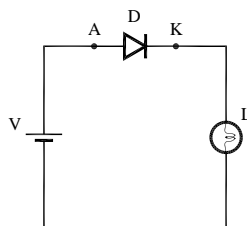


Fonte: Elaborada pelo Compilador

## Características Básicas

**VI.1 Experimento:** Montem o circuito de um diodo ligado em série a uma fonte ( $V_0 \sim 4V$ ) e uma lâmpada, com o terminal **A** (anodo) do diodo ligado ao terminal positivo (+) da fonte (Fig.2.16).

Figura 1.16 - Circuito com um diodo e uma lâmpada



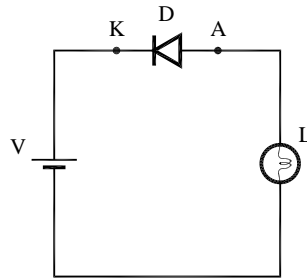


Fonte: Elaborada pelo Compilador

Há passagem de corrente no circuito? Justifiquem.

**VI.2 Experimento:** Nesta nova montagem do diodo com a lâmpada (Fig. 2.17), há passagem de corrente no circuito? Justifiquem.

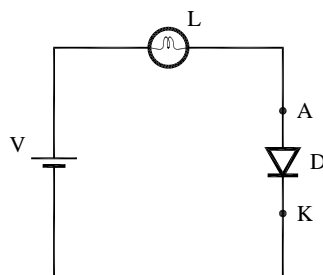
Figura 1.17 - Circuito com um diodo e uma lâmpada



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**VI.3 Experimento:** Considerem, agora, esta outra montagem do diodo com a lâmpada (Fig.2.18).

Figura 1.18 - Circuito com uma lâmpada e um diodo

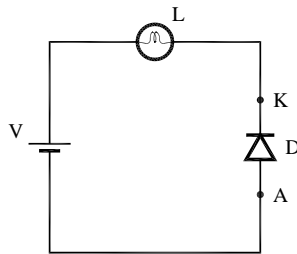


Fonte: Elaborada pelo Compilador

Há passagem de corrente no circuito? Justifiquem.

**VI.4 Experimento:** Na montagem do diodo com a lâmpada, da Fig.2.19, há passagem de corrente no circuito? Justifiquem.

Figura 1.19 - Circuito com uma lâmpada e um diodo



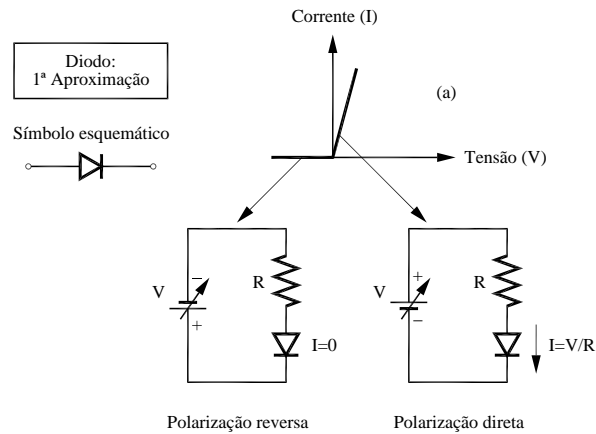
**VI.5**

Fonte: Elaborada pelo Compilador

Voltando a configuração original (Fig.2.16) meçam as tensões  $V_0$ ,  $V_D$  e  $V_L$  (na fonte, do diodo e da lâmpada, respectivamente). A lei das malhas de Kirchhoff é válida para este circuito?

Vocês devem ter observado que ao contrário de, por exemplo, um resistor ou uma lâmpada, a magnitude da corrente no diodo do circuito depende da sua orientação.

Figura 1.20 - Curva  $I \times V$  de um diodo na polarização direta e na reversa

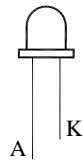


Fonte: Elaborada pelo Compilador

O diodo é um componente que tem uma curva  $I \times V$  não linear, ao contrário de um resistor, por exemplo. Para os propósitos deste curso (que não é um curso de eletrônica) vamos considerar o modelo mais simples possível para descrever o comportamento do diodo. Ou seja, na polarização direta o diodo deixa passar a corrente e na polarização reversa, não deixa passar (vide Fig.2.20).

