

# *Prática 1: INTRODUÇÃO AOS CIRCUITOS ELÉTRICOS*

## **Objetivos**

Nesta prática faremos alguns experimentos simples sobre circuitos elétricos, abordando os seguintes conteúdos: circuitos em série e em paralelo, leis de Kirchhoff e resistência equivalente. Você irá aprender a montar circuitos simples (utilizando fios, pilha ou fonte de tensão, lâmpadas, resistores) e a medir as correntes, tensões e resistências.

## **Introdução**

Trabalharemos com dois tipos de fonte de energia elétrica: as de origem eletroquímica (pilhas e baterias) e as de origem física (alternadores, dínamos, células solares e usinas termo ou hidroelétricas). Estas fontes de energia podem nos fornecer corrente e tensão elétrica de dois modos distintos: contínua ou alternada.

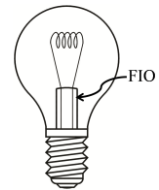
Para estabelecermos condições para o estudo de correntes elétricas, utilizaremos componentes elétricos tais como: resistências, capacitores, indutores. Serão realizadas diferentes associações (de resistores e capacitores), as quais serão abordadas no decorrer do curso. Para medirmos as grandezas "corrente elétrica" e "tensão elétrica", utilizaremos os seguintes instrumentos: amperímetro, voltímetro e osciloscópio. Nesta primeira prática usaremos apenas fontes de tensão contínua, resistores, amperímetro e voltímetro.

# Experimentos

## I. Circuitos Simples

**A.1.** Examinem a lâmpada incandescente (Fig.1-1). Dois fios ligam o filamento do bulbo a sua base. Onde estes fios são conectados? Indiquem em um diagrama.

Figura 1-1 – Lâmpada



Fonte:Elaborada pelo  
Compilador

**B.1.** “Como vocês podem acender uma lâmpada com apenas uma lâmpada, **um** pedaço de fio e uma pilha? (Elementos da Fig.1-2)”.

Figura 1-2 – Materiais utilizados:  
uma pilha, uma lâmpada e um  
pedaço de fio.

Esquematizem pelo menos 4 arranjos diferentes. (**Façam os desenhos**)



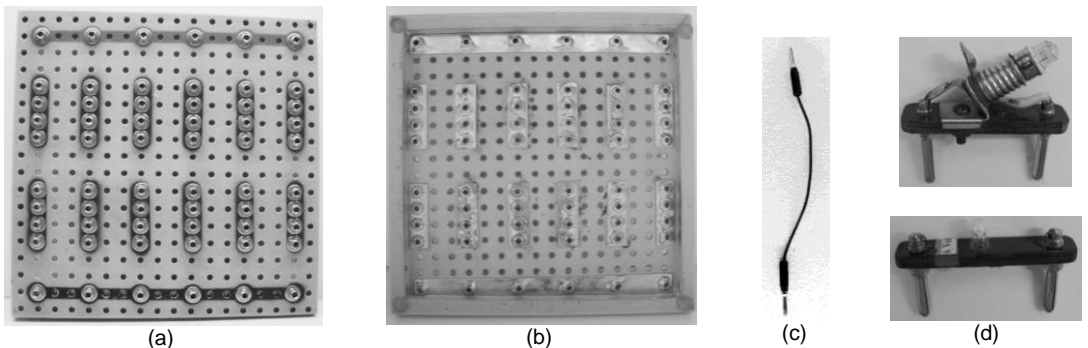
Fonte: Elaborada pelo Compilador

**B.2. Experimento:** Montem os esquemas propostos e verifiquem experimentalmente se suas previsões estavam corretas.

**CUIDADO** para não colocar a pilha em curto-circuito. Na dúvida, peça ajuda a um instrutor (professor, técnico ou monitor).

Vocês, agora, irão começar a montar circuitos elétricos, cada vez mais complexos, utilizando a placa de montagem mostrada na Figura 1-3. A placa contém linhas que indicam que estes furos estão conectados entre si por chapas metálicas (que se comportam como fios condutores de resistência praticamente nula). Estas chapas podem ser vista no verso (a parte de trás da placa) tal como ilustrado na Fig.1-3(b). A placa contém furos apropriados para o uso de conectores chamados de banana (fig. 1-3(c)). A Fig.1-3(d) ilustra duas lâmpadas com conectores apropriados para a placa.

Figura 1-3 - (a) frente da placa de montagem; (b) verso da placa de montagem; (c) fio condutor ligado a dois conectores banana; (d) conectores apropriados para a placa, com a possibilidade da montagem de duas lâmpadas neles

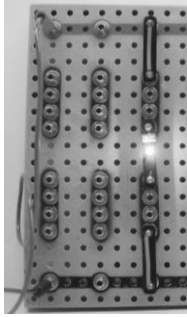


Fonte: Elaborada pelo Compilador

Tanto no topo quanto na base, há uma barra horizontal ligando seis furos em sequência. Posteriormente, vocês verão que a fonte deve ser ligada nas barras de acordo com uma convenção: terminal positivo (+) na barra vermelha e terminal negativo (-) na barra preta (vide Fig.1-4(a)).

Na Fig.1-4(b) temos a Fonte de Tensão a ser utilizada. Ela é um modelo “DC Power Supply HY3003D”, da Politerm. Contem dois mostradores digitais, de corrente (*Current*) e de tensão (*Voltage*). Do lado esquerdo (*Current*), possui dois cursores (um para ajuste fino e outro para ajuste grosso) que possibilita regular a corrente máxima que a fonte pode fornecer. Do lado direito (*Voltage*), possui outros dois cursores que regulam a tensão que a fonte pode fornecer entre os terminais (+) e (-). O usual é utilizar cabo vermelho ao terminal (+) (marcado, na fonte, com a cor vermelha) e cabo preto ao terminal (-) (marcado com a cor preto).

Figura 1-4 - (a) Lâmpada conectada através da placa a uma Fonte de tensão; (b) Fonte de tensão Politem



(a)



(b)

Fonte: Elaborada pelo Compilador

**Importante:**

1) ao montarem qualquer circuito, examinem com atenção todas as ligações antes de conectá-lo à fonte de alimentação. Por exemplo, NUNCA conectem o terminal positivo da fonte ao terminal negativo da mesma, sem que haja um dispositivo entre eles.

