

**SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE:  
circuitos elétricos simples via simulações computacionais e atividades experimentais.**

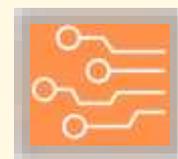
**MATERIAL DIDÁTICO PARA PROFESSORES**

ELABORADO POR: LUCAS ROCHA BARIANI

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ROBINSON CAMPOMANES SANTANA

SINOP/MT, 2022





## APRESENTAÇÃO:

Prezado Professor,

O presente Produto Técnico-Tecnológico (PTT), ou Produto Educacional, tem o propósito de orientá-lo na realização de atividades motivadoras que visam à inserção de práticas em sala de aula. O PTT integra atividades computacionais, por meio de simulações computacionais da plataforma *online* PhET, e atividades experimentais, utilizando a placa de prototipagem Arduino, para o Ensino de Física no Ensino Médio, especificamente para o estudo da eletricidade, focado em circuitos elétricos simples.

Apresenta-se esse PTT dividido em 4 ações:

- 1) Aplicação de um teste prévio (T1), onde são apresentadas 10 questões objetivas com circuitos elétricos simples, para se fazer um diagnóstico das concepções alternativas (CA) ou prévias dos estudantes sobre eletricidade, e oportunizar para que alunos tomem conhecimento de suas concepções;
- 2) Realização de simulação computacional dos circuitos de T1, a partir da plataforma *online* PhET;
- 3) Teste experimental dos circuitos de T1 com um sistema físico, a partir da plataforma microcontrolada Arduino, para validar empiricamente o obtido da simulação computacional.
- 4) Aplicação de um teste posterior (T2), consistindo das mesmas questões do teste T1, somente mudando a numeração e a ordem das alternativas das questões, para desafiar ao aluno à reflexão sobre o seu perfil de concepções (concepção prévia trazida por ele, e a concepção científica construída após a realização das atividades com as simulações e os experimentos dos circuitos).

Um destaque da proposta é a utilização de simulações computacionais e montagem de circuitos a partir do Arduino, para possibilitar que o aluno tenha uma experiência mais ‘concreta’ com a Eletricidade.

Este material faz parte da produção final de curso, enquanto aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGECM), da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), do Campus Universitário de Sinop (CUS). Ele está disponível gratuitamente em versão digital no site oficial do programa. Lá também se encontra uma cópia da versão da Dissertação, com maiores informações. Coloco-me a disposição para dialogar sobre mesmo, esperando *feedback*.

Desde já agradeço a atenção!

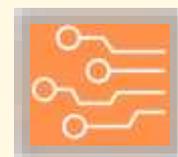
Cordialmente,

Sinop, 2022

Mestrando: Lucas Rocha Bariani

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Robinson Campomanes Santana.

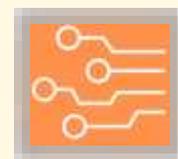




## Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E O PERFIL CONCEITUAL.</b> ..... | <b>4</b>  |
| <b>3. OBJETIVOS</b> .....   | <b>6</b>  |
| 3.1. Objetivo Geral. ....   | 6         |
| 3.2. Objetivos Específicos.....   | 6         |
| <b>4. METODOLOGIA DO MATERIAL</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>5. SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES</b> .....   | <b>8</b>  |
| 5.1. Conceitos básicos da eletricidade. ....  | 8         |
| 5.1.1. Tensão elétrica. ....  | 8         |
| 5.1.2. Fontes de tensão. ....   | 8         |
| 5.1.3. Corrente elétrica. ....  | 9         |
| 5.1.4 Resistência elétrica. ....  | 9         |
| 5.1.5 Curva característica Tensão-Corrente. ....                                    | 9         |
| 5.2. Formação inicial na plataforma Arduino. ....                                   | 10        |
| 5.2.1. Ligar o Arduino e ‘Piscar’ o LED interno. ....                               | 11        |
| 5.2.2. Simular e montar um semáforo para veículos com Arduino .....                 | 15        |
| 5.3. Atividades sobre concepções alternativas.....                                  | 21        |
| 5.3.1. Teste T1 .....   | 22        |
| 5.3.2. Simulações virtuais dos circuitos de T1. ....                                | 25        |
| 5.3.3. Testes com o Arduino dos circuitos de T1.....                                | 35        |
| 5.3.4. Teste 2 (T2) .....   | 39        |
| <b>6. COMENTÁRIOS FINAIS</b> .....  | <b>43</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....   | <b>44</b> |
| <b>APÊNDICE A - PROTOBOARD</b> .....  | <b>46</b> |





## 1. INTRODUÇÃO

Este material trata de uma sequência de atividades para o ensino de eletricidade. Ela foi elaborada para desenvolvimento de ações visando metodologias inovadoras e ativas, permitindo a utilização de tecnologias, como a plataforma *online* PhET e a plataforma Arduino.

Por propor atividades de investigação e manipulação, a sequência se baseia em: incentivar um papel ativo dos alunos, buscar a aprendizagem que vá além dos conceitos teóricos, propiciar a experiência em atividades práticas, e incentivar a autonomia intelectual.

Para isso, a sequência apresenta uma atividade principal, cujos objetivos são: investigação dos conhecimentos prévios que os estudantes trazem sobre conceitos básicos de eletricidade, oportunidade de aprendizagem a partir de atividades manipulativas através de simulações computacionais no PhET e de atividades experimentais no Arduino, e possibilidade de o aluno identificar seu perfil de concepções sobre os tópicos de circuitos elétricos abordados.

Propõe-se a atividade para se trabalhar com as ideias prévias que os alunos trazem para a sala de aula, dividida em:

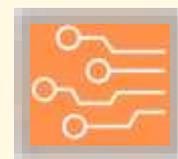
- 1) Aplicação de um teste prévio (T1), onde são apresentados circuitos elétricos simples em 10 questões de múltipla escolha, para se fazer uma sondagem das concepções dos estudantes sobre os conceitos de eletricidade, e permitir que isso fique evidente para os educandos;
- 2) Realização de simulação computacional dos circuitos de T1, a partir da plataforma PhET; e
- 3) Teste empírico dos circuitos através da montagem dos circuitos de T1, usando a plataforma de prototipagem Arduino.
- 4) Aplicação de um teste posterior (T2), onde são apresentados os mesmos circuitos de T1, mas reordenados, para trazer ao aluno seu perfil de concepções (concepção prévia e concepção construída após a realização das atividades envolvendo simulações computacionais e experimentais).

Todas essas ações podem ser entendidas também como um momento formativo nos educandos sobre o que é Ciência e sobre o fazer Ciência.

Além disso, como as atividades experimentais tem como elemento marcante a plataforma Arduino, apresenta-se uma formação inicial, desse sistema e seu funcionamento básico.

Buscou-se também apresentar possibilidades de alterações do planejamento inicial sugerido. Isso justamente para se prezar pela autonomia do professor enquanto responsável pelas atividades, que melhor saberá adequar as ações dessa sequência para a sua realidade de sala de aula.





## 2. REFERENCIAL TEÓRICO: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E O PERFIL CONCEITUAL.

O ensino de eletricidade usualmente encontra uma barreira na sala de aula, as concepções alternativas (CA). São concepções trazidas pelos estudantes que se diferem dos conceitos e saberes aceitos pela comunidade científica (NARDI; GATTI, 2004; GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994). Um exemplo típico dessa situação é a analogia da corrente elétrica com um fluxo de água (um fluido). Se considerarmos, por exemplo, uma corrente elétrica alternada, tem-se poucas características que poderiam fundamentar essa comparação (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994).

As primeiras pesquisas sobre as concepções alternativas que os educandos trazem para as salas de aula se iniciaram a partir dos anos 70. Logo, as tentativas foram de encontrar um modelo em que o estudante mude suas concepções alternativas por uma concepção aceita cientificamente, sendo que o primeiro trabalho que descreve a aprendizagem dos alunos em termos de mudança conceitual foi proposto por Posner e colaboradores (1982).

Muitas críticas foram feitas ao modelo de mudança conceitual de Posner *et al.* (1982). Elas foram importantes para o desenvolvimento das discussões nessa área, de acordo com Nardi e Gatti (2004). Algumas das críticas são dirigidas à noção de substituição existente no modelo de Posner *et al.* (1982). As investigações que se seguiram nessa área não apresentam a ideia de que as concepções prévias são substituídas pelos conceitos científicos (NARDI; GATTI, 2004).

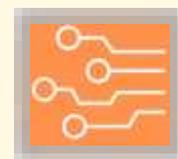
“Os estudantes trazem suas próprias concepções e explicações sobre os fenômenos naturais, baseadas na sua experiência de vida, nas informações bombardeadas todos os dias pela mídia, pelos produtos à venda, etc. O que fazer nesse cenário? Quais os objetivos do ensino de ciências nesse contexto? O professor deve ignorar esses conhecimentos? Deve organizar seu curso de maneira a fazer com que os alunos substituam suas crenças e concepções pelo conhecimento científico? Ou deve possibilitar oportunidades de compreensão da forma científica de pensar o mundo? (SCARPA *et al.*, 2017, p.9)

Mediante esse problema, tem-se um “[...] modelo alternativo para compreender as concepções do estudante [...]: a noção de perfil conceitual.” (MORTIMER, 1996). O perfil conceitual se entende pela noção de que uma relação de ensino e aprendizagem vai possibilitar para o educando a construção de um novo saber (o saber científico), que será agregado ao repertório do aluno. Ou seja, o conhecimento aprendido fará parte do perfil do aluno, passando “[...] a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente [...]” (MORTIMER, 1996, p. 23), e que: “Essa noção permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções [...]” (MORTIMER, 1996, p. 23).

Assim, com esse entendimento, o objetivo do Ensino de Ciência se dá pela compreensão dos conceitos científicos, ao invés de se focar em fazer com que os estudantes acreditem na Ciência. Ou seja, “[...] compreender aquela teoria, sem a pretensão de acreditar, mas entender as razões pelas quais algumas pessoas e comunidade tem compartilhado esse conhecimento.” (SCARPA *et al.*, 2017, p. 17). Portanto, uma proposta de ensino e aprendizagem busca a construção do saber científico, evidenciando que esse saber será agregado ao perfil do aluno.

Além do exposto, o problema com a mudança conceitual seria uma possível supressão dessas concepções trazidas pelos educandos, desprezando assim o conhecimento tradicional. O dilema colocado seria o inerente pensamento de superioridade científica, que poderia escalonar para uma supressão de todo e



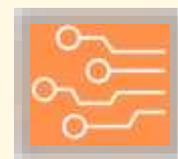


qualquer saber distinto das Ciências (seja cultural, seja religioso, seja filosófico, etc.) (EL-HANI; MORTIMER, 2007; MORTIMER, 1996).

Porém, como relembra El-Hani e Mortimer (2007), a proposta é de coexistência, baseando-se pela ética, que irá direcionar os diálogos e as discussões entre essas visões. Logo, as relações de ensino e aprendizagem devem buscar propiciar ambientes para que se aconteça essa compreensão. Uma vez que houve a aprendizagem científica, se coloca a partir da ética de coexistência as duas visões em diálogos e confrontos.

Um ponto interessante nesse contexto de concepções alternativas seria para o Ensino de Física, para os tópicos de eletricidade. Andrade *et al.* (2018) comenta na recorrência dessas concepções alternativas para a eletricidade, e aponta a necessidade de abordagens didáticas específicas para esses saberes, que busquem lidar com essa recorrência.





### 3. OBJETIVOS

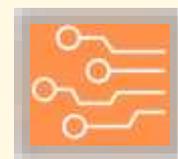
#### 3.1. Objetivo Geral.

Apresentar uma sequência de atividades para o ensino de eletricidade no Ensino Médio sobre circuitos elétricos simples, pautado na implementação de métodos ativos visando a amenização de concepções alternativas dos estudantes sobre eletricidade, por meio de simulações computacionais da plataforma *online* PhET, e atividades experimentais que utilizam a placa microcontrolada Arduino.

#### 3.2. Objetivos Específicos.

- Propor uma situação de aprendizagem para o ensino de eletricidade, com o uso de metodologias que necessitem uma postura ativa do educando;
- Disponibilizar material que oportunize identificar para o aluno seu perfil de concepções, ao final das atividades;
- Fornecer embasamento para os professores utilizarem da melhor forma este material, permitindo que adequem à sua realidade em sala de aula; e
- Apresentar para os alunos, durante as atividades desenvolvidas, noções do que é Ciência e como se faz Ciência.





## 4. METODOLOGIA DO MATERIAL

Este material foi desenvolvido visando oportunizar uma experiência ativa para os educandos do Ensino Médio. Assim, a atividade trata da abordagem das CA dos estudantes sobre eletricidade em circuitos elétricos simples. Tem-se a sequência de atividades, com comentários, para os professores poderem levar o material para as suas salas de aula da forma que melhor se adequa a sua realidade. A sugestão para sua realização é que o professor organize os alunos em grupos.

Assim, material apresenta como sugestão de sequência:

- 1) Aplicar o teste 1 (T1) composta de 10 questões objetivas sobre circuitos elétricos simples para mapear as CA dos estudantes;
- 2) Realizar as simulações computacionais dos circuitos elétricos simples de T1 usando o PhET;
- 3) Realizar a formação inicial na plataforma Arduino;
- 4) Testar os resultados obtidos da simulação computacional via a montagem dos circuitos elétricos de T1 usando a plataforma microcontrolada Arduino; e
- 5) Aplicar o teste 2 (T2) com as mesmas questões de T1 após a aplicação do PTT, visando identificar se houve acréscimo no perfil conceitual dos estudantes, ou seja, a concepção científica relacionada à eletricidade, e seu domínio de aplicação.