**VI.6** Repitam o experimento anterior (**VI.1eVI.3**) substituindo o diodo por um **LED** (de *light-emitting-diodes* = diodo emissor de luz (Fig.2.21)).

Figura 1.21 - Aparência de um LED



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**CUIDADO!** Os LEDs são muito sensíveis e queimam facilmente com corrente maior que  $\sim 30mA$ .

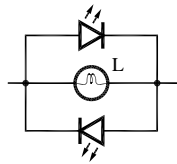
**NÃO LIGUEM** OS LEDS SEM A PRESENÇA DE UMA LÂMPADA (OU DE UM RESISTOR.)

**Não excedam** o valor da tensão da fonte sugerido ( $V_0 \sim 4V$ ).

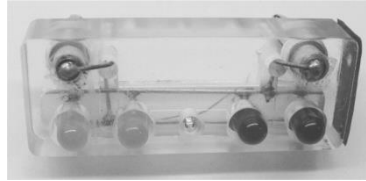
Compare suas observações com as dos Experimentos **VII.1** e **VII.2**.

Os LEDs têm inúmeras aplicações em eletrônica. Neste curso usaremos dois LEDs de cores diferentes invertidos, tal como indicado na Figura 2.22, para indicar o sentido da corrente.

Figura 1.22 – (a) Circuito com dois LEDs em paralelo e invertidos ligados em paralelo com uma lâmpada, (b) Foto da montagem dos dois LEDs com a lâmpada, sendo que nesta montagem utilizada no laboratório são colocados dois LEDs verdes, dois LEDs vermelhos e uma lâmpada, todos em paralelo



(a)

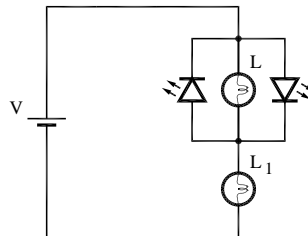


(b)

Fonte: Elaborada pelo Compilador

**VI.7** Montem o circuito da Figura 2.23 e observem o que ocorre num circuito em série com estes **LEDs** ligados a uma lâmpada e a uma fonte ( $V_0 \sim 4V$ ). O que ocorre quando a polaridade da fonte é invertida?

Figura 1.23 - Circuito com dois LEDs em paralelo e invertidos ligados em série com uma lâmpada



Fonte: Elaborada pelo Compilador

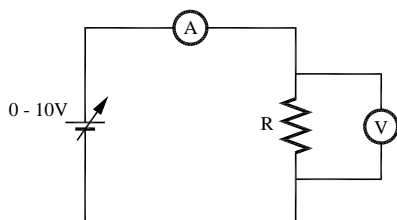
**VI.8** É possível usar este conjunto de LEDs para indicar a direção da corrente elétrica em um circuito qualquer?

## VII. Lei de Ohm

### RESISTOR

**Experimento:** Montem o circuito da Fig.2.24, utilizando uma fonte de tensão contínua variável,  $R_x$  (valor desconhecido) e dois multímetros que serão usados um como voltímetro (**V**) e um como amperímetro (**A**).

Figura 1.24 – Circuito com uma resistência, uma fonte variável e um Amperímetro e um Voltímetro.



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**VII.1** Meçam a dependência da corrente (**I**) com a tensão (**V**), variando **V** entre **0** e **6V**, aproximadamente. Coloquem os dados na tabela abaixo.

I (mA)	V (Volt)


**VII.2** Façam um gráfico em papel milimetrado com a tensão (**V**) no eixo **y** (em Volts) *versus* a corrente (**I**) no eixo **x** (em **mA**). O comportamento do gráfico **V x I** é linear?