2) ao utilizarem a fonte de alimentação, certifiquem-se de seguir os seguintes passos:

Com a mesma desligada:

(a) zerar todos os cursores (gitar todos os botões no sentido anti-horário);

(b) conectar os cabos (fios vermelho e preto) nas saídas da fonte (terminais (+) e (-), respectivamente).

**ANTES** de ligar a fonte (botão *POWER*):

*Certifique-se que os cabos NÃO estão em CURTO-CIRCUITO*

*Montem o circuito da Fig.1-5 abaixo*

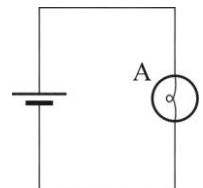
**CUIDADO:** como esta é sua primeira montagem, antes de ligar a fonte, peçam para um instrutor (professor, técnico ou monitor) conferir o circuito e ligar a fonte.

Brevemente vocês estarão aptos a montarem diversos circuitos. Vamos começar com um circuito muito simples.

**C.1.** Montem o circuito da Fig.1-5(a), utilizando uma lâmpada incandescente (A) e uma fonte de tensão variável, ajustada para ~10V.

Observem o que ocorre com o brilho da lâmpada se qualquer um dos contatos elétricos do circuito for interrompido.

Figura 1-5 - (a) Circuito com uma lâmpada



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**Obs.:** Volt (V) é a unidade usada no sistema MKS para a diferença de potencial ou tensão elétrica.

## C.2. Investigando diferentes materiais-

Tanto no experimento B.1 como em C.1 acendemos a lâmpada, conectando-a a uma fonte de tensão (pilha ou fonte) através de materiais metálicos, fios ou as chapas no verso da placa. Os materiais metálicos são bons condutores de corrente elétrica. Grosseiramente podemos classificar os materiais em dois grupos: condutores e isolantes.

Figura 1-5 - (b) Suporte com conectores jacaré



Fonte: Elaborada pelo Compilador

Insiram diferentes materiais no circuito para investigar se eles são condutores ou isolantes. A fig.1-5(b) ilustra um suporte com dois conectores “jacaré” usados para inserir um pedaço de grafite no circuito. Façam o teste usando um pedaço de papel, papel alumínio, prego (ferro), parafuso (latão), plástico, um clips, uma moeda, vidro, grafite, etc. Classifiquem os materiais como condutores ou isolantes:

Condutores	Isolantes

## Modelo

Baseando-se em nossas observações faremos as seguintes pressuposições (hipóteses):

1. Num circuito completo, existe um **fluxo** de um terminal da bateria (ou fonte), percorrendo todo o resto do circuito, retornando ao outro terminal da bateria e através dela (um circuito fechado). A partir de agora, chamaremos este fluxo de **corrente elétrica**.

2. No caso de lâmpadas idênticas, o **brilho** das lâmpadas pode ser usado como um indicador da magnitude (valor) da **corrente** que atravessa a lâmpada: quanto maior o brilho da lâmpada, maior é a corrente.

Com estes pressupostos desenvolveremos um modelo que utilizaremos para explicar o comportamento de circuitos simples. A construção de um modelo científico é um processo passo a passo no qual se deve especificar apenas o número mínimo de atributos necessários para explicar os fenômenos a serem considerados.

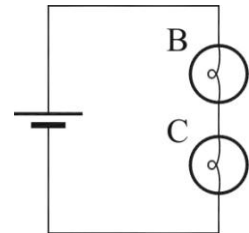
## II. Circuitos em Série

**A.** Montem um circuito com duas lâmpadas idênticas, colocadas uma após a outra, como mostrado na Fig.1-6. Lâmpadas conectadas desta maneira são ditas estarem em série.

Use  $V \sim 10$  V.

**A.1.** Comparem o brilho das duas lâmpadas B e C, ou seja, o brilho de B é maior, menor ou aproximadamente igual ao brilho de C?

Figura 1-6 – Esquema do circuito com duas lâmpadas em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**Obs.:** Considerem apenas grandes diferenças de brilho, pois, eventualmente pequenas diferenças de brilho podem ser notadas devido ao fato das duas lâmpadas "idênticas" não serem, na realidade, exatamente iguais. Para se certificar disto, vocês podem inverter a posição das lâmpadas. Na dúvida, perguntem a um instrutor.

Usando os pressupostos feitos no modelo para a corrente elétrica, respondam:

**A.2.** A corrente é "gasta" na primeira lâmpada, ou a corrente através das lâmpadas é a mesma? Justifiquem a resposta.

**A.3.** Com base apenas em suas observações, é possível dizer a direção do fluxo através do circuito? Justifiquem a resposta.

**B.1.** Comparar (maior, menor ou aproximadamente igual) o brilho de cada uma das lâmpadas do circuito em série (Fig.1-6), com o brilho da lâmpada do circuito da Fig.1-5(a).

A partir dos pressupostos do nosso modelo para a corrente elétrica, respondam:

**B.2.** Como a corrente através da lâmpada A (Fig.1-5) se compara à corrente na lâmpada B (Fig.1-6)? Expliquem.

**B.3.** Qual a implicação de sua resposta à questão **A.2** sobre a corrente da fonte (que sai da fonte de tensão) nos dois casos (Fig.1-5(a) e Fig.1-6). Expliquem.

**Obs.:** *É importante sempre lembrar que a corrente elétrica é um fluxo e por isso escrevemos corrente através da lâmpada (ou da fonte, etc.). Na linguagem coloquial também se usa corrente na lâmpada ou corrente da lâmpada.*

**C.1.** Como a corrente da fonte irá variar (aumentar, diminuir ou permanecer a mesma) se o número de lâmpadas conectadas em série aumentar?

Vocês podem pensar na lâmpada como um obstáculo ou **resistência** ao fluxo da corrente no circuito.

**C.2.** Usando este raciocínio, se forem adicionadas mais lâmpadas em série no circuito a resistência total iria aumentar, diminuir ou permanecer a mesma que antes?