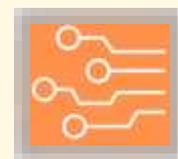
A formação inicial no Arduino é entendida como necessária, pois possibilita que os envolvidos nas atividades se sintam seguros para usar o Arduino, elemento base para as montagens propostas. Em detalhe, essa formação apresenta dois experimentos a serem desenvolvidos, pensados inicialmente para um momento de 2 horas. O primeiro trata sobre a inicialização da plataforma, e o segundo sobre a montagem de um experimento básico que simule o comportamento de um semáforo para veículos.

Sobre as outras ações envolvendo a abordagem de concepções alternativas, ela é dividida em dois momentos (duas aulas de 2 horas cada – para as simulações computacionais no PhET e para as montagens dos circuitos de T1 no Arduino).

Para o desenvolvimento das atividades, recomenda-se que o professor verifique a disponibilidade dos materiais necessários, detalhados nesse material, e que se faça os testes dos experimentos previamente à data em que se irá realizar com os estudantes. Para o desenvolvimento desta sequência são necessários os seguintes recursos:

- Plataforma Arduino UNO;
- Cabo USB de alimentação do Arduino;
- *Notebook*;
- Acesso a *internet*;
- *Software* gratuito do Arduino instalado nos *notebooks*;
- *Protoboard*;
- Cabos conectores (*jumpers*) de diversas cores;
- LEDs convencionais (cores: Vermelha, Amarela e Verde);
- LEDs de 3V (cor única),
- Folhas impressas para os alunos (se julgar necessário);
- Lápis, lapiseira, borracha; e
- Sala com bancadas.





## 5. SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

O material apresenta as propostas para as atividades: formação inicial na plataforma Arduino; e as atividades sobre circuitos elétricos simples no contexto da abordagem das concepções alternativas. Segue as ações, com comentários para auxiliar o professor. O objetivo é oportunizar que o professor melhor adequar este material para sua realidade. Recomenda-se que todas as atividades sejam realizadas em grupos, ou seja, que os alunos participantes sejam divididos em pequenos grupos, além de que o professor teste os experimentos antes de sua realização, e caso tenha qualquer questionamento, ponderação, ou consideração, entre em contato com os elaboradores do material. Além disso, nessa parte do material, antes da apresentação das descrições das atividades, tem-se a apresentação de alguns conceitos teóricos para auxiliar o professor.

### 5.1. Conceitos básicos da eletricidade.

Nesta subseção abordaremos alguns conceitos da eletricidade que serão utilizados nas atividades propostas neste material.

#### 5.1.1. Tensão elétrica.

Tem-se definida como a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito ou elemento de circuito. Simboliza-se de diferentes formas:  $V$ ,  $\Delta V$  ou  $V_A - V_B$ . Neste produto, adota-se por praticidade o símbolo  $V$ . A unidade de medida da grandeza de acordo com o Sistema Internacional (SI) de Medidas é o volt, denotada por V (RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES; 2007).

Em complemento, essa grandeza pode ser definida como a quantidade de energia necessária para transportar uma carga elétrica de um ponto com um potencial elétrico  $V_1$  para outra posição a um potencial elétrico  $V_2$ . Assim, em resumo, tem-se como a grandeza que ‘potencializa’ o funcionamento do circuito, pois ela que fornece as condições necessárias para a condução de corrente elétrica (DORF; SVOBODA, 2012).

#### 5.1.2. Fontes de tensão.

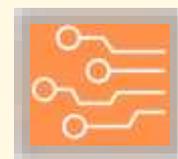
É um dispositivo que fornece uma força eletromotriz (fem) entre dois terminais externos (um denotado pelo símbolo + e o outro pelo símbolo -). Existem fontes de acordo com a saída de tensão que fornecem: se a fem for aproximadamente constante é denominada de fonte de tensão contínua, como é o caso de uma pilha, uma bateria, células solares, entre outros. Por outro lado, quando a tensão é variável, denomina-se fonte de tensão alternada, como a rede elétrica de nossas residências (DORF; SVOBODA, 2012; RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES; 2007).

Figura 1: Exemplo de fonte de tensão.



Fonte: elaborado pelo autor.





### 5.1.3. Corrente elétrica.

É definida como o fluxo de carga elétrica que atravessa um elemento do circuito, devido a uma diferença de potencial que existe nesse elemento. A intensidade de corrente elétrica é denotada por  $I$  ou  $i$  (usaremos ao longo deste trabalho  $i$ ). A unidade de medida para corrente é o ampere, denotada por A (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

Assim, a corrente elétrica é entendida como o movimento ordenado de cargas elétricas. Num circuito elétrico, seu papel é fundamental (RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES; 2007).

### 5.1.4. Resistência elétrica.

Definimos resistência elétrica como a oposição que oferece um elemento de um circuito à passagem de uma corrente elétrica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008). Ela é definida pela relação da tensão aplicada a um elemento de circuito pela corrente que atravessa esse elemento, dada por (RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES; 2007):

$$R = \frac{V}{i} \quad (1)$$

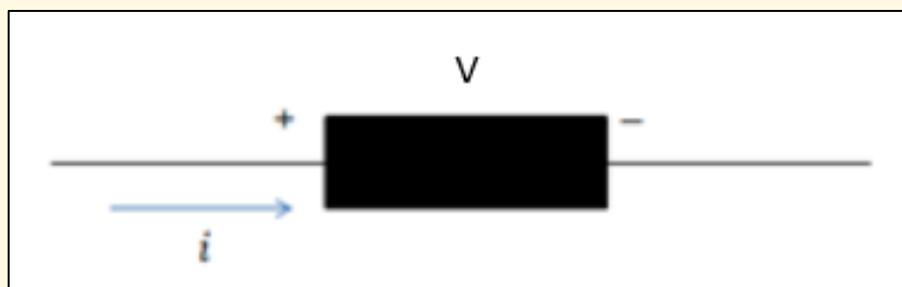
A unidade de resistência elétrica é o:  $ohm = volt/ampere$ , denotado por  $\Omega$ . A resistência de um elemento do circuito depende da geometria e da característica intrínseca desse elemento. Todos os elementos de um circuito apresentam resistência elétrica, sejam resistores, capacitores, indutores, diodos, transistores, entre outros (DORF; SVOBODA, 2012, SEDRA; SMITH, 2007).

Cada um desses elementos apresenta uma resposta diferente quando submetidos a uma tensão variável, obtendo-se correntes que podem variar de formas diferentes. A curva experimental de tensão-corrente de um elemento elétrico é denominada de curva característica. Se essa curva for uma reta que passa na origem se diz que o elemento apresenta comportamento ôhmico, ou seja, a resistência elétrica é constante, independente da tensão aplicada. Se a curva não for essa reta, então o elemento do circuito é denominado não-ôhmico, ou seja, a resistência elétrica não é constante (DORF; SVOBODA, 2012, RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES; 2007).

### 5.1.5. Curva característica tensão-corrente.

Todo componente elétrico, em funcionamento nominal, apresenta o par de grandezas tensão e corrente. Ou seja, ele vai apresentar um valor de tensão elétrica, e um valor de corrente elétrica (DORF; SVOBODA, 2012).

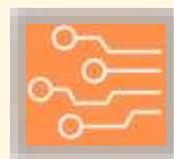
Figura 2: Componente elétrico e suas grandezas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Porém, esses valores não são independentes, eles apresentam uma relação entre si. O gráfico que retrata a relação entre a tensão e a corrente num componente (seja em indutores, capacitores, resistores,



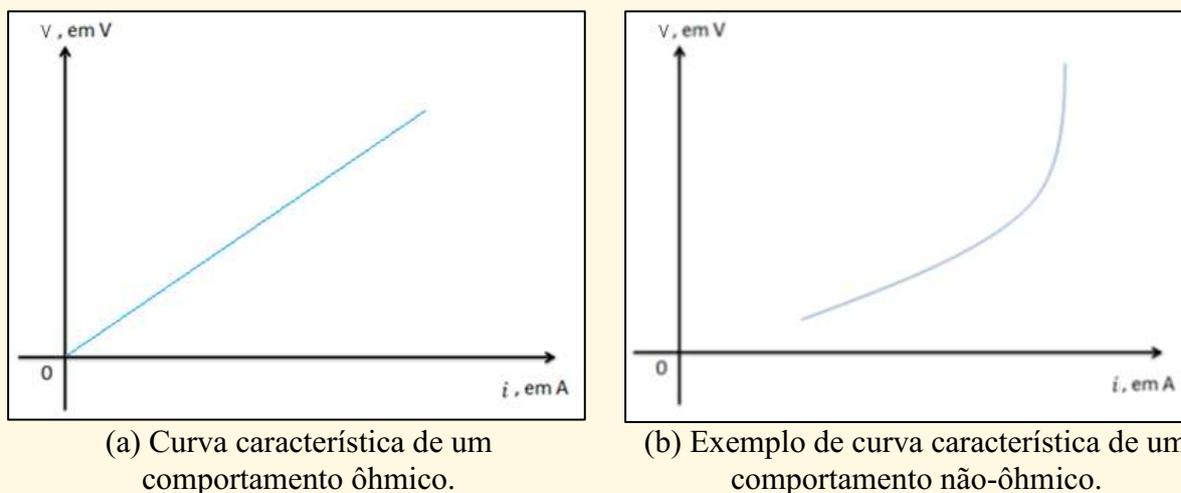


diodos, etc.) é chamado de curva característica (gráfico  $v \times i$ ) (DORF; SVOBODA, 2012, SEDRA; SMITH, 2007).

Quando a curva característica de um material é linear, se diz que o material tem comportamento ôhmico, ou simplesmente material ôhmico. Isto é porque obedece a 1º lei de Ohm, mas é válido apenas para campos elétricos baixos, de forma que a velocidade média de deriva dos portadores (elétrons e buracos) seja pequena em comparação com sua velocidade térmica aleatória (TYAGI, 1991). Alguns desses materiais são importantes tecnologicamente como contatos ôhmicos em semicondutores (GORJI; CHEONG, 2015; TYAGI, 1991).

Para outro formato de curva característica se diz que o material apresenta desempenho não-ôhmico ou material não-ôhmico (RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES; 2007).

Figura 3: Curvas características.



Fonte: elaborado pelo autor.

## 5.2. Formação inicial na plataforma Arduino.

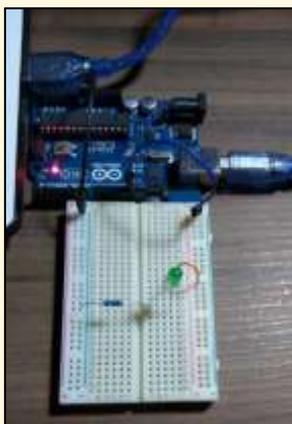
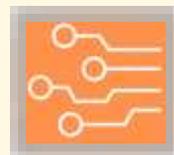
A plataforma Arduino é um sistema microcontrolado, composto por parte física (circuitos eletroeletrônicos) e parte lógica (linguagem de programação) (STEVAN JÚNIOR; SILVA, 2015), sendo grandemente divulgado, e aplicado em diversos contextos, desde o desenvolvimento de pesquisas científicas, como inserido no contexto das abordagens educacionais (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; ROCHA; MARRANGHELLO; LUCCHESI, 2014).

Suas características permitem essa versatilidade de ambientes para implantação, desde experimentos básicos como acender e fazer piscar um LED (Figura 4(a) e 4(b)), até experimentos que coletam dados de sensores e os armazenam em computadores (Figura 4(c)). Ele também se destaca por ter sido desenvolvido prezando a simplicidade e a didática (STEVAN JÚNIOR; SILVA, 2015).

Sua utilização é feita a partir de duas ações: montagem do circuito eletroeletrônico e programação do código a partir do *software* próprio do Arduino (*vide* exemplificação na Figura 4(a) e 4(b)).

Figura 4: Plataforma Arduino.





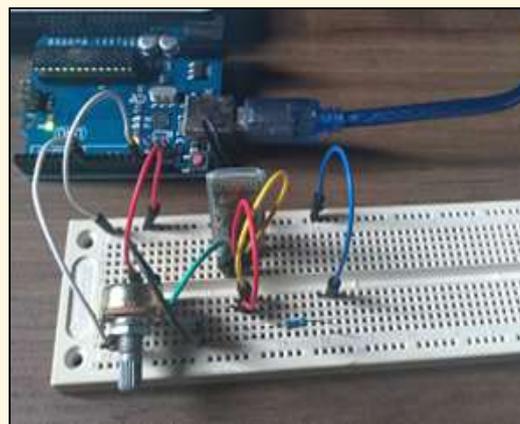
(a) Exemplo de circuito montado com o Arduino: pisca LED.

```
pisca_LED | Arduino 1.8.7
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Carregar
pisca_LED
int led = 13;

void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led, LOW);
  delay(1000);
}
```

(b) Exemplo da programação que controlará o funcionamento para uma aplicação com o Arduino: pisca LED.



(c) Exemplo de circuito montado com o Arduino para coleta de dados.

Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, no contexto do material, esta subseção faz parte da sucessão de atividades propostas, que tem como objetivo apresentar a plataforma Arduino, e servir como um treinamento inicial para os participantes. Tem-se duas etapas básicas, pensadas para uma duração de 2 horas ao total.

Entende-se como necessário que os educandos passem por essa formação inicial na ferramenta digital, para fundamentar as outras atividades experimentais, pois prepara os envolvidos no uso do Arduino, elemento usado na montagem experimental dos circuitos elétricos de T1.