**VII.3** Usando o gráfico, determinem o valor da resistência do resistor  $R_x$ , usando a lei de Ohm:  $V_R = R.I$ .

**Obs.:** Olhar no Apêndice como calcular o coeficiente angular da reta (no final da apostila, na parte “II. Gráficos”).

**VII.4** Meçam o valor de  $R_\Omega$ , desconectado do circuito, com um ohmímetro e comparem seu valor com resultado obtido através do gráfico.

**VII.5** Comparem o valor de  $R$  obtido em VII.3 com  $R_\Omega$  obtido em VII.4.

### **LÂMPADA.**

**VII.6** Meçam a corrente em uma lâmpada para  $V_0 = 6V$  usando o mesmo circuito da Fig.2.24, substituindo o resistor pela lâmpada.

**VII.7** Repitam a medida no caso  $V_0 = 3V$ .

**VII.8** Meçam o valor da resistência da lâmpada, desconectada do circuito, com um ohmímetro.

**VII.9** Usando a Lei de Ohm, a partir dos dados obtidos em **VII.6**, **VII.7** e **VII.8**, o que vocês podem inferir sobre o comportamento  $V \times I$  da lâmpada? Ele é linear? Este comportamento é semelhante ao do resistor (parte **VII.2**)? O que é semelhante e o que é diferente?

**VII.10** Façam a medida detalhada de  $V \times I$  da lâmpada (tal como feito no item **VII.1** para o resistor), coletando aproximadamente 15 valores e preenchendo a tabela abaixo.

**Obs.:** Variem a tensão de tal modo a obter correntes entre  $0 - 60mA$ . Comecem com valores bem baixos de tensão,  $\sim 0,25V$ .

I (mA)	V (Volt)

I (mA)	V (Volt)

I (mA)	V (Volt)

**VII.11** Façam o gráfico de  $V \times I$  da lâmpada, utilizando o papel milimetrado. O comportamento desse gráfico é linear?

**VII.12** Comparem o comportamento observado em **VII.2** e em **VII.11**. O que é semelhante e o que é diferente?

**VII.13 Concluindo:** a lei de Ohm é válida para a lâmpada? Discutam.

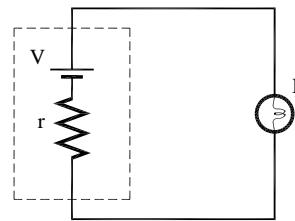
**Lista de materiais** (prática 02)



- 3 lâmpadas  $L_1$  de 6 V (conhecida comercialmente como “lâmpada de tape”)
- 1 lâmpadas  $L_2$  de 12 V (conhecida comercialmente como “lâmpada de tape”)
- 1 Lâmpada  $L^*$  de farol de carro (prática V e VII)
- 1 lampadinha de lanterna de 3,8V (para ser usada com as pilhas)
- Resistores:  $4,7\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $220\Omega$ ,  $470\Omega$ ,  $1,5k\Omega$  (1 unidade),  $1k\Omega$  (2 unidades)
- Potenciômetros:  $220\Omega$  e  $50\Omega$
- 1 diodo, 2 LEDs e 1 conjunto com LEDs invertidos
- LDR
- Fonte DC (eliminador de pilha)
- Fonte do tipo “DC Power supply politerm”
- 2 multímetros
- 2 pilhas grandes (D)
- 2 suportes de 1 pilha
- 1 chave
- Placa de circuitos, cabos banana – banana, etc.

# Exercícios

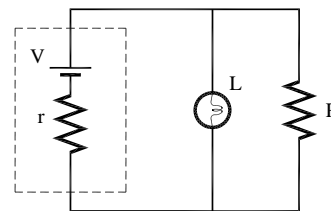
1) Considere um circuito no qual uma lâmpada é conectada a uma bateria real. A bateria tem uma resistência interna constante de  $0,1\Omega$  e uma voltagem de  $1,5\text{ V}$  (circuito aberto). Assuma que a lâmpada tem uma resistência constante de  $5\Omega$  e que ela brilha somente se a corrente através dela for maior que  $0,1\text{ A}$ .



a) Encontre a corrente através da lâmpada. Ela brilha? Explique seu raciocínio.