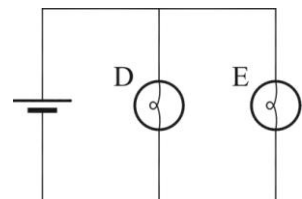
### III. Circuitos em Paralelo

**A.** Montem o circuito da Fig.1-7 com duas lâmpadas idênticas, com seus terminais conectados conjuntamente, tal como mostrado. Lâmpadas ligadas desta maneira são ditas estarem *em paralelo*.

(Usem  $V \sim 10V$ ).

**A.1.** Comparem o brilho (maior, menor ou aproximadamente igual) das duas lâmpadas do circuito e registrem.

Figura 1-7 – Esquema do circuito com duas lâmpadas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo Compilador



**A.2.** A partir de suas observações, como se comparam as correntes nas lâmpadas D e E (Fig. 1-7)?

**A.3.** Descrevam o comportamento das correntes em todo o circuito da Fig.1-7. Como a corrente da fonte se divide e recombina na junção dos dois ramos das duas lâmpadas em paralelo (D e E)?

**B.1.** O brilho das lâmpadas D e E (Fig.1-7) é maior, igual ou menor do que o brilho de A (Fig.1-5(a))?

**B.2.** Comparem a corrente da fonte conectada a uma única lâmpada (Fig.1-5(a)) com a corrente da fonte na Fig.1-7 (duas lâmpadas em paralelo). Expliquem, baseando-se em suas observações.

**C.1.** Como a corrente da fonte irá variar (aumentar, diminuir ou permanecer a mesma) se o número de lâmpadas conectadas em paralelo aumentar? E se diminuir?

**C.2.** O que vocês podem inferir<sup>1</sup> a respeito do comportamento da resistência total do circuito com o aumento do número de lâmpadas em paralelo?

**C.3.** Concluindo, a corrente da fonte depende do número de lâmpadas do circuito e do modo no qual elas estão conectadas?

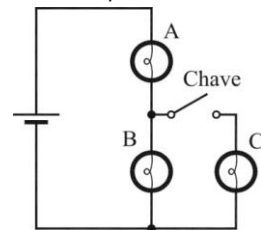
Uma **fonte ideal** mantém sempre a mesma tensão entre seus terminais independentemente do que está conectado a ela, por exemplo, o valor da resistência do resistor. Uma característica de uma fonte ideal é que todos os ramos conectados em paralelo através dela são independentes uns dos outros (a corrente em cada ramo é independente da dos outros).

## IV. Corrente e Resistência

**A. Previsões:** registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas, a respeito das questões abaixo:

O circuito da Fig.1-8 contém três lâmpadas idênticas, uma fonte ideal e uma chave de resistência desprezível.

Figura 1-8 – Esquema do circuito com três lâmpadas



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**A.1.** Quando a chave é fechada, o brilho da lâmpada A muda? Caso afirmativo, ele aumenta ou diminui? Idem para a lâmpada B.

---

<sup>1</sup> Inferir = deduzir por meio de raciocínio, tirar uma conclusão a partir de fatos, observações, etc.

**A.2.** Comparem o brilho relativo das lâmpadas (A, B e C) no circuito acima com a chave fechada.

**B.1. Experimento:** Montem o circuito da Fig.1-8 (com  $V \sim 15V$ ) e verifiquem experimentalmente se suas previsões estavam corretas. Para cada situação no circuito acima (chave aberta ou fechada) comparem a corrente nas lâmpadas (A, B e C).

*Obs.:* Notem que a chave na Fig.8 pode ser simplesmente um cabo banana-banana

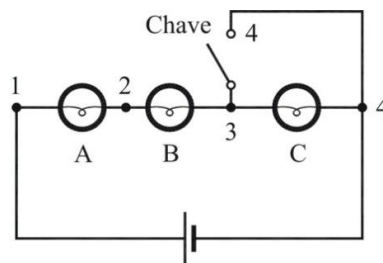
## V. Curto-circuito

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

O circuito da Fig.1-9 possui três lâmpadas idênticas associadas em série e uma chave.

O que ocorre com o brilho das lâmpadas A, B e C quando a chave é fechada?

Figura 1-9 – Esquema do circuito com três lâmpadas em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**B.1. Experimento:** Agora montem o circuito (com  $V \sim 10V$ ). Suas previsões estavam corretas? Justifiquem.

Em funcionamento normal uma resistência (ou lâmpada), como na Fig.1-9, recebe uma corrente que passa pelo circuito **1-2-3-4**. Se fecharmos a chave, de modo que haja contato elétrico entre os pontos **3** e **4**, uma nova corrente será estabelecida, passando apenas pelo circuito **1-2-4** (praticamente nenhuma corrente passará pela lâmpada **C**).

Quando isso ocorre, dizemos que está havendo um curto-circuito nos pontos **3** e **4**. Por extensão, toda vez que dois pontos de um circuito qualquer são ligados por um fio de resistência praticamente nula, dizemos que estamos estabelecendo um curto-circuito entre esses pontos. Assim, no experimento colocamos a lâmpada C em curto-circuito quando a chave é fechada.

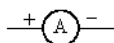
## VI. Medida de Correntes Elétricas

Até o momento, supusemos que o brilho aumenta quando a corrente elétrica através da lâmpada aumenta, ou seja, utilizamos o brilho de uma lâmpada como um indicador qualitativo da corrente. Note que nossa suposição não menciona que o brilho seja proporcional à corrente (ou nenhuma relação matemática específica). A seguir começaremos um estudo quantitativo dos circuitos elétricos.

Para fazer medidas de corrente elétrica usaremos o Amperímetro<sup>2</sup>(Fig.1-10), um instrumento que permite a passagem de corrente através dele, sem alterar significativamente a resistência do circuito. Quando colocado (em série) no circuito, o amperímetro mede a corrente em unidade de Ampère. Muitas vezes é mais conveniente trabalharmos com unidades menores, como miliampère (mA) =  $10^{-3}$  A, microampère ( $\mu$ A) =  $10^{-6}$ , etc.

Atualmente, usamos um instrumento bastante versátil chamado de **Multímetro**. Este pode atuar tanto como amperímetro, voltímetro (para medir tensão), ohmímetro (para medir resistência elétrica), etc. Inicialmente iremos usar o multímetro como amperímetro e depois usaremos suas outras funções.