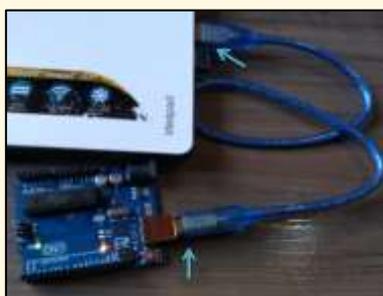
Apesar das atividades experimentais dos circuitos de T1 utilizarem a plataforma apenas como uma fonte (bateria) para os circuitos elétricos, entende-se como necessário apresentar essas atividades de formação para se compreender o Arduino, pensando em familiarizar os participantes com essa tecnologia.

Porém, comenta-se sobre a possibilidade de realizar as atividades dos circuitos elétricos simples substituindo o Arduino por pilhas ou baterias. Por mais que não seja a recomendação desse material, entende-se como uma alternativa, caso o professor julgue adequado.

### 5.2.1. Ligar o Arduino e ‘pisca’ o LED interno.

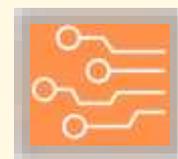
A forma básica de ligar o Arduino é conectando-o ao computador. Por isso, essa primeira etapa busca apresentar esse ponto de partida para utilização do sistema (*vide* Figura 5).

Figura 5: Conexão do Arduino no *notebook*.



Fonte: elaborado pelo autor.





Ou seja, apresenta-se a plataforma Arduino, seu cabo de alimentação USB, e abre-se no *notebook* o *software* gratuito (vide Figura 6 com o *software* aberto e o código dessa atividade).

Figura 6: Página inicial do Arduino com um código digitado.<sup>1</sup>



```
pisca_LED | Arduino 1.8.7
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

pisca_LED

int led = 13;

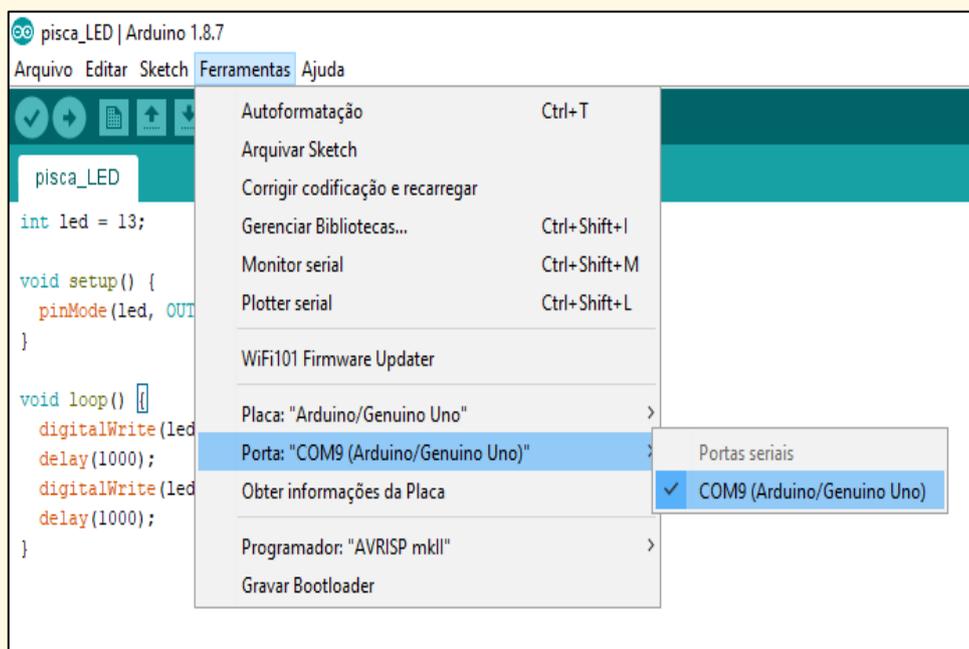
void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led, LOW);
  delay(1000);
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, faz-se as devidas conexões: cabo USB no Arduino e na conexão USB do *notebook*; e as devidas configurações no *software*: no menu ‘Ferramentas’, escolhe-se a porta correta para a comunicação (vide Figura 7 ilustrando esse processo).

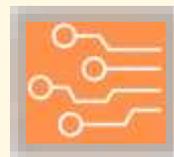
Figura 7: Exemplo de configuração da porta.



Fonte: elaborado pelo autor.

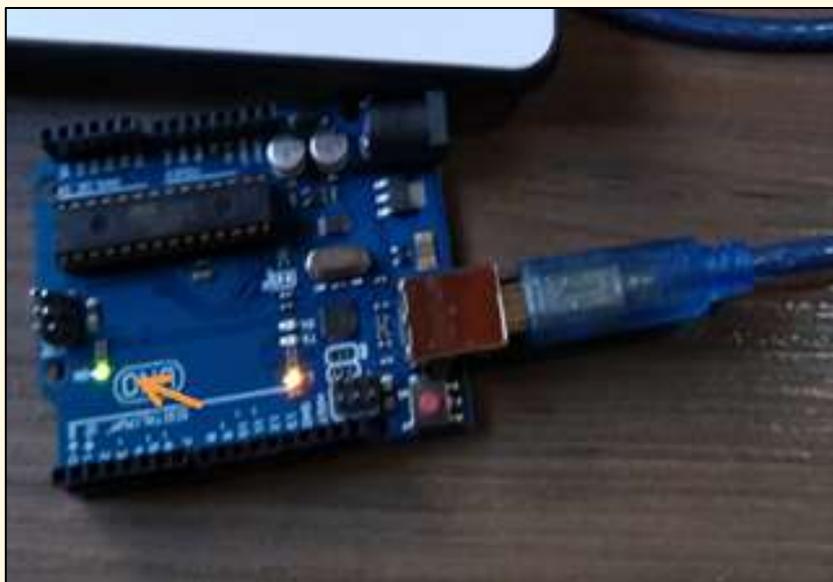
<sup>1</sup> Esse material disponibiliza os programas prontos para o professor, não exigindo experiência em programação para se trabalhar com o Arduino. Posteriormente, caso o professor queira fazer experimentos diferentes, deve entender melhor a programação do Arduino.





Recomenda-se verificar se o Arduino está realmente alimentado, pedindo para os participantes verificarem a luz indicativa para tal (*vide* Figura 8).

Figura 8: Detalhe para a indicação de que o Arduino está corretamente ligado.



Fonte: elaborado pelo autor.

Em seguida, solicita-se a digitação do código disponibilizado nesta etapa, cuja função é piscar o LED interno do Arduino (usualmente localizado no pino digital 13). Ao final, deve-se carregar o código na plataforma, apertando o respectivo botão na *software* (ver Figura 9(a)). Uma vez gravado no Arduino, pede-se que os alunos observem o comportamento do LED (*vide* Figura 6(b))

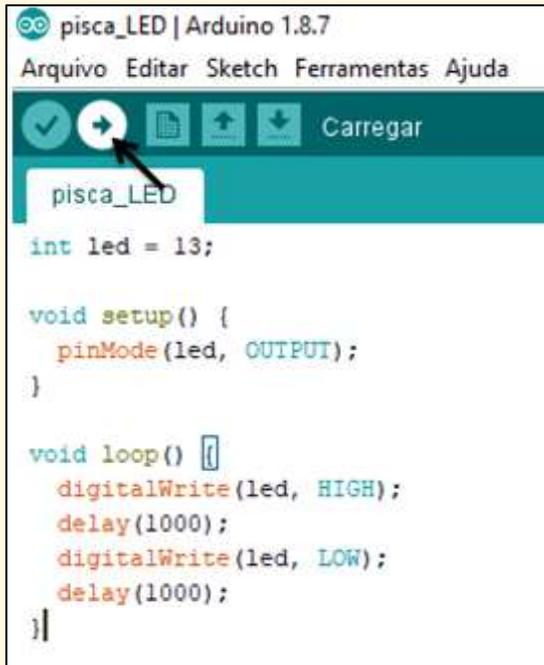
Figura 9: Exemplo no Arduino.<sup>2</sup>

---

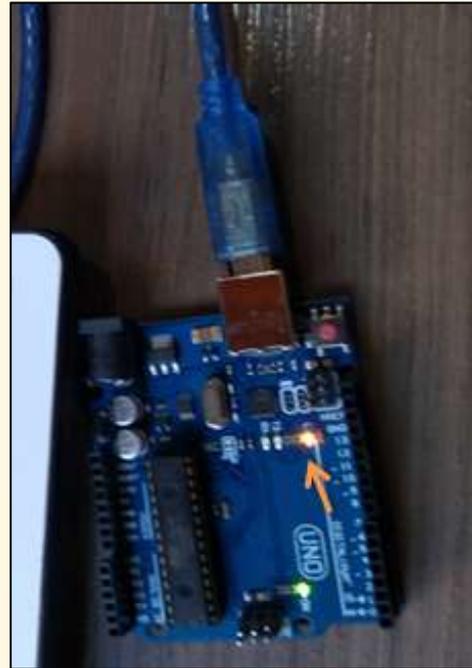
<sup>2</sup> Segue *link* para vídeos demonstrativos desse experimento (programação e montagem): Caso com um clique ele não inicie, copiar o *link* no navegador de *internet*:

<https://drive.google.com/file/d/1LhK-4KFARJrbvxDDSAUhCrKJRkpbcsct/view?usp=sharing>  
[https://drive.google.com/file/d/1smxxC4ffshNqwlTdr4qK\\_SeqPpUzSMsx/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1smxxC4ffshNqwlTdr4qK_SeqPpUzSMsx/view?usp=sharing)





(a) Botão para carregar o código.



(b) Detalhe no LED interno do pino 13.

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, entende-se que ao final da atividade deva-se reforçar os conceitos envolvidos, de que o Arduino é um sistema para usos diversos, e que para isso tem-se que configurar devidamente seu *hardware* e *software*.

Em relação aos materiais necessários:

- 1 Arduino;
- 1 cabo de alimentação USB; e
- 1 *notebook* com o aplicativo do Arduino instalado.

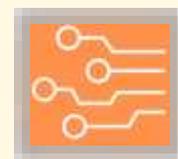
Em relação aos procedimentos:

- Conexão do Arduino no *notebook*;
- Abrir o *software* do Arduino;
- Configurar a porta;
- Digitar o código no *software*;
- Carregar o código no Arduino; e
- Verificar o funcionamento.

Por fim, o código necessário nessa parte:

```
int led = 13;
void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led, LOW);
```



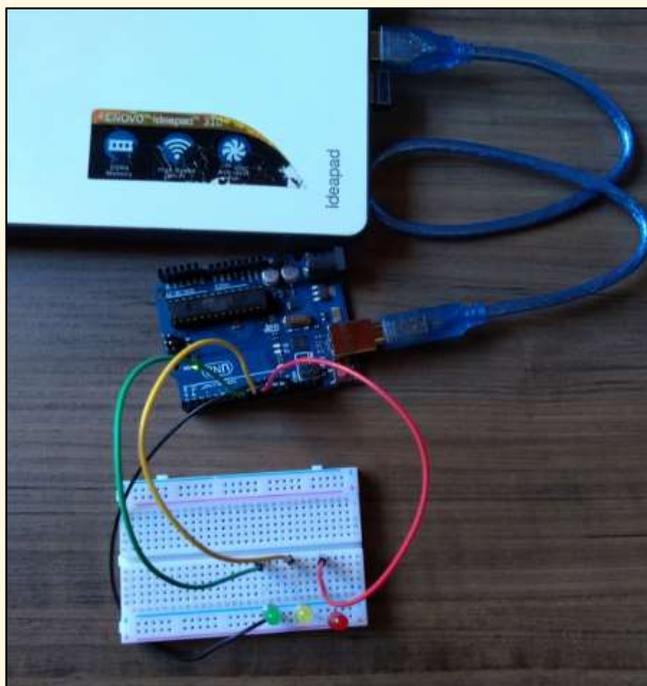