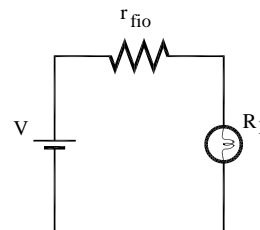
b) Quantas lâmpadas idênticas podem ser conectadas em paralelo com a lâmpada original antes desta se apagar? Explique seu raciocínio.

c) Imagine que a bateria esteja “em curto”, ou seja, ligada a resistência de baixo valor, tal como mostrado ao lado. Encontre o valor da resistência  $R$  deste resistor para que a lâmpada ainda brilhe.



d) Suponha que a resistência do resistor em curto na parte (c) fosse aumentada. O brilho da lâmpada aumentaria, diminuiria, ou permaneceria o mesmo? Explique seu raciocínio.

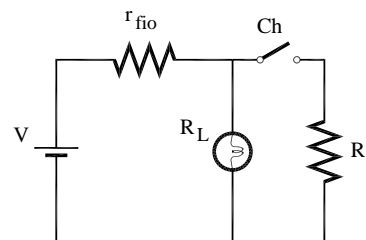
2) Considere o circuito ao lado onde temos uma fonte de tensão  $\varepsilon = 100\text{V}$  uma lâmpada de  $100\text{W}$  com resistência  $R_L$ . Como a lâmpada está bem distante da fonte a resistência do fio não é desprezível,  $r = 0,2\Omega$ .



a) Qual o valor de  $R_L$ ? Calcule a potência dissipada na lâmpada ( $P_L$ ) e a potência dissipada no fio ( $P_F$ ).

b) Quantas lâmpadas podem ser colocadas em paralelo até que sua luminosidade caia a metade. Calcule novamente as potências  $P_L$  e  $P_F$ .

3) Considere o circuito ao lado onde temos uma fonte de tensão ( $\varepsilon$ ), uma lâmpada de resistência  $R_L$ , e um chuveiro com resistência  $R_c$ . Como a lâmpada e o chuveiro estão bem distantes da fonte a resistência do fio  $r$  não é desprezível. Considere que todas as resistências são constantes, ou seja, despreze sua variação devido ao aquecimento.



a) Suponha que  $r \ll R_c \ll R_L$ . Quando se liga o chuveiro (a chave é fechada) qual a relação entre as tensões na lâmpada e no chuveiro  $V_L$  e  $V_c$ , respectivamente? Como você compara  $V_L$  com a queda de tensão no fio  $V_r$ . Como o valor de  $V_L$  muda quando a chave é fechada? Como muda o brilho da lâmpada?

b) Considere o caso  $\varepsilon = 110\text{V}$ ,  $r = 0,2\Omega$ , uma lâmpada de  $100\text{W}$ , e um chuveiro de  $5000\text{W}$ . Quais os valores de  $R_L$  e  $R_c$ ? Calcule a potência dissipada na lâmpada quando a chave esta aberta. Calcule novamente a potência dissipada na lâmpada quando a chave é fechada.

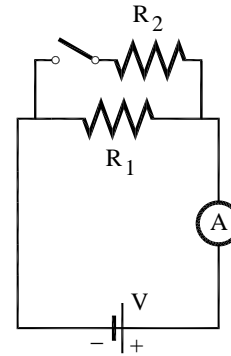
4) Uma bateria de automóvel, um tanto estragada, de  $11,4\text{ V}$  e resistência interna  $0,01\Omega$ , é ligada a uma resistência de  $2,0\Omega$ . A fim de auxiliar a bateria descarregada liga-se mediante cabos de

carga, uma segunda bateria de f.e.m. **12,6V** e resistência interna **0,01Ω** aos terminais da primeira bateria.

a) Desenhe o diagrama do circuito e calcule a corrente em cada parte do circuito.

b) Calcule a potência debitada pela segunda bateria e discuta o destino desta potência, admitindo que as duas f.e.m. sejam constantes e que as duas resistências internas sejam também constantes.