Nos experimentos feitos até aqui era impossível saber a direção da corrente elétrica apenas observando brilho das lâmpadas. Seguiremos a convenção usual que supõe que o fluxo de corrente ocorre do terminal positivo (+) da fonte ou bateria (normalmente indicado pela cor vermelha) para seu terminal negativo (-) (normalmente indicado por preto). Os amperímetros devem ser conectados neste sentido, pois caso contrário podem ser danificados. O símbolo para amperímetro é:



Notem que, normalmente, este símbolo indica os terminais do amperímetro, e é marcado com + (positivo) e o outro - (negativo). Em geral há dois terminais positivos diferentes, indicados por **A**, para a escala em Ampères, e **mA** para a escala em miliampères. O terminal negativo está indicado por **COM**, ou terminal comum, porque é usado no amperímetro, no voltímetro e no ohmímetro.

Figura 1-10 – Multímetro a ser usado como Amperímetro



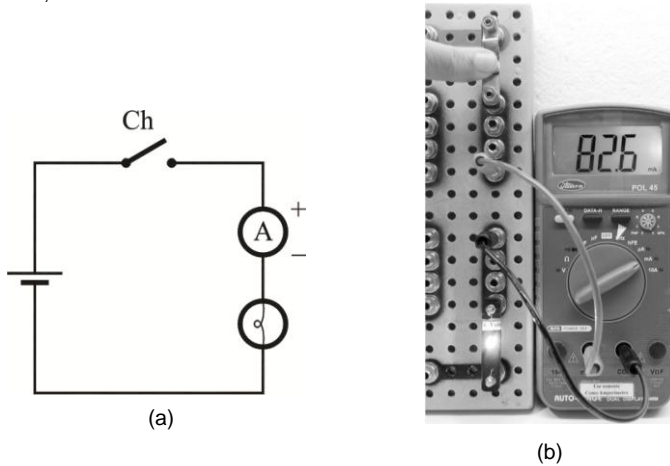
Fonte: Elaborada pelo Compilador

<sup>2</sup> Homenagem ao cientista francês André-Marie Ampère (1775 – 1836)

## **Experimentos:**

**A.** Montem o circuito Fig.1-11(a) com a fonte desligada ou desconectada. Para isso, utilizem uma fonte de tensão, uma lâmpada e um multímetro conectado como amperímetro(em série), na escala de **mA**. Como amperímetro, usem o multímetro **Politem POL-45** na escala mA com os terminais COM e mA (Fig.1-11.b)

Figura 1-11 - (a) Esquema do circuito utilizando o Amperímetro; (b) Foto da montagem do circuito, onde o Amperímetro indica  $I=82,6\text{mA}$  com a chave fechada.



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**CUIDADO** a conexão errada do amperímetro pode danificar o instrumento. Peçam assistência de um instrutor antes de ligar o circuito. Note que cada função do multímetro exige um tipo específico de conexão.

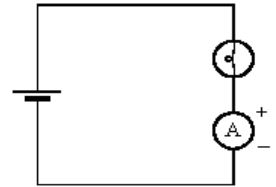
**A.1.** Ajustem a tensão da fonte para  $V\sim 10V$  e façam a medida da corrente, ou seja, registrem o valor indicado no amperímetro. Não se esqueçam de indicar a unidade da medida (A, mA,  $\mu A$ , etc.)

**A.2.** Observem e registrem o que ocorre se os terminais da fonte forem trocados (invertidos).

**B.1.** Montem o circuito da Fig.1-12 mantendo o mesmo valor da tensão da fonte usada na Fig.1-11.

Façam a medida e comparem com a corrente do circuito anterior (Fig.1-11).

Figura 1-12 – Circuito com Amperímetro em série com uma lâmpada



Fonte: Elaborada pelo Compilador

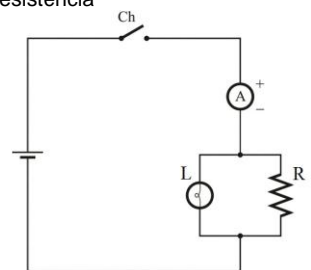
**Obs.:** Lembrem-se da imprecisão devido à incerteza das medidas.

**C.1.** Montem o circuito da Fig.1-13 com uma fonte ( $V \sim 10V$ ), uma chave, um amperímetro e um resistor ( $R = 220\Omega$ ) em paralelo a uma lâmpada.


Anotem o valor da corrente indicada no amperímetro.

Notem que esta é a corrente de saída da fonte,  $i_F$ .

Figura 1-13 - Circuito com Amperímetro em série com uma lâmpada em paralelo a uma resistência



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**Obs.:** Usualmente representa-se um resistor ( $R$ ) com o símbolo. 

**D.1.** No circuito da Fig.1-13, o amperímetro foi colocado de tal forma a determinar a corrente de saída da fonte. Suponham agora, que vocês desejam medir apenas a corrente no resistor  $R$ , como deve ser colocado o amperímetro? Façam um esboço deste circuito.

**D.2.** Montem o circuito e meçam  $i_R$ .

**D.3.** Repitam os itens **D.1** e **D.2** para medirem a corrente na lâmpada, .

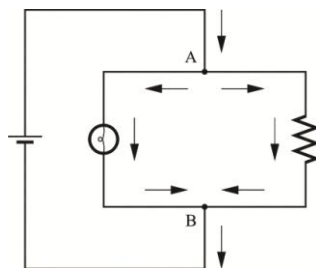
**D.4.** Qual a relação esperada entre  $i_F$ ,  $i_R$  e  $i_L$ ? Seus resultados experimentais confirmam isto?

**Obs.:** Lembrem-se que o Amperímetro deve estar ligado em série com o dispositivo o qual se deseja medir a corrente.

Peçam auxílio a um instrutor se tiverem dúvidas sobre a montagem do circuito.

O experimento anterior ilustra que a corrente pode mudar em pontos do circuito onde vários elementos estão conectados. Estes pontos, tais como os pontos A e B da Fig.1-14, são chamados de **nós**. A identificação dos nós é uma etapa importante no desenho de circuitos.