```
    delay(1000);  
}
```

### 5.2.2. Simular e montar um semáforo para veículos com Arduino

Uma implementação básica para os iniciantes no Arduino é a montagem e representação de um semáforo para veículos. Por isso, essa etapa busca apresentar essa típica situação de aprendizagem (vide Figura 10 com a montagem).

Figura 10: Experimento completo montado.



Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se começar perguntando aos alunos sobre o funcionamento de um semáforo: um ciclo de cores (respectivamente: verde, amarelo e vermelho), cada uma ficando acesa por um período de tempo.

Assim, o primeiro passo é a montagem do circuito externo, que simulará o semáforo, e será conectado no Arduino.

Para isso, serão necessários: 1 *protoboard*, 1 LED verde, 1 LED vermelho, 1 LED amarelo, 1 cabo de conexão vermelho, 1 cabo de conexão verde, 1 cabo de conexão amarela, e 1 cabo de conexão preto.

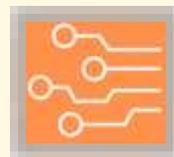
O primeiro passo é comentar com os alunos sobre a *protoboard*. Como elemento central para se fazer as conexões e as montagens, os alunos devem compreender minimamente como se utiliza este elemento.

Para isso, o professor pode entregar a *protoboard* para os alunos, e pedir para eles observarem as características e elementos durante a sua fala. No apêndice A desta publicação tem-se um material complementar sobre *protoboard*, para auxiliar o professor.

Em resumo, a *protoboard* é uma placa de auxílio para conexões elétricas, composta por trilhas, em que se conectam os componentes e os cabos (ver Figura 10, com a placa *protoboard* branca contendo os LEDs e os cabos que conectam os LEDs com o Arduino). As trilhas da *protoboard* funcionam como um nó do circuito separado em vários pontos de conexão, facilitando na montagem.

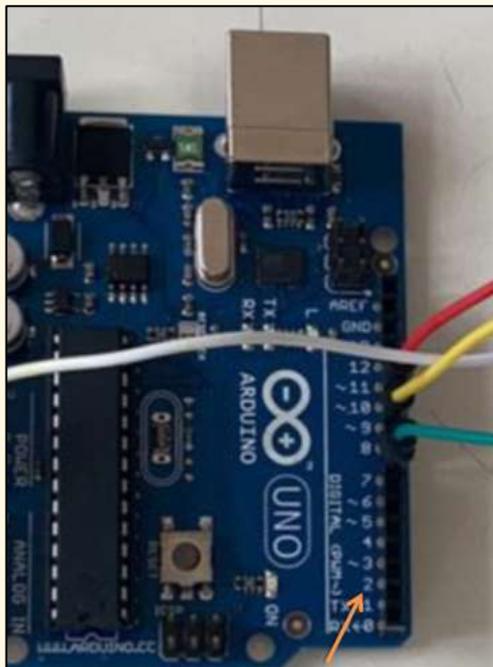
Com isso, pede-se para montar o circuito. Pode-se começar com a conexão de cada LED num pino de saída digital do Arduino diferente (conforme detalhes na Figura 11) (nesse material, pinos 8, 9 e 10 respectivamente para os LEDs verde, amarelo e vermelho). Este passo serve também para o professor



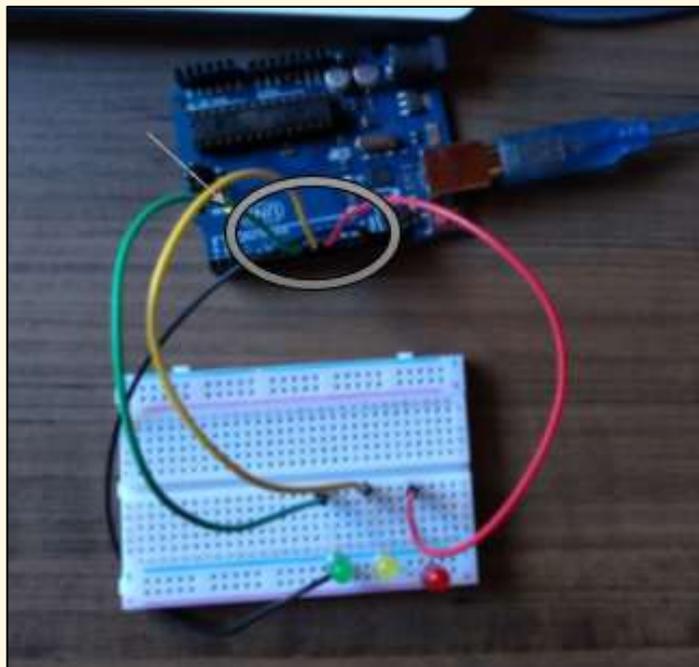


comentar sobre o que seriam os pinos digitais do Arduino, ou seja, pinos que trabalham apenas com sinais binários, que num momento estão em nível ALTO (ligado, fornecendo corrente), e noutro em nível BAIXO (desligado, não fornecendo corrente) (*vide* Figura 11 com detalhes exemplificando o exposto).

Figura 11: Detalhes do experimento.



(a) Detalhe dos pinos digitais do Arduino.



(b) Detalhe para as conexões nos pinos digitais entre o Arduino e a *proto*board.

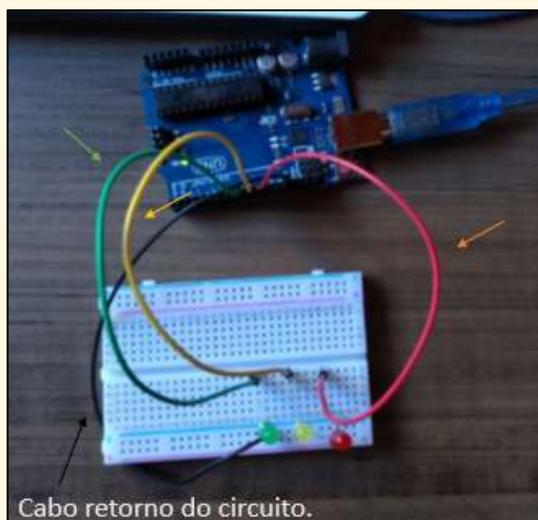
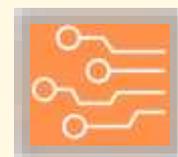
Fonte: elaborado pelo autor.

Assim, conecta-se uma ponta do cabo vermelho no pino 10, uma ponta do cabo amarelo no pino 9, e uma ponta do cabo verde no pino 8, sendo que as outras pontas dos cabos irão cada uma para uma trilha diferente da *proto*board.

Convém ressaltar nesse passo a escolha proposital das cores dos cabos, para coincidir com o LED em que serão conectados. Pode-se ponderar sobre a relevância prática disso, pois ajuda na identificação dos elementos do circuito, facilitando durante possíveis revisões e intervenções no mesmo. Por exemplo, numa instalação elétrica residencial, recomenda-se que os cabos de neutro sejam da cor azul, que os cabos de fases sejam da cor vermelha ou preta, e que os cabos de proteção PE sejam da cor verde, ou verde-amarelo (*vide* Figura 12).

Figura 12: Detalhe para os cabos e suas cores.





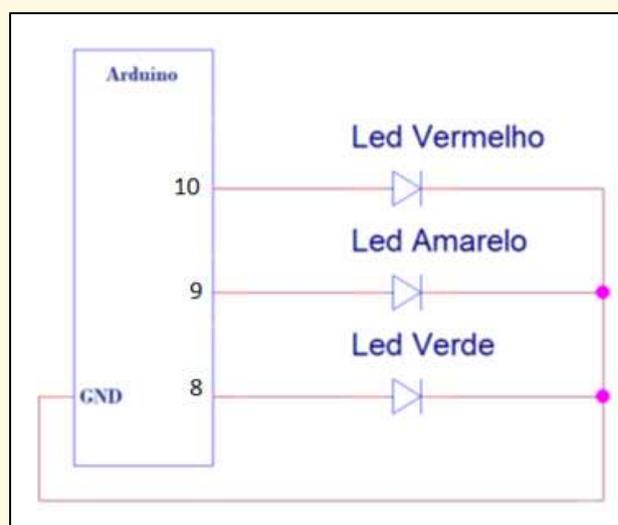
Fonte: elaborado pelo autor.

Com os cabos nas trilhas da *protoboard*, conecta-se na mesma trilha de cada cabo os polos positivos do respectivo LED (tradicionalmente, o pino de maior comprimento do LED) (ver Figura 13(a)). E, para finalizar, conecta-se os polos negativos dos LEDs numa outra trilha que será compartilhada, para o retorno do circuito. Nessa trilha tem-se também o cabo preto, que será conectado no pino GND do Arduino, para servir como retorno do circuito (ver esquemático da Figura 13(b) e retomar a Figura 12 para exemplificar).

Figura 13: Detalhes e esquemático.



(a) Detalhe para os LEDs, com o pino maior sendo o polo positivo, e o menor o negativo.



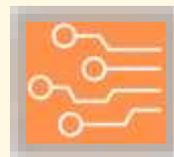
(b) Esquemático do circuito do semáforo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com o circuito montado, pode-se ligar o Arduino no computador. Faz-se as devidas conexões: cabo USB no Arduino e numa porta USB do *notebook*, e as devidas configurações no *software*: no menu 'Ferramentas', escolhe-se a porta correta para a comunicação.

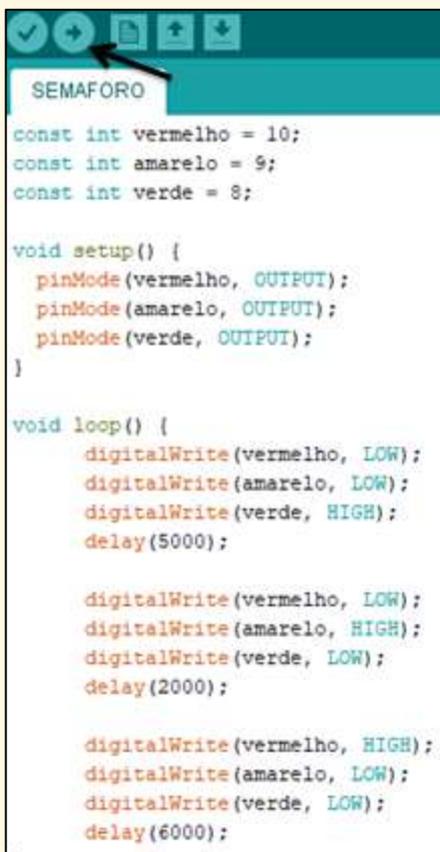
Recomenda-se, sempre, verificar se o Arduino está realmente alimentado, pedindo para os participantes verificarem a luz indicativa para tal.





Em seguida, solicita-se a digitação do código disponibilizado nesta etapa, cuja função é simular um semáforo no circuito externo montado. Ao final, deve-se carregar o código na plataforma, apertando o respectivo botão do *software* (ver Figura 14).

Figura 14: Detalhe para o botão do *software*.



```
SEMAFORO

const int vermelho = 10;
const int amarelo = 9;
const int verde = 8;

void setup() {
  pinMode(vermelho, OUTPUT);
  pinMode(amarelo, OUTPUT);
  pinMode(verde, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(vermelho, LOW);
  digitalWrite(amarelo, LOW);
  digitalWrite(verde, HIGH);
  delay(5000);

  digitalWrite(vermelho, LOW);
  digitalWrite(amarelo, HIGH);
  digitalWrite(verde, LOW);
  delay(2000);

  digitalWrite(vermelho, HIGH);
  digitalWrite(amarelo, LOW);
  digitalWrite(verde, LOW);
  delay(6000);
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

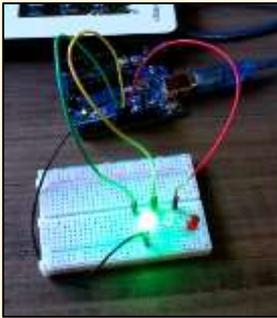
Por fim, verifica-se se o experimento está funcionando (*vide* Figura 15). Erros comuns que podem ocorrer são: inverter os polos dos LEDs; não coincidir os pinos digitais utilizados no circuito com os pinos digitados no código; e não conectar o cabo de retorno no GND.

Figura 15: Comportamento dos LEDs.<sup>3</sup>

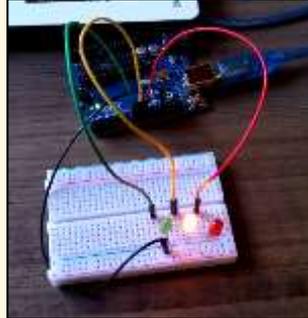
<sup>3</sup> Segue *link* para vídeos demonstrativos desse experimento (programação e montagem): Caso com um clique ele não inicie, copiar o *link* no navegador de *internet*:

<https://drive.google.com/file/d/14FuwQWRzx3q-7EYM7GQaEqBUvEn2eyvu/view?usp=sharing>  
[https://drive.google.com/file/d/1Xi94VqzgU8o4qxIyHkcCgylNdegJ\\_eZG/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1Xi94VqzgU8o4qxIyHkcCgylNdegJ_eZG/view?usp=sharing)

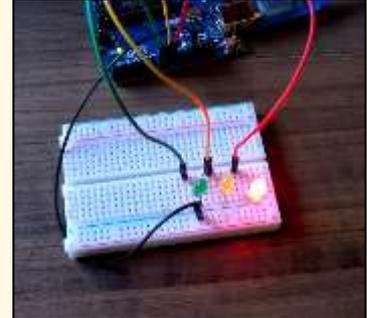




(a) LED verde aceso.



(b) LED amarelo aceso.

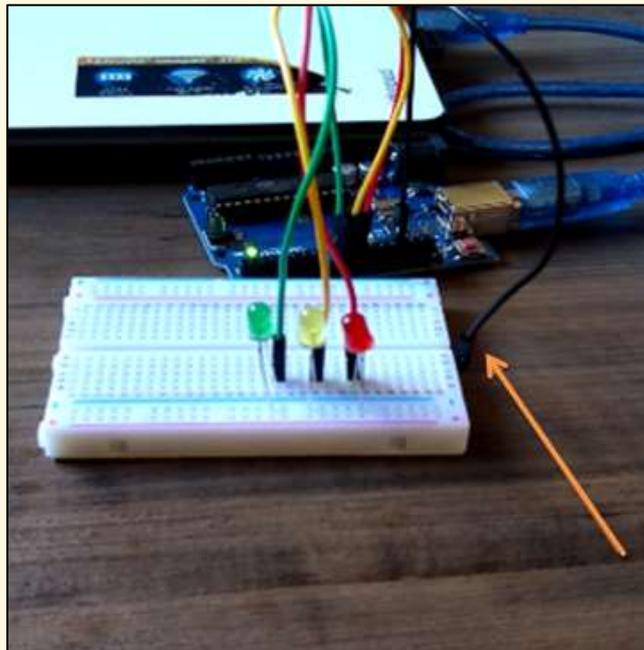


(c) LED vermelho aceso.

Fonte: elaborado pelo autor.

Um último comentário que se pode fazer nessa etapa é que após a correta realização do experimento, com tudo ligado e conectado, pode-se pedir para os alunos retirarem o cabo de retorno da *protoboard* (ver Figura 16). Consequentemente, os LEDs vão apagar. Isso seria para evidenciar o princípio básico de um circuito elétrico: um caminho fechado através da interconexão de componentes elétricos para a circulação de corrente. Como o retorno do circuito foi desconectado, não se teria mais um caminho fechado, logo não se tem a circulação de corrente.