5) Na Figura ao lado, com a chave aberta no circuito não há corrente em  $R_2$ . Entretanto, há em  $R_1$ , medida pelo amperímetro  $A$ . Se a chave for fechada, há corrente em  $R_2$ . Para cada situação abaixo responda se aumenta, diminui ou não muda e justifique.



a) O que acontece com a leitura do amperímetro quando a chave é fechada?

b) O que acontece com a corrente na bateria?

c) O que acontece com a tensão do terminal da bateria?

d) Se um terceiro resistor é acrescentado em paralelo aos dois primeiros. O que acontece com a corrente na bateria?

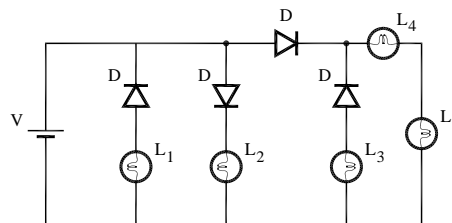
e) Com a adição deste terceiro resistor, o que acontece com a tensão do terminal da bateria?

6) Utilizando apenas uma lâmpada, um LED e uma bateria, como se poderia descobrir o sentido da corrente? Esquematize o circuito e justifique sua resposta.

7) No circuito ao lado formado por diodos e lâmpadas, identifique e justifique quais lâmpadas:

a) acendem

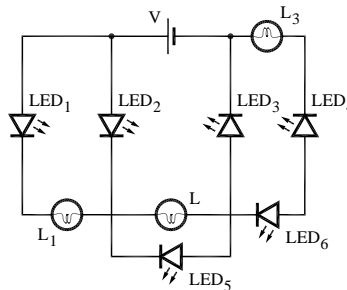
b) não acendem



8) No circuito ao lado formado por LEDs e Lâmpadas, identifique e justifique:

a) quais LEDs acendem ou não

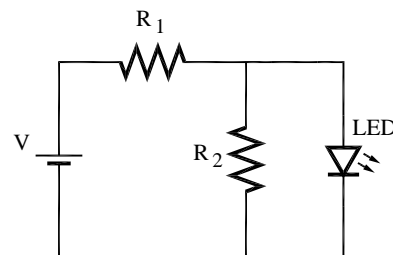
b) quais Lâmpadas acendem ou não



9) A figura ao lado representa uma fonte de tensão  $V_0$  ligada a um resistor  $R_1 = 100\Omega$ , o qual está em série com dois elementos em paralelo entre si: uma resistência  $R_2 = 200\Omega$  e um LED.

a) Sabendo que a tensão medida no LED é  $2,2V$  e a tensão em  $R_1$  é  $1,8V$ , calcule a tensão na fonte.

b) Se a corrente que passa através de  $R_1$  for  $13mA$ , calcule a corrente através do LED.

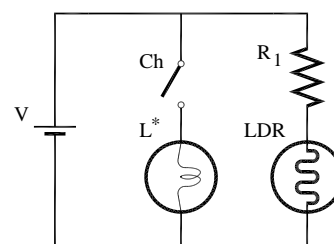


10) Observe a figura ao lado e responda as questões. Considere  $R_1 = 100\Omega$  e  $V_0 = 10V$ . Inicialmente a chave  $Ch$  está aberta.

a) Considere que um estudante mediu a tensão no LDR, obtendo  $V_{LDR} = 8,5V$ . Qual o valor da resistência do LDR?

**Obs:** note que o LDR está sem iluminação.

b) Agora o estudante fechou a chave, e mediu  $V_{LDR} = 2,2V$ . Nesta situação a lâmpada  $L^*$  ilumina o LDR. Qual o valor da resistência do LDR?



c) Em qual caso a segunda Lei de Kirchhoff é válida?

**13)** Em circuitos elétricos, geralmente supomos que a resistência dos fios seja nula. Calcule a resistência de um fio de cobre de diâmetro  $\phi=1\text{mm}$  e comprimento  $L=1\text{m}$ . A partir deste cálculo discuta a validade da aproximação mencionada acima, de que a resistência dos fios seja nula.

Dado:  $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  e  $R = \rho \frac{L}{A}$  ( $\rho$  = Resistividade,  $L$  = Comprimento do fio,  $A$  = Área da seção transversal do fio)