Figura 1-14 - Circuito com distribuição de corrente



Fonte: Elaborada pelo Compilador.

Na Fig.1-14 é representado o caso de um nó conectado a três fios, ou três vias (vide pontos A e B no diagrama). Geralmente, os condutores (fios) são representados por linhas e os nós (junções das linhas) podem ser representados (Fig.1-15) de diversas formas:

Figura 1-15 – Formas diversas de representação dos nós



Fonte: Elaborada pelo Compilador



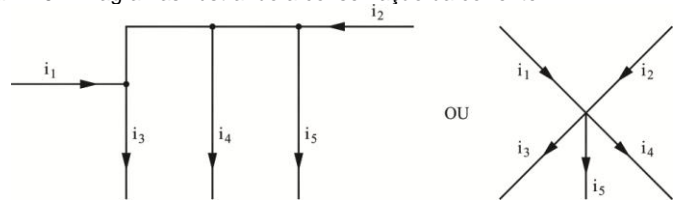
Num **circuito fechado** há uma trajetória contínua, ou seja, a corrente de um dos terminais da bateria percorre todo o circuito até o outro terminal. Baseado em suas observações, vocês perceberam que a corrente **não** é “gasta” no circuito. A **conservação da corrente** é um princípio fundamental válido para todos os circuitos fechados, conhecido como a **primeira lei de Kirchhoff** ou **Lei dos Nós**.

Os diagramas da Fig.1-16, também ilustram a conservação da corrente. Deve-se considerar que  $i_1$  e  $i_2$  estão entrando no nó, enquanto as outras correntes saem do nó; logo:

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4 + i_5$$

A corrente total que sai do nó é igual à corrente total que entra no nó, ou seja:

Figura 1-16 – Diagramas ilustrando a conservação da corrente



.Fonte: Elaborada pelo Compilador

***A soma algébrica das correntes num determinado nó é zero!***

Expressar a **primeira lei de Kirchhoff**, tal como enunciado acima, equivale a atribuir o sinal positivo para a corrente entrando no nó e o sinal negativo para a corrente que sai do nó, ou vice-versa.

## VII. Diferença de Potencial

O voltímetro é usado para medir a diferença de potencial (ddp) entre dois pontos, também denominada de **voltagem** ou **tensão**.

***Importante*** – ao contrário do amperímetro, o voltímetro deve ser conectado em paralelo ao componente a ser medido (no caso a fonte). Se, por engano, vocês conectarem o amperímetro no lugar do voltímetro na configuração da Fig.1-18, possivelmente vão danificar o amperímetro e a fonte. Ou seja, é preciso ter sempre **CUIDADO** no uso do multímetro!!!

Como **Voltímetro**<sup>3</sup> (Fig.1-17), utilizaremos o multímetro Minipa ET-2082A

Figura 1-17 – Ilustração do Voltímetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

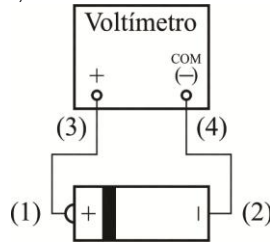
<sup>3</sup> Homenagem ao cientista italiano Alessandro Volta (1745 – 1827)

## A. Experimento.

**A.1.** Usando um voltímetro, meçam a diferença de potencial entre os terminais de uma pilha, tal como indicado na Fig.1-18(a).

**Obs.:** Usem o multímetro na escala 20 V com os terminais COM e V.

Figura 1-18 – (a) Circuito com uma pilha; (b) Foto da montagem do circuito, onde o Voltímetro indica  $V=1,56V$



Fonte: Elaborada pelo Compilador

Para se medir a ddp entre os pontos (1) e (2) da pilha deve-se conectá-los aos terminais **V(+)** e **COM(-)**, representados pelos pontos (3) e (4) do voltímetro, respectivamente na Fig.1-18(a).

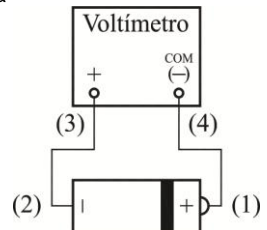
No caso acima, segundo a linguagem coloquial, denomina-se como a tensão da fonte a ddp entre os pontos (3) e (4). Analogamente falamos a tensão no resistor, etc. Nunca diga a tensão através do resistor, pois isto não tem sentido físico.

Muitas vezes usa-se um ponto do circuito como referência, com tensão zero (normalmente este ponto é o terra do circuito). Por exemplo, no circuito da Fig.1-18 podemos definir o ponto (2) da pilha com  $V_2=0$  e neste caso  $V_1 = V_3 \cong 1,5V$  e  $V_4 = V_2=0$ .

**A.2.** Considerem, agora, esta outra montagem da pilha como voltímetro, tal como na Fig.1-19. Notem que a pilha está invertida comparando com montagem da Fig.1-18.

Qual o valor exibido pelo voltímetro?

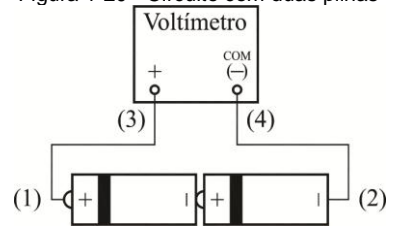
Figura 1-19 – Circuito com uma pilha



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**B.1. Previsões:** Considerem duas pilhas em série ligadas a um voltímetro, tal como na Fig.1-20. Qual deve ser o valor exibido pelo voltímetro?

Figura 1-20 - Circuito com duas pilhas

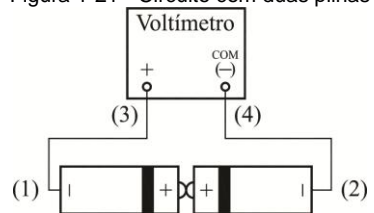


Fonte: Elaborada pelo Compilador

**B.2. Experimento:** Inicialmente meçam a tensão de cada uma das pilhas separadamente e registrem. Em seguida, montem o circuito da Fig.1-20 utilizando duas pilhas de 1,5V e um voltímetro. Suas observações estão de acordo com as previsões feitas? .

**C.1. Previsão:** Considerem agora, esta outra montagem de duas pilhas em série ligadas a um voltímetro, tal como na Fig.1-21. Observem a forma de ligação dessas pilhas.