Figura 16: Detalhe para o cabo de retorno desconectado, não fechando o circuito.

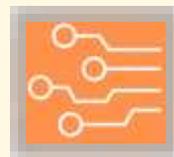


Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação aos materiais necessários:

- 1 Arduino;
- 1 cabo de alimentação USB;
- 1 *notebook* com o aplicativo do Arduino instalado;
- 1 *protoboard*;
- 4 cabos de conexão (um verde, um amarelo, um vermelho e um preto);
- 1 LED vermelho;





- 1 LED verde; e
- 1 LED amarelo.

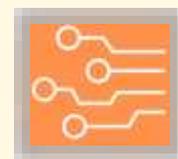
Em relação aos procedimentos:

- Montagem do circuito na *protoboard*;
- Conectar o circuito na plataforma Arduino;
- Configurar a porta de comunicação do Arduino com o *software*;
- Digitar o código apresentado no aplicativo do Arduino no *notebook*;
- Carregar o código no Arduino; e
- Verificar o funcionamento.

Segue o código necessário nessa parte:

```
const int verde = 8;
const int amarelo = 9;
const int vermelho = 10;
void setup() {
  pinMode(verde, OUTPUT);
  pinMode(amarelo, OUTPUT);
  pinMode(vermelho, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(verde, LOW);
  digitalWrite(vermelho, HIGH);
  digitalWrite(amarelo, LOW);
  delay(3000);
  digitalWrite(verde, HIGH);
  digitalWrite(vermelho, LOW);
  digitalWrite(amarelo, LOW);
  delay(3000);
  digitalWrite(verde, LOW);
  digitalWrite(vermelho, LOW);
  digitalWrite(amarelo, HIGH);
  delay(1000)
}
```





### 5.3. Atividades sobre concepções alternativas

O roteiro proposto para esta parte da sequência de atividades é:

1. Aplicação de um teste 1 (T1), para mapear as concepções prévias dos participantes, onde são apresentados circuitos elétricos simples e faz-se uma sondagem das concepções dos estudantes;
2. Realização de simulação computacional para testar os circuitos, a partir da plataforma PhET;
3. Teste dos circuitos com um sistema físico, usando o Arduino; e
4. Aplicação de um teste 2 (T2), que apresenta os mesmos circuitos de T1, mas reordenados, cujo objetivo é investigar a evolução do educando.

Ou seja, intenta-se por uma experiência que evidencia os pressupostos trazidos pelos estudantes para a sala de aula sobre eletricidade através de T1, e que eles sejam confrontados com as simulações computacionais no PhET e as montagens no Arduino. Ao final, com T2, se analisará a evolução dos alunos, comparando com as respostas dadas em T1.

A simulação computacional com o PhET e o teste com o Arduino tem a função de propor uma relação de ensino e aprendizagem sobre os conceitos científicos dos circuitos elétricos simples apresentados, a partir do ciclo de investigação do conhecimento, primeiro com a simulação computacional e depois com a montagem da atividade experimental.

Essas duas ações (simulações no PhET e montagens com o Arduino) foram pensadas para se complementarem. Inicialmente, com as simulações computacionais, se terá uma prévia do comportamento do fenômeno, mas com a ressalva de não ser um sistema físico real. Isso faz com que seja necessário um teste empírico na sequência (ainda mais no contexto de aprendizagem de Ciências e como se faz Ciência). Portanto, na sucessão das atividades, com o sistema eletroeletrônico Arduino e o comportamento dos experimentos nesse sistema real, poderá se chegar considerações mais embasadas.

Tem-se também os testes T1 e T2. Esses testes se baseiam em perguntas de múltipla escolha, todas envolvendo circuitos elétricos simples. Os enunciados e as alternativas foram elaborados evitando termos técnicos e científicos, justamente para se tentar chegar ao que o aluno realmente entende sobre os princípios de eletricidade.

Pensa-se que o primeiro encontro seria de 2 horas, iniciando a aula com a aplicação de T1. Ele seria recolhido, e o professor o manteria guardado. Em seguida, já se inicia a apresentação do PhET e as simulações computacionais dos circuitos elétricos das questões do teste T1.

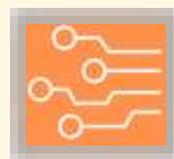
Recomenda-se que se incentive a comparação das simulações virtuais do PhET com as respostas dadas pelos educandos em T1, mas que o professor não responda a nenhum questionamento de forma categórica, afirmando a concepção científica por trás do resultado computacional. Deve-se levá-los a reflexão de que se trata de resultados de simulações virtuais, e que seria necessário o teste a partir de um sistema físico real para consolidar suas impressões. Teste esse que seria com a plataforma Arduino, numa segunda aula, também com uma duração pensada de 2 horas. A finalização da sequência de atividades seria num terceiro momento, com a aplicação de T2 (estima-se um tempo de 20 a 30 minutos para sua realização).

Os testes T1 e T2 encontram-se a seguir neste material (cada uma numeração própria nas Figuras), juntamente com as explicações para as simulações no PhET e os testes no Arduino. As questões de T2 são as mesmas de T1, mas reordenadas. Segue Quadro 1 comparando as questões

Quadro 1 – Comparativo entre as perguntas dos testes.

| Número da pergunta em T1. | Respectiva pergunta em T2. |
|---------------------------|----------------------------|
| 1                         | 3                          |
| 2                         | 4                          |
| 3                         | 7                          |
| 4                         | 8                          |





|    |    |
|----|----|
| 5  | 1  |
| 6  | 2  |
| 7  | 9  |
| 8  | 10 |
| 9  | 5  |
| 10 | 6  |

Fonte: elaborado pelo autor

### 5.3.1. Teste T1

A seguir vamos a considerar o teste composto de uma lista de questões. Vamos considerar as situações ideais:

- i. A bateria não apresenta resistência interna e fornece uma diferença de potencial constante ao circuito;
- ii. Todas as lâmpadas são iguais e o brilho destas aumenta com o aumento da intensidade da corrente elétrica que circula através dela;
- iii. Os fios condutores que unem a bateria e as lâmpadas não apresentam resistência elétrica.

Na Figura 1 se apresenta um circuito com uma fonte de tensão e uma lâmpada  $L_0$ . Esta lâmpada está ligada e apresenta uma determinada intensidade de seu brilho:



Figura 1

1) Do circuito da Figura 2, pode-se afirmar que:

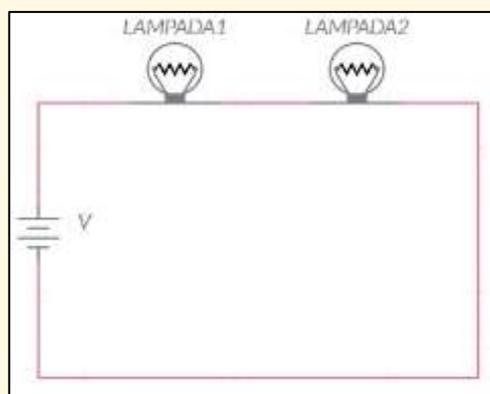
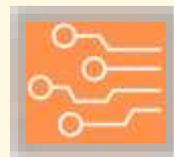


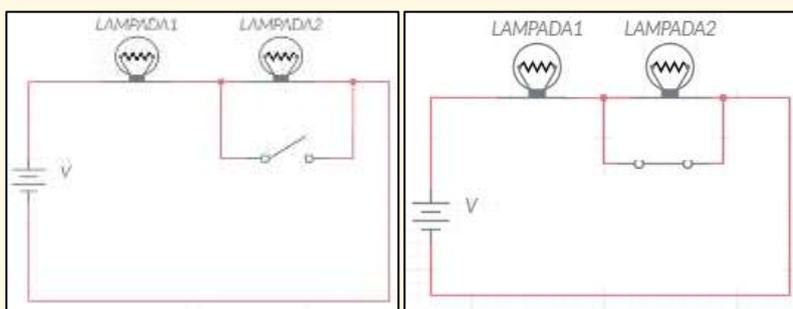
Figura 2

a) A lâmpada  $L_1$  brilha mais que a lâmpada  $L_2$ .





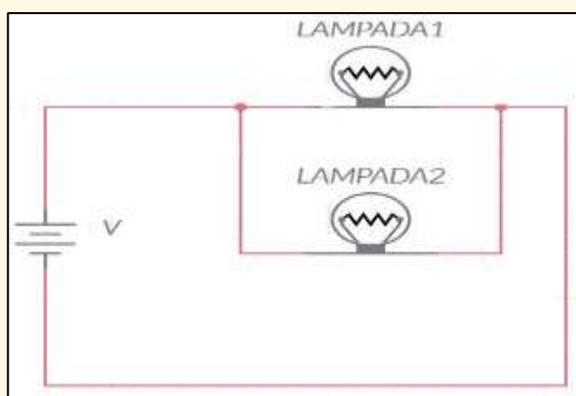
- b) A lâmpada L1 brilha menos que a lâmpada L2.
  - c) As lâmpadas L1 e L2 apresentam o mesmo brilho.
- 2) Em relação à questão anterior pode-se afirmar que:
- a) A lâmpada L1 apresenta maior brilho que a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1.
  - b) A lâmpada L1 apresenta igual brilho que a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1.
  - c) A lâmpada L1 apresenta menor brilho que a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1.
- 3) No circuito da Figura 2 coloca-se um interruptor abaixo da lâmpada L2 (Figura 3.a) que será acionado ficando conectado conforme Figura 3.b; o que acontece agora?



**Figura 3.a**

**Figura 3.b**

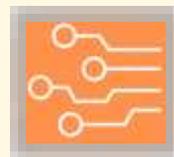
- a) O brilho da lâmpada L2 é igual à lâmpada L1.
  - b) O brilho da lâmpada L2 é menor à lâmpada L1.
  - c) O brilho da lâmpada L2 desaparece.
- 4) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L1 (Figura 3.b) comparada a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Maior.
  - b) Menor.
  - c) Igual.
- 5) Considerando a Figura 4, assinale a alternativa verdadeira sobre o comportamento das lâmpadas.



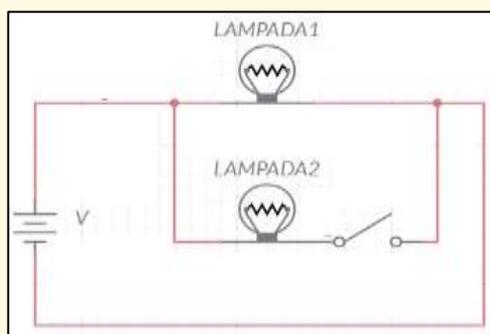
**Figura 4**

- a) A lâmpada L2 brilha mais que a lâmpada L1.



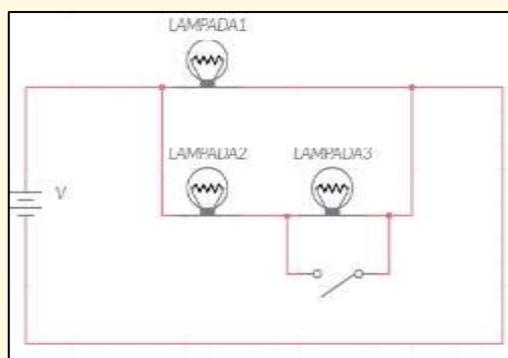


- b) A lâmpada L2 brilha menos que a lâmpada L1.
  - c) A lâmpada L2 brilha igual à lâmpada L1.
- 6) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L1 (Figura 4) comparada à lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Maior.
  - b) Igual.
  - c) Menor.
- 7) No circuito da Figura 4 coloca-se um interruptor à direita da lâmpada L2 (ver Figura 5); nessa situação o que acontece?

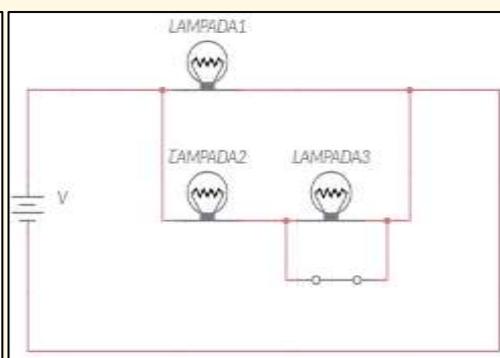


**Figura 5**

- a) O brilho da lâmpada L2 é igual à lâmpada L1.
  - b) O brilho da lâmpada L2 é menor à lâmpada L1.
  - c) O brilho da lâmpada L2 desaparece.
- 8) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L1 (Figura 5) comparada a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Igual.
  - b) Maior.
  - c) Menor
- 9) Considerando a conexão de três lâmpadas a seguir, marque a alternativa com a afirmação correta:



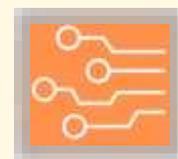
**Figura 6.a**



**Figura 6.b**

- a) Após o acionamento do interruptor (Figura 6.b) a lâmpada L3 irá apagar.





- b) Antes do acionamento do interruptor (Figura 6.a) a lâmpada L3 irá apagar.
- c) Antes do acionamento do interruptor (Figura 6.a) nenhuma lâmpada acenderá.

10) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L2 (Figura 6.a) comparada a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:

- a) Menor.
- b) Igual.
- c) Maior.

### 5.3.2. Simulações virtuais dos circuitos de T1.

A simulação computacional é entendida como o uso de técnicas aplicadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de uma operação ou processo do mundo real. Nesse processo, inevitavelmente tem-se aproximações e pressupostos sendo considerados para o *software*, caracterizando como uma modelagem do real (HEIDEMANN; ARAÚJO; VEIT, 2012).

Tem-se que a importância da simulação computacional está na praticidade, pois, permite fazer uma previsão (através de diversos testes) do comportamento de um sistema ou fenômeno de maneira digital (sem a necessidade da construção ou implementação de algo físico/material), utilizando-se apenas o sistema computacional adequado. Além disso, permite uma economia, pois se utiliza um sistema ou se trabalha um fenômeno (mesmo que inicialmente), sem a necessidade de construir ou implementar algo físico/material, evitando esse (elevado) custo (TAVARES, 2017).

O Physics Education Technology (PhET) é uma plataforma *online* de sistemas computacionais para simulação, que possibilita trabalhar com Matemática e Ciências, prezando pela interatividade, com incentivo a postura ativa dos estudantes e a contextualização prática dos saberes, sendo uma plataforma gratuita e livre, um Recurso Educacional Aberto (REA) (UNIVERSITY OF COLORADO, 2021).

Para uso e acesso, basta acessar o *link*: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) (página em português do Brasil), e usar os simuladores para a atividade que se deseja trabalhar. Tem-se um *menu* bem intuitivo para esse acesso, além de possuir vídeos explicativos para cada um (UNIVERSITY OF COLORADO, 2021) (ver Figura 17 e 18).

Figura 17: *Menu* para acesso aos simuladores do PhET, já na página inicial da plataforma *online*.



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.



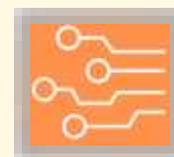


Figura 18: Exemplos de simuladores presentes no PhET.

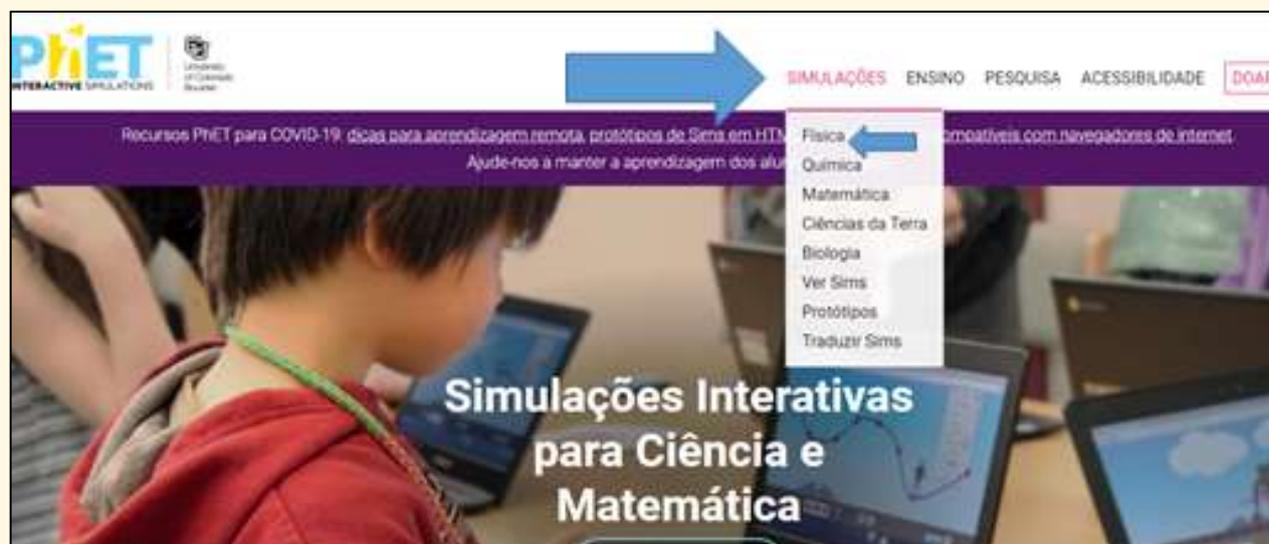


Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

Tem-se a proposta de que os educandos façam a simulação computacional através da plataforma *online* PhET dos circuitos do teste 1. Espera-se com essa etapa que eles possam exercitar o caráter questionador e de curiosidade das Ciências. Conforme instruções iniciais, indica-se ao professor que os questione sobre as suas respostas em T1, fazendo isso primeiramente com simulações virtuais.

Para isso, o primeiro passo é acessar a página inicial da plataforma, através do *link* [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) (*link* para a página em português do Brasil). Na sequência, a partir do *menu* Simulações, acessa-se os simuladores de Física (*vide* Figuras 19 e 20).

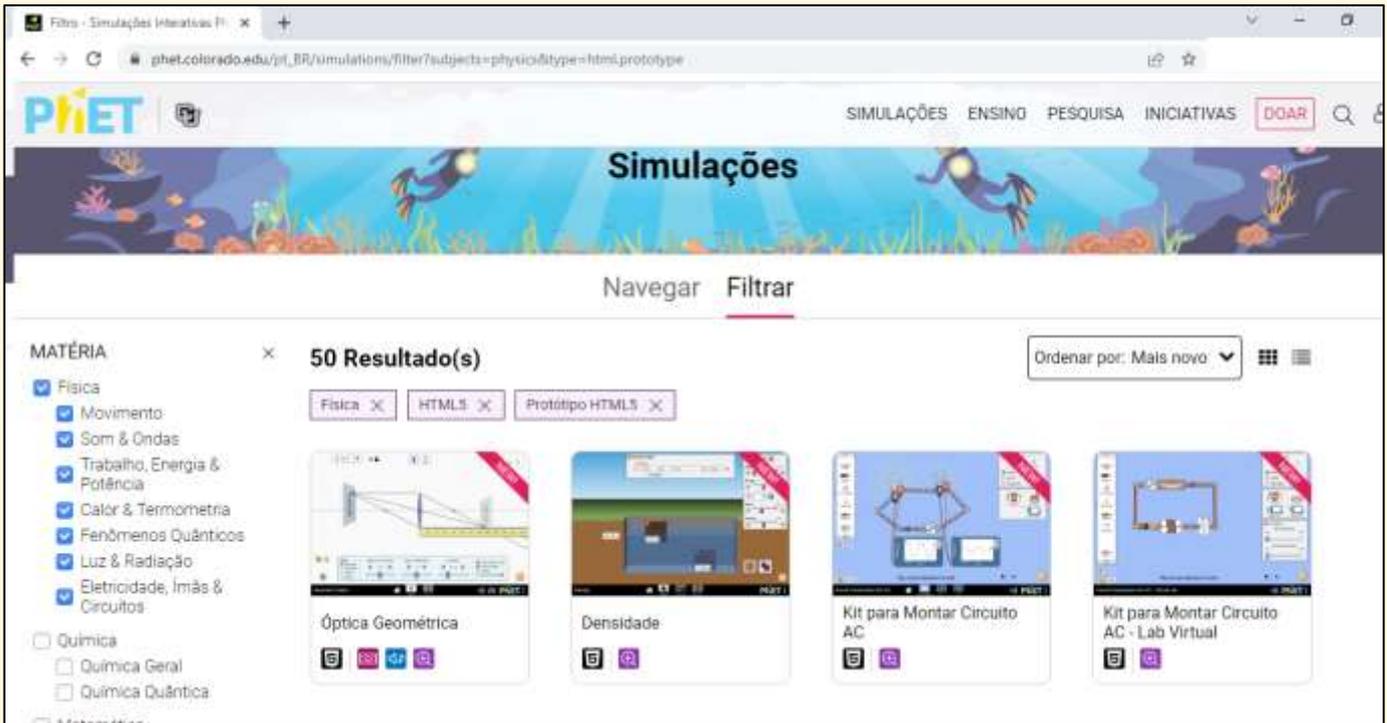
Figura 19: *Menu* para acesso aos simuladores do PhET, já na página inicial.



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

Figura 20: Página dos simuladores de Física.

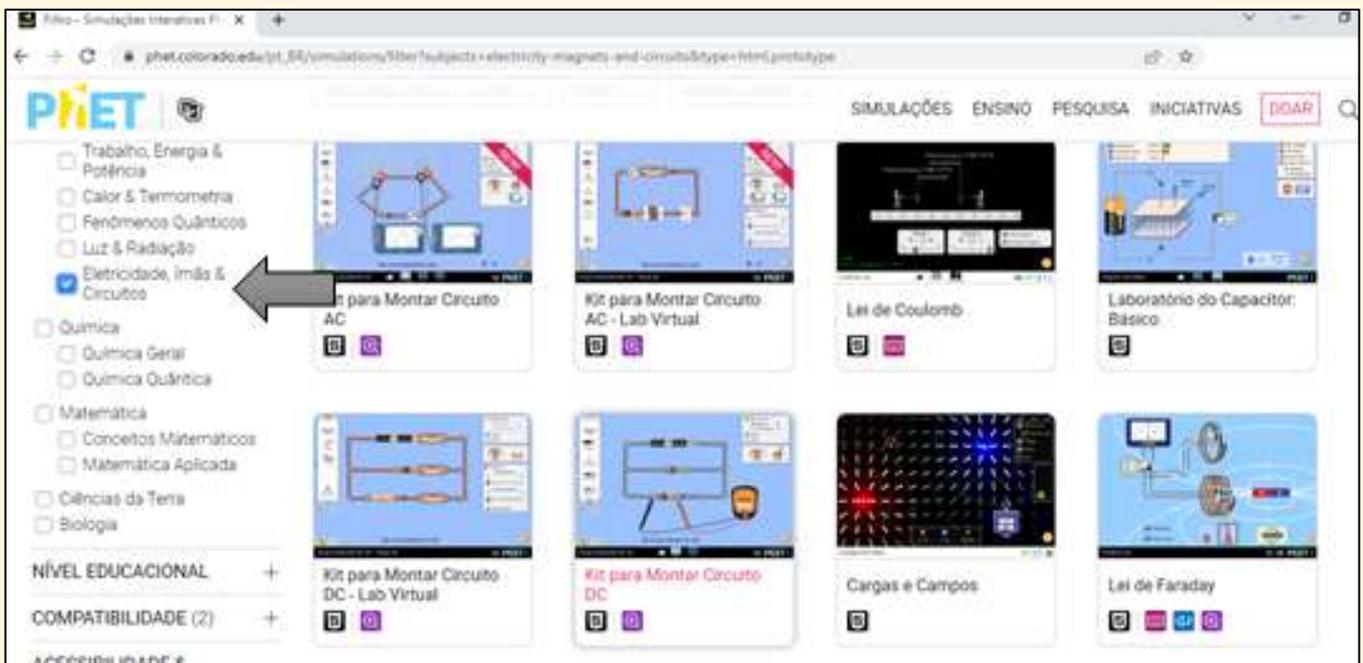




Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

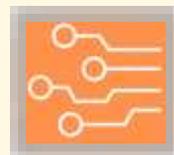
Como a proposta é para trabalhar com eletricidade, seleciona-se no *menu* lateral o item Eletricidade, Ímãs & Circuitos (ver Figura 21).

Figura 21: Simuladores do tópico Eletricidade, Ímãs & Circuitos.



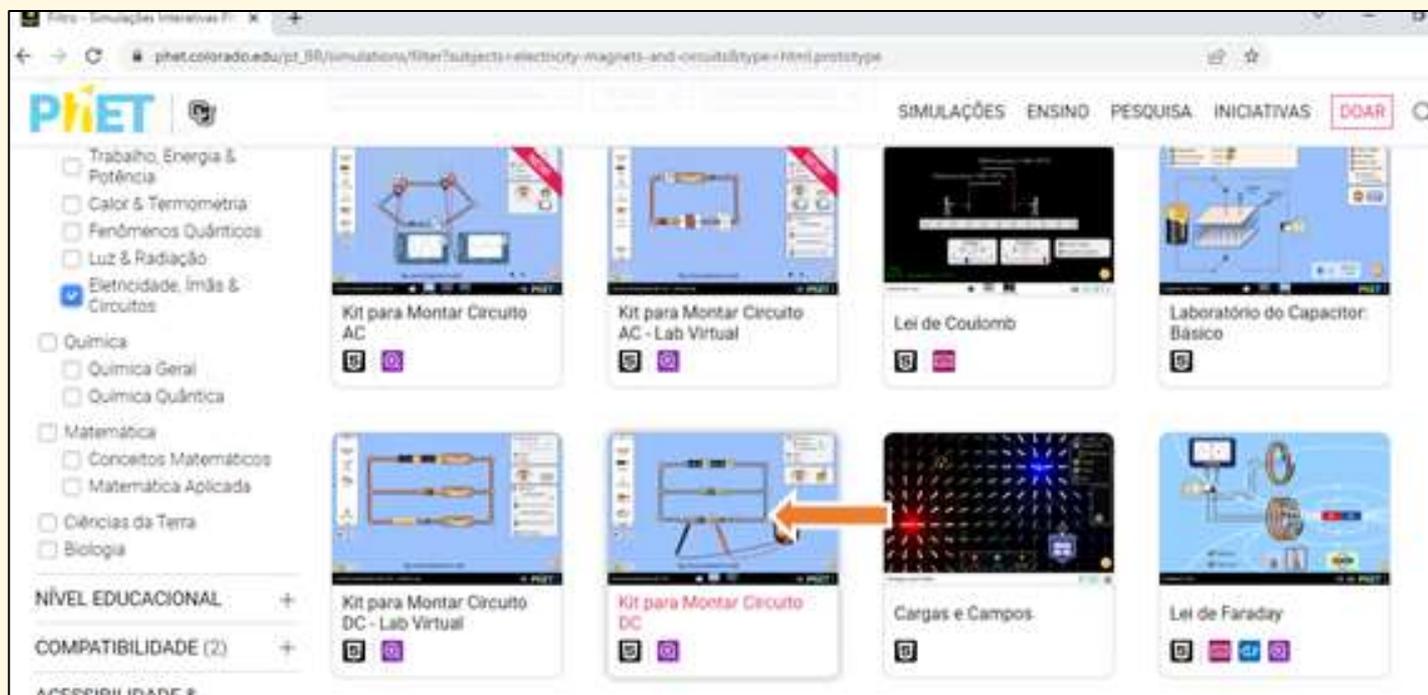
Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.