Figura 1-21 - Circuito com duas pilhas



Fonte: Elaborada pelo Compilador

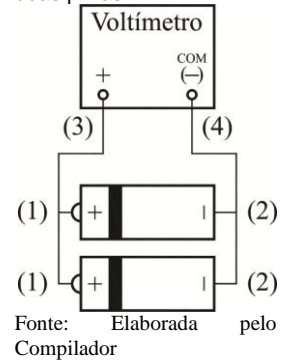
Qual deve ser o valor exibido pelo voltímetro?

**C.2. Experimento:** Inicialmente meçam a tensão de cada uma das pilhas separadamente e registrem. Em seguida, montem o circuito da Fig.1-21 utilizando duas pilhas de 1,5V e um voltímetro. Suas observações estão de acordo com as previsões feitas?

**D.1. Previsão:** Considerem, agora, esta outra montagem das duas pilhas em paralelo ligadas a um voltímetro, tal como na Fig.1-22.

Qual deve ser o valor exibido pelo voltímetro?

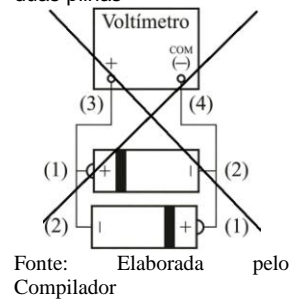
Figura 1-22 - Circuito com duas pilhas



**D.2. Experimento:** Montem o circuito da Fig.1-22 utilizando duas pilhas de 1,5V e um voltímetro. Suas observações estão de acordo com as previsões feitas?

**Importante** – Cuidado para não inverterem a polaridade de uma das pilhas (Fig.1-23), pois vocês estariam colocando as pilhas em curto-circuito!

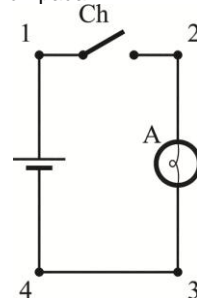
Figura 1-23 - Circuito com duas pilhas



**E.** Montem o circuito da Fig.1-24, utilizando uma lâmpada de lanterna (A) e uma pilha.

Observem o brilho da lâmpada.

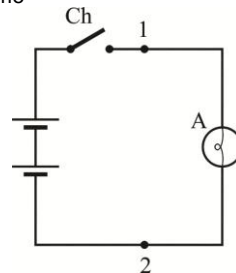
Figura 1-24 – Circuito com uma lâmpada



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

A Fig.1-25 representa a montagem de duas pilhas em série com uma lâmpada de lanterna (similar à montagem da Fig.1-20). O que vocês imaginam que ocorrerá com o brilho da lâmpada comparado ao brilho da lâmpada da Fig.1-24?

Figura 1-25 - Circuito com uma lâmpada e duas pilhas em série



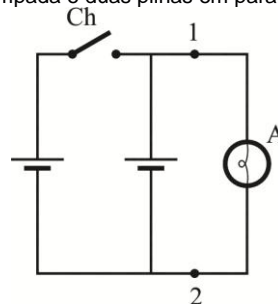
Fonte: Elaborada pelo Compilador

**E.2. Experimento:** Montem o circuito da Fig.1-25 utilizando duas pilhas de 1,5V e uma lâmpada de lanterna. Suas observações estão de acordo com as previsões feitas?

**E.3. Previsões:** Registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas.

Considerem uma lâmpada ligada a duas pilhas em paralelo tal como indicado na Fig.1-26 (similar à montagem da Fig.1-22). Como se comparam os brilhos das lâmpadas nas Fig.1-24, Fig.1-25 e Fig.1-26?

Figura 1-26 - Circuito com uma lâmpada e duas pilhas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**E.4. Experimento:** Montem o circuito da Fig.1-26, utilizando os mesmos componentes do circuito anterior e observem o que ocorre. Suas previsões estavam corretas?

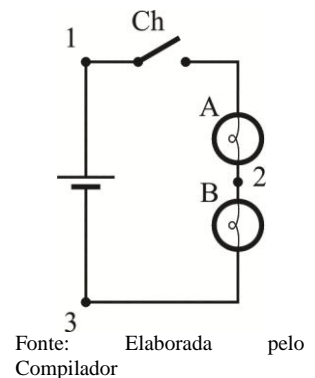
**CUIDADO** para não inverter a polaridade das pilhas

**E.5.** Em qual caso vocês esperam que a tensão entre os pontos 1 e 2 seja maior?: Na Fig.1-25 ou na Fig.1-26? E a corrente no ponto 1? Realize as medidas. Suas previsões estavam corretas?

**F.1. Experimento:** Montem o circuito da Fig.1-27 utilizando uma pilha de 1,5V e duas lâmpadas de lanterna. Anotem o que vocês observaram em relação ao brilho da lâmpada, quando a chave está fechada.

**F.2. Meçam** a diferença de potencial em cada elemento do circuito ( $V_F$ ,  $V_A$  e  $V_B$ ).

Figura 1-27 - Circuito com duas lâmpada em série



**Obs.:** Lembrem-se que  $V_F = V_{13}$ ,  $V_A = V_{12}$  e  $V_B = V_{23}$

**F.3.** Já vimos (II. Circuitos em Série) que quando adicionamos uma segunda lâmpada no circuito o brilho diminui, ou seja, a corrente diminui. Logo, a corrente na lâmpada **A** no circuito da Fig.1-27 é menor que a corrente se tivéssemos apenas uma lâmpada (Fig.1-24). O que ocorre com a tensão na lâmpada **A** nestas duas situações?

Vocês devem ter observado que  $V_F = V_A + V_B$ , ou seja:

*A tensão de uma fonte de uma malha (circuito) fechado é igual a soma das tensões nos outros elementos.*

Este é um exemplo da **segunda lei de Kirchhoff** (a Lei das Malhas), que também pode ser enunciada da seguinte maneira:

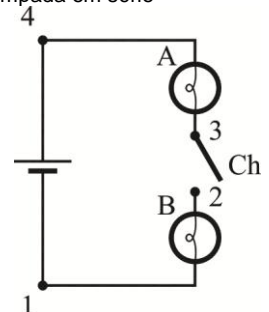
*Ao percorrer uma malha fechada em um circuito, a soma algébrica das variações de potencial deve ser igual a zero.*

Por exemplo, podemos mostrar que para a Fig.1-27 temos:  $V_{13} + V_{32} + V_{21} = 0$ , logo  $V_{13} = -V_{21} - V_{32} = +V_{12} + V_{23}$ . Ou seja:  $V_F = V_A + V_B$ , tal como observado experimentalmente.

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

Quais os valores das tensões  $V_{42}$  e  $V_{12}$  na Fig.1-28? Justifiquem. (Notem que é o **mesmo** circuito da Fig.1-27, mas com a chave aberta.).

Figura 1-28 - Circuito com duas lâmpada em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

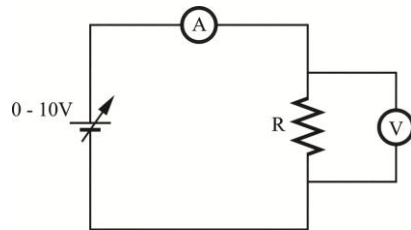
**G.2. Experimento:** Montem o circuito da Fig.1-28, usando o mesmo valor de  $V_F$  usado em F. (Fig.1-27). Verifiquem se suas previsões estavam corretas. Justifiquem comparando as situações ilustradas nos dois circuitos.

## VIII. Lei de Ohm

### RESISTOR

**A.** Montem o circuito da Fig.1-29, utilizando uma fonte de tensão contínua variável,  $R=220\Omega$  e dois multímetros que serão usados um como voltímetro (V) e um como amperímetro (A).

Figura 1-29 – Circuito com uma resistência, uma fonte variável e um Amperímetro e um Voltímetro.



Fonte: Elaborada pelo Compilador

**A.1.** Meçam a dependência da corrente ( $I$ ) com a tensão ( $V$ ), variando  $V$  entre 0 e 10 V. Coloquem os dados numa tabela.

$I$ (mA)	$V$ (Volt)


**A.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  $V \times I$  é linear?



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

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

**A.4.** Meçam o valor de R, desconectado do circuito, com um ohmímetro e comparem seu valor com resultado obtido através do gráfico.

### **LÂMPADA.**

**B.1.** Meçam a corrente em uma lâmpada para  $V=10V$  usando o mesmo circuito da Fig.1-29, substituindo o resistor pela lâmpada.

**B.2.** Repitam a medida no caso  $V=5V$ .

**B.3.** Meçam o valor da resistência da lâmpada, desconectada do circuito, com um ohmímetro.

**B.4.** A partir destes dados, o que vocês podem inferir sobre o comportamento  $V \times I$  da lâmpada? Ele é linear? Este comportamento é semelhante ao do resistor (parte A)? O que é semelhante e o que é diferente?

**B.5.** Façam a medida detalhada de  $V \times I$  da lâmpada (tal como feito no item **A** para o resistor), coletando aproximadamente 17 valores.

Obs.: Variem a tensão de tal modo a obter correntes entre  $0 - 60\text{mA}$ , (começando por valores bem baixos de tensão,  $\sim 0,5\text{V}$ )

I (mA)	V (Volt)



**B.6.** Façam o gráfico de  $V \times I$  da lâmpada, utilizando o papel milimetrado.

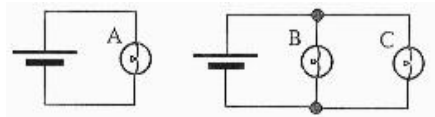
**C.** Concluindo: a lei de Ohm é válida para a lâmpada? Discutam.

**Lista de materiais** (prática 01)

- 1 pedaço de fio
- 3 lâmpadas incandescentes (6V)
- 2 lâmpadas de lanterna
- Resistor de  $220\Omega$
- 2 pilhas 1,5V
- Fonte de tensão variável (0 - 15V, 1A)
- 2 multímetros digitais
- 1 chave
- Placa de circuitos, cabos banana – banana, etc.

## Exercícios

1) Neste exercício, três estudantes fizeram os seguintes prognósticos com as respectivas explicações das luminosidades relativas das lâmpadas **A**, **B** e **C**.



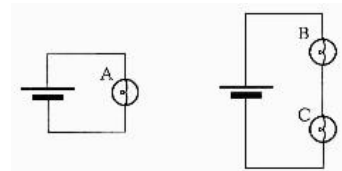
Identifique qual estudante, se algum deles, fez o raciocínio incorretamente, e determine o que está errado em seu raciocínio.

**Estudante 1** “**B** e **C** brilharão menos que **A**. A lâmpada **A** fica com toda a corrente da bateria mas as lâmpadas **B** e **C** a dividem.”

**Estudante 2** “**A**, **B** e **C** brilharão todas igualmente. Todas têm a mesma voltagem através delas”

**Estudante 3** “**A**, **B** e **C** brilharão igualmente. Cada uma tem a mesma resistência, e cada uma está conectada diretamente através da bateria, assim cada lâmpada tem a mesma quantidade de corrente através dela. Então elas são igualmente brilhantes.”

2) Neste exercício, três estudantes fizeram previsões (ou prognósticos) com explicações sobre luminosidades relativas das lâmpadas **A**, **B** e **C**.



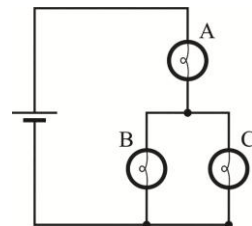
Identifique qual estudante, se algum deles, está raciocinando incorretamente, e determine o que está errado em seu raciocínio.

**Estudante 1** “**B** e **C** brilharão menos que **A**. **B** e **C** têm a corrente dividida enquanto **A** tem toda ela..”

**Estudante 2** “**B** e **C** brilharão igualmente, mas menos que **A**. **B** e **C** dividem a voltagem da bateria enquanto **A** tem toda ela.”

**Estudante 3** “**A** é mais brilhante que **B** e **B** é mais brilhante que **C**. **B** gasta um pouco da corrente, assim menos corrente passará para **C** e **A** fica com toda a corrente, assim brilhará mais.”