O simulador específico para a proposta é o Kit para Montar Circuito DC (vide Figuras 22 a 26, exemplificando como acessar esse simulador).

Figura 22: Simuladores do tópico Eletricidade, Ímãs & Circuitos.



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

Figura 23: Simulador Kit para Montar Circuito DC, com seu botão de acesso.



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.



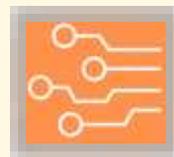
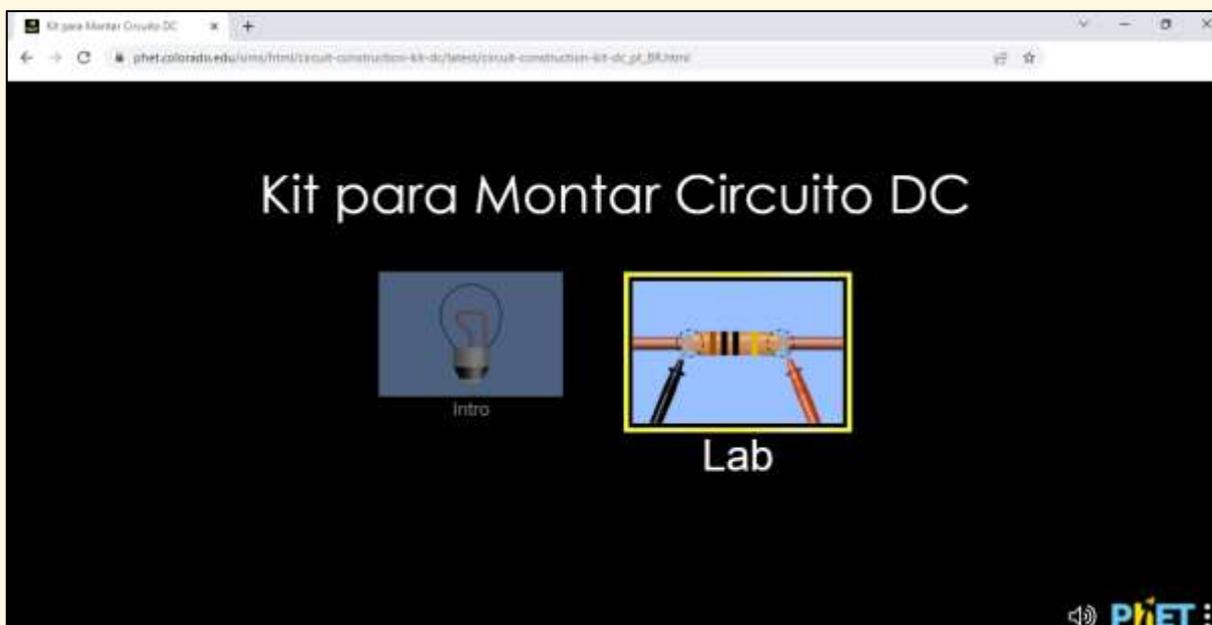


Figura 24: Página de *loading* do simulador.



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

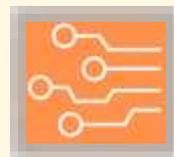
Figura 25: Página inicial do simulador. Clicar no menu Lab.



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

Figura 26: Página inicial do Lab do simulador.





Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

O Lab do simulador é o ambiente em que serão montados os circuitos a serem simulados. Ele apresenta o menu com os componentes à esquerda, o menu do voltímetro e amperímetro a direita, e o menu de indicações e marcações também à direita (ver Figura 26).

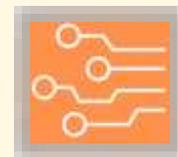
Nesse simulador, seu manuseio começa com a montagem do circuito que se deseja simular. Para isso, deve-se clicar no componente de interesse no menu à esquerda, e arrastar para área de montagem do simulador (fundo azul) (exemplo na Figura 27).

Figura 27: Exemplo de componentes arrastados para a área de montagem.



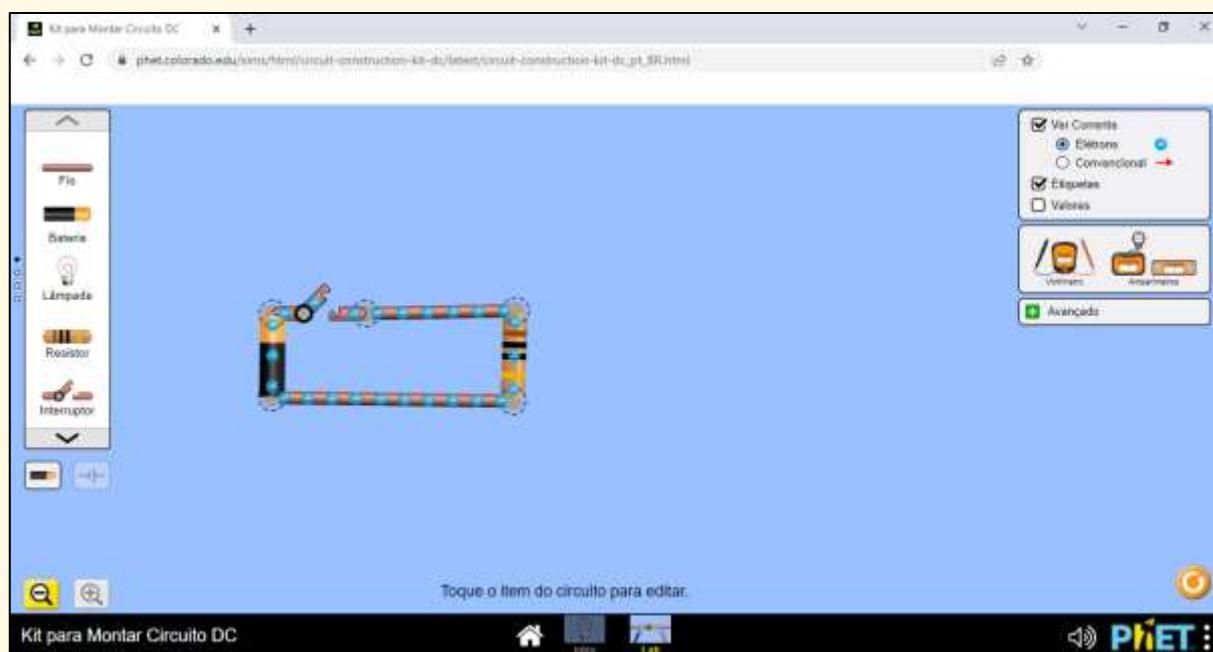
Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.





Percebe-se no detalhe, que ao fazer isso, os componentes vão apresentar seus pontos de conexão. Assim, basta manuseá-los com o auxílio do mouse, e montar o circuito que se deseja (ver Figura 28).

Figura 28: Exemplo de componentes arrastados para a área de montagem.<sup>4</sup>



Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

Os componentes a serem utilizados nas simulações dos circuitos de T1 são: Fio, Bateria, Lâmpada e Interruptor (conforme *menu* à esquerda do Lab do simulador).

Sobre o Fio, ele possui dois pontos de conexão, e tem a versatilidade de poder variar (aumentar ou diminuir) de comprimento, para conectar componentes que estejam distantes.

Sobre a Bateria, ele possui também dois pontos de conexão, o polo positivo e o polo negativo. Já sobre a Lâmpada, ela também possui dois pontos de conexão, mas sem especificações de polos, pois, nesse contexto da simulação, ela é considerada apenas como um componente que irá consumir energia do circuito, e não se considera os detalhes de conexão para uma instalação elétrica.

Por fim, do interruptor, ele possui dois pontos de conexão, sem nenhuma identificação ou especificação inicial. Mas, por ser um elemento de comando, ele é interativo. Uma vez com o circuito montado e simulado, o usuário pode clicar no componente para fechá-lo ou abri-lo, e verificar os impactos disso.

Uma ferramenta importante apresentada pela plataforma PhET nesse contexto é a possibilidade de uso do voltímetro e do amperímetro. Recomenda-se o incentivo para que os alunos os utilizem durante suas simulações. Sugere-se que sejam feitos breves comentários sobre os mesmos: voltímetro como medidor de tensão elétrica a ser conectado em paralelo, e amperímetro como medidor de corrente elétrica a ser conectado em série (ver Figura 29)<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Segue *link* para vídeo demonstrativo do acesso ao PhET, do simulador de circuitos, e um exemplo de montagem de circuito. Caso com um clique ele não inicie, copiar o *link* no navegador de *internet*.  
<https://drive.google.com/file/d/10E094Xm9VZXPta-q6vv53iLludhbf/view?usp=sharing> .

<sup>5</sup> Segue *link* para vídeo demonstrativo do uso do voltímetro e amperímetro no PhET. Caso com um clique ele não inicie, copiar o *link* no navegador de *internet*.  
<https://drive.google.com/file/d/1PUhkDLrmuQO3wKkH6aYCyVvIrydGTL6y/view?usp=sharing> .



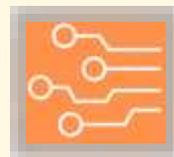
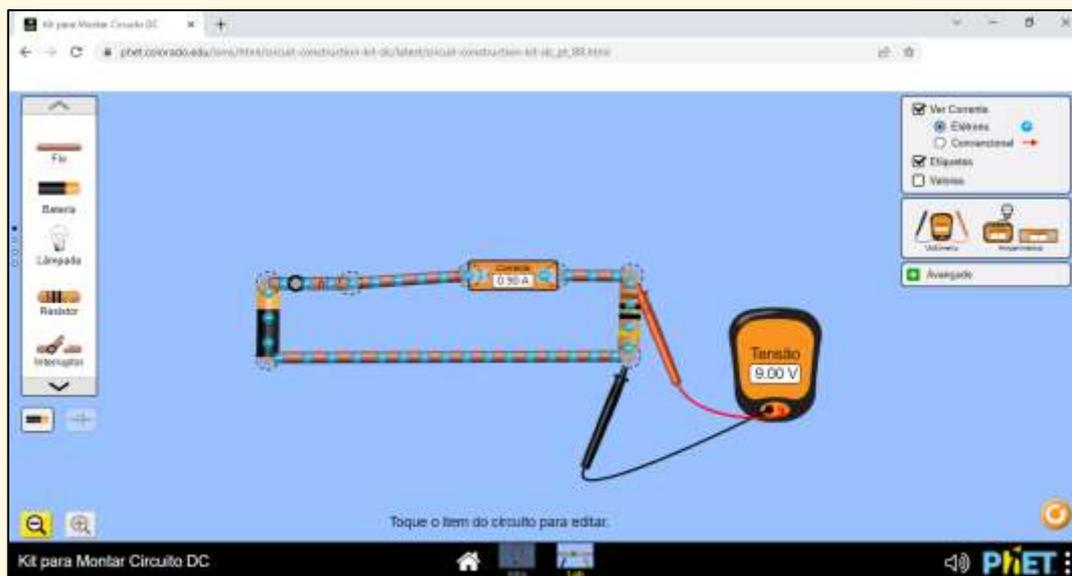


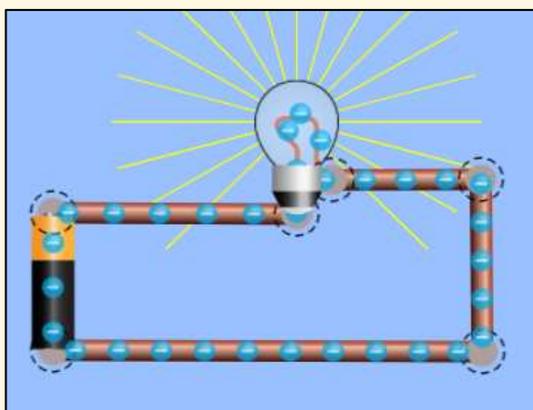
Figura 29: Exemplo de uso do voltímetro e amperímetro num circuito.



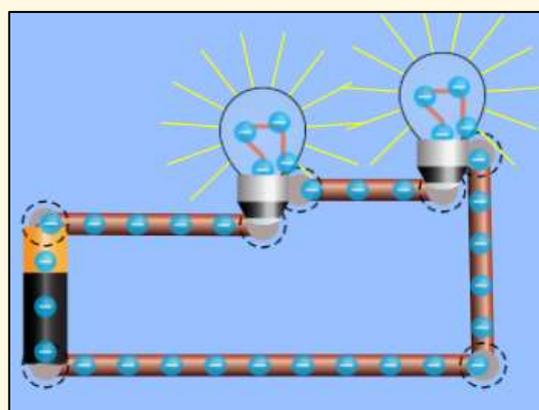
Fonte: adaptado de UNIVERSITY OF COLORADO, 2021.

Com isso, segue imagens ilustrativas da montagem dos circuitos de T1 nesse simulador do PhET (ver Figuras 30 a 34).

Figura 30: Circuitos no PhET das Figuras 1 e 2 do teste T1.<sup>6</sup>



(a) Circuito da Figura 1 de T1.