3)a. Faça um prognóstico sobre a luminosidade relativa das lâmpadas no circuito ao lado. Justifique.



b. O que acontecerá com o brilho das lâmpadas **A** e **B** se a lâmpada **C** for desrosqueada (desconectada do circuito). Explique seu raciocínio.

c. Considere as seguintes argumentações de dois estudantes:

**Estudante 1** “Desrosqueando a lâmpada **C** se remove um trajetória (caminho) para a corrente. Assim a resistência do circuito aumenta e a corrente através da

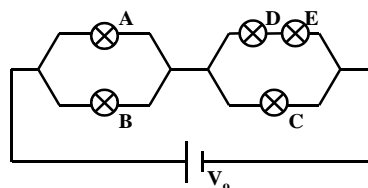
bateria e das lâmpadas que ficaram diminuí. Assim as lâmpadas **A** e **B** brilharão menos.”

“Eu concordo que a lâmpada **A** brilhará menos, mas eu discordo sobre a lâmpada **B**. Antes de você desrosquear a lâmpada **C**, somente parte da corrente através da lâmpada **A** fluía para a lâmpada **B**. Posteriormente, toda a corrente através da lâmpada **A** flui através da lâmpada **B**. Assim a lâmpada **B** será mais brilhante.”

**Estudante 2**

Você pode dizer que os estudantes deram a resposta completa? Justifique.

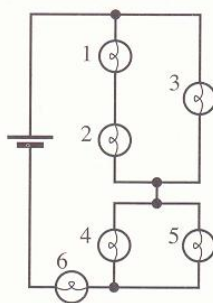
4) No circuito ao lado **A**, **B**, **C**, **D**, e **E** representam lâmpadas idênticas. Classifique as lâmpadas em ordem crescente de luminosidade.



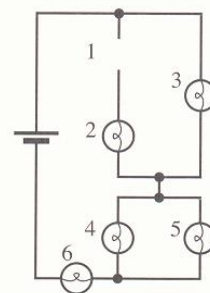
5) Nos circuitos ao lado considere que a bateria é ideal, todas as lâmpadas são iguais e se comportam aproximadamente como resistores.

i) classifique as lâmpadas (1 – 6) no circuito a) em ordem crescente de brilho. Justifique sua resposta.

ii) idem para a tensão nas lâmpadas.



b.

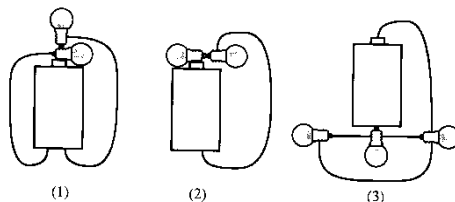


Suponha agora que a lâmpada 1 é removida do circuito (Fig.b).

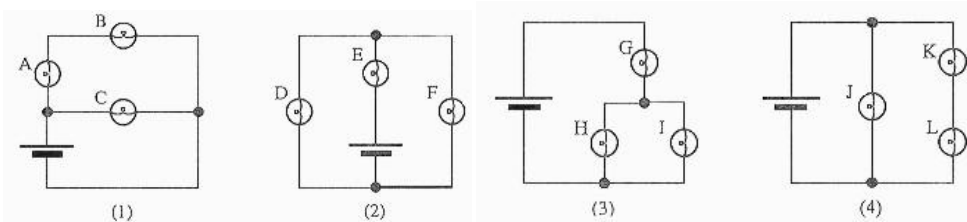
iii) o brilho da lâmpada 2 aumenta, diminui ou permanece o mesmo? Justifique sua resposta

iv) idem para as lâmpadas 6 e 3.

6) Faça o diagrama correspondente a cada um dos circuitos ao lado.



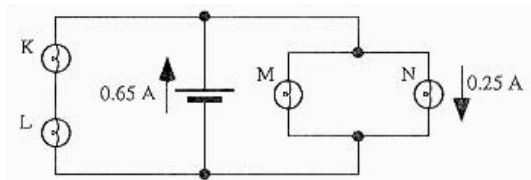
7) a. Quais dos diagramas de circuitos abaixo podem ser utilizados para representar o mesmo circuito físico; isto é, quais circuitos têm as mesmas conexões elétricas? Para dar esta decisão você pode achar útil redesenhar alguns dos circuitos.



b. Quantos circuitos diferentes estão representados pelos diagramas acima? Em cada caso identifique as ligações em série e paralelo das lâmpadas e circuitos de lâmpadas.

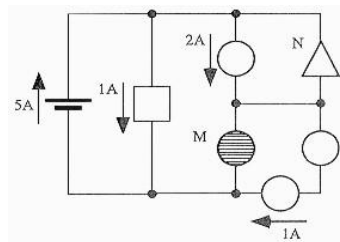
8) O circuito ao lado consiste de uma bateria e quatro lâmpadas idênticas. As setas indicam a direção assumida pela corrente através de certos elementos.

Encontre a corrente através de cada lâmpada.



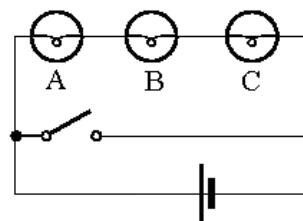
9) O circuito ao lado contém diversos elementos elétricos diferentes. (As diferentes formas representam tipos diferentes de elementos)

Encontre a corrente através dos elementos **M** e **N**.



10) O circuito ao lado possui três lâmpadas idênticas associadas em série e uma chave de resistência desprezível.

Preveja o que ocorre com o brilho das lâmpadas **A**, **B** e **C** quando a chave é fechada.



## Respostas dos Exercícios

1.) Estudante 1.

2.) Estudante 3.

3.) a)  $A > B = C$

b) O brilho de B aumenta e o de A diminui.

c) Estudante 2 possui a resposta mais completa

4.) D e E, C, A e B.

5.) i) 1 e 2, (3,4 e 5) e 6

ii.) mesma ordem.

iii.) 2 se apaga

iv.) 3 aumenta e 6 diminui

7.) a)  $1=4$  e  $2=3$       b.) 2

8.)  $M = 0,25A$  K e  $L = 0,15A$

9.)  $N = 2A$  ;  $M=3A$

10.) A, B e C se apagam