(b) Circuito da Figura 2 de T1.

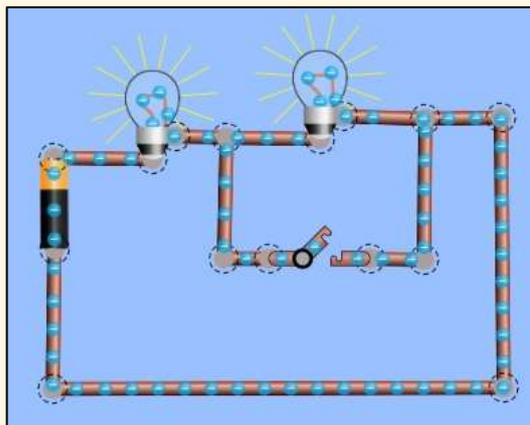
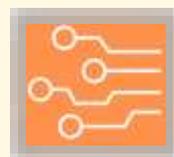
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 31: Circuitos no PhET das Figuras 3.a e 3.b do teste T1.

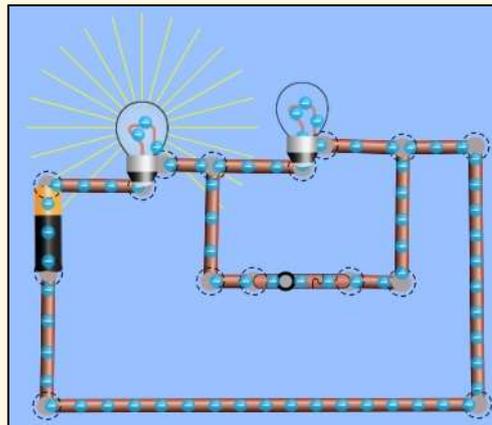
<sup>6</sup> Segue *link* para vídeo demonstrativo desses circuitos de T1 no simulador. Caso com um clique ele não inicie, copiar o *link* no navegador de *internet*.

[https://drive.google.com/file/d/1IV19kQP8pvRjLZE4nwFvm\\_Q2scLYeWUJ/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1IV19kQP8pvRjLZE4nwFvm_Q2scLYeWUJ/view?usp=sharing)





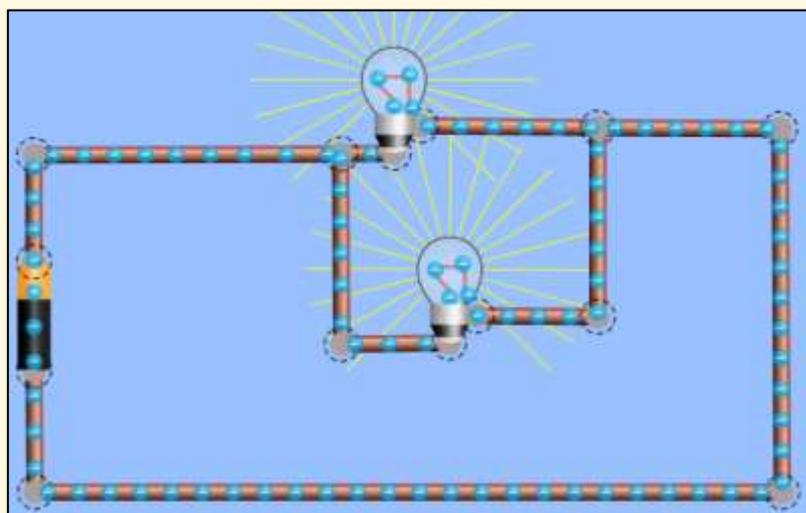
(a) Circuito da Figura 3.a de T1.



(b) Circuito da Figura 3.b de T1.

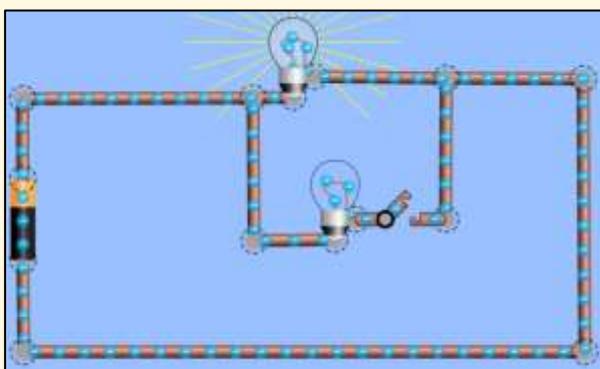
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 32: Circuito no PhET da Figura 4 do teste T1.

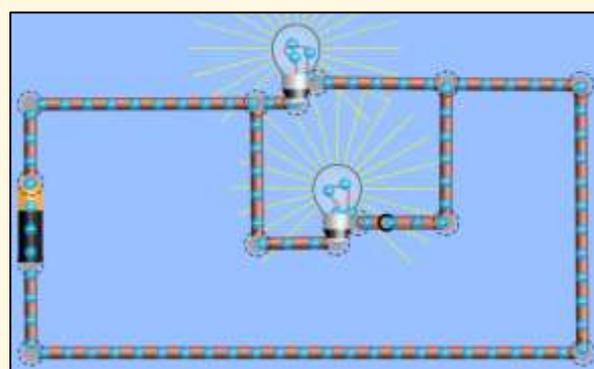


Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 33: Circuito no PhET da Figura 5 do teste T1.



(a) Circuito com chave não acionada.



(b) Circuito com chave acionada.

Fonte: elaborado pelo autor.



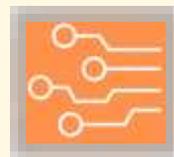
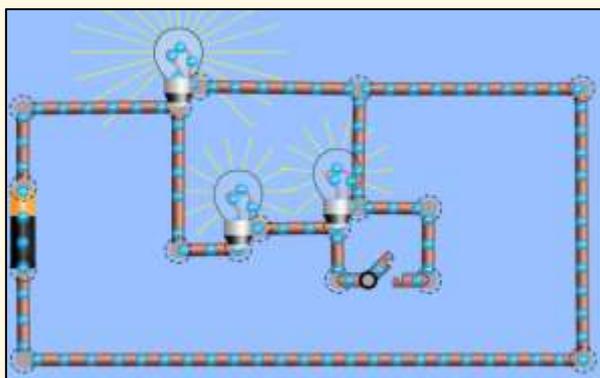
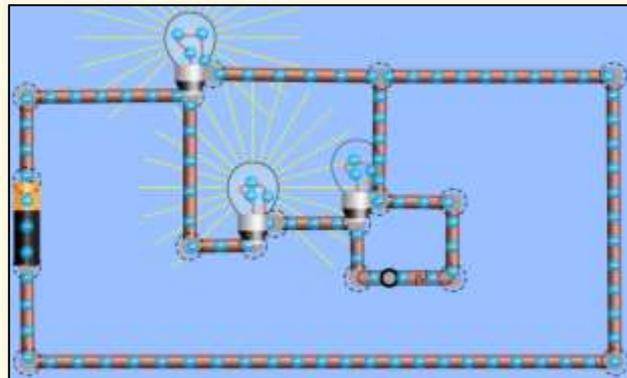


Figura 34: Circuitos no PhET das Figuras 6.a e 6.b do teste T1



(a) Circuito da Figura 6.a de T1.

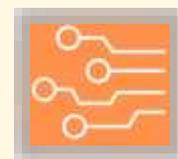


(b) Circuito da Figura 6.b de T1.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com as simulações, incentiva-se que o professor se atente para sempre questioná-los se as respostas fornecidas para T1 inicialmente conferem com os resultados obtidos pelo PhET. Deve-se deixar claro que se trata de uma situação de teste computacional, por isso estando restrito aos limites, modelos e premissas da plataforma *online*, e que na proposta, esses resultados ainda devem ser testados a partir de um sistema físico real.





### 5.3.3. Testes com o Arduino dos circuitos de T1.

Para finalizar as atividades de trabalho com o teste 1, tem-se a proposta de que os educandos façam as montagens dos circuitos apresentados com o Arduino. Espera-se com essa etapa que eles possam exercitar ainda mais o caráter questionador e de curiosidade das Ciências, pois além de servir como questionamento das respostas que eles deram as perguntas inicialmente, também serve de questionamento para a simulação computacional, se a plataforma *online* condiz com o obtido num circuito físico real.

Considerando que os participantes já tiveram a formação inicial na plataforma presente neste material, considera-se que eles não vão ter tanta dificuldade para lidar com os componentes envolvidos: Arduino, *protoboard*, LEDs, e os cabos conectores. Ressalta-se que somente usaremos o Arduino como uma fonte para os circuitos elétricos, não precisando usar programação.

Esse contexto seria um uso simplificado da plataforma, onde não seria necessária nenhuma programação para o seu funcionamento. Apenas a montagem do *hardware* corretamente já basta para ter o teste experimental.

Assim, o princípio desse experimento é usar o Arduino como a fonte de tensão dos circuitos, onde seu pino 3,3 V ou 5 V seria o polo positivo, e seu pino GND seria seu polo negativo. Com isso, os LEDs seriam as lâmpadas dos circuitos, sendo necessário nesse caso utilizar LEDs de 3 V. A diferença desses LEDs é que vão estar num encapsulamento transparente.

A importância de se utilizar esses LEDs, ao invés dos convencionais (usados, por exemplo, no experimento do semáforo da formação inicial no Arduino desse PTT), é para que o circuito montado seja uma cópia mais fiel dos circuitos do teste T1.

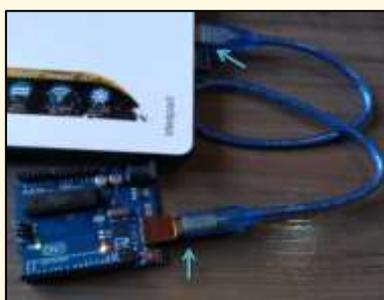
Caso contrário, com os LEDs convencionais, seria necessário colocar um resistor em série com cada LED, pois eles poderiam queimar facilmente. Assim, o resistor iria limitar a corrente que passa pelo LED (evitando defeitos), porém, mudaria a malha do circuito apresentado em T1, situação não desejada na proposta de se investigar com um teste empírico os mesmos circuitos simulados no PhET.

Assim, fica claro a metodologia de após a simulação virtual realizar os experimentos com um sistema físico real. Uma vez que o Arduino já fornece uma fem (desde que devidamente ligado no *notebook*), basta montar o circuito (*hardware* do experimento), e verificar o comportamento dos LEDs (equivalente às lâmpadas).

Por fim, as conexões serão feitas com os cabos conectores, e os interruptores serão retratados também por cabos conectores. Ou seja, no circuito que apresentar um interruptor, basta colocar um cabo no lugar. Se o interruptor não estiver acionado, tirar uma ponta do cabo. Caso contrário, conectar suas duas pontas. Verificar as Figuras 33 a 37 com as imagens dos circuitos de T1 montados.

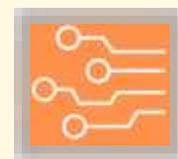
No detalhe, para as montagens, deve-se lembrar de conectar o Arduino no *notebook* com o cabo USB adequado para o funcionamento, conforme Figura 35.

Figura 35: Conexão do Arduino no *notebook*.



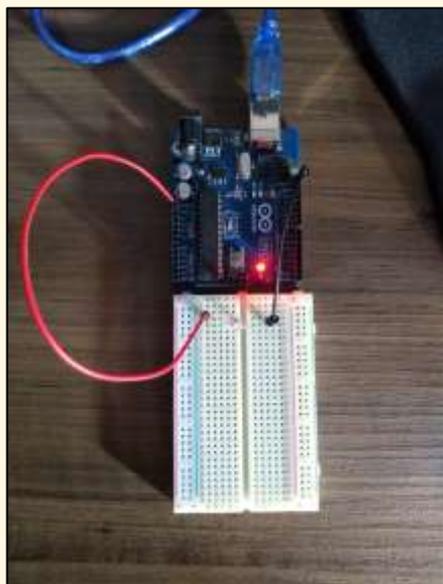
Fonte: elaborado pelo autor.



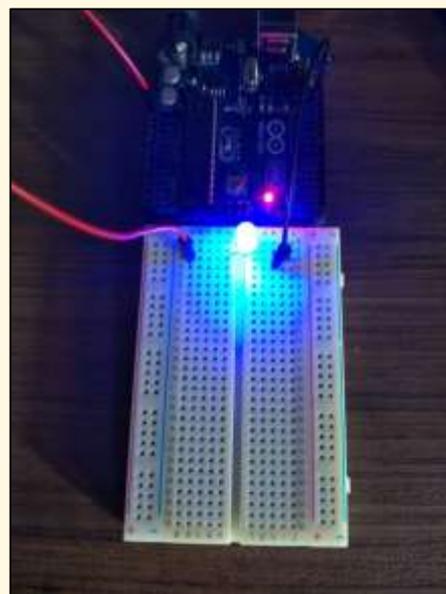


Para a montagem do circuito com uma única lâmpada (Figura 1 do teste T1), deve-se conectar o pino maior do LED de 3V numa trilha da *protoboard* que tenha o cabo que vem do pino 3,3 V do Arduino, enquanto o pino menor do LED de 3V deve estar conectado numa trilha com um cabo que vem do pino GND do Arduino. Assim, basta conectar o cabo USB no *notebook* para que o circuito ligue e funcione (*vide* Figura 36).

Figura 36: Circuito da Figura 1 de T1 no Arduino.<sup>7</sup>



(a) LED apagado – circuito desligado.



(b) LED acesso – circuito ligado.

Fonte: elaborado pelo autor.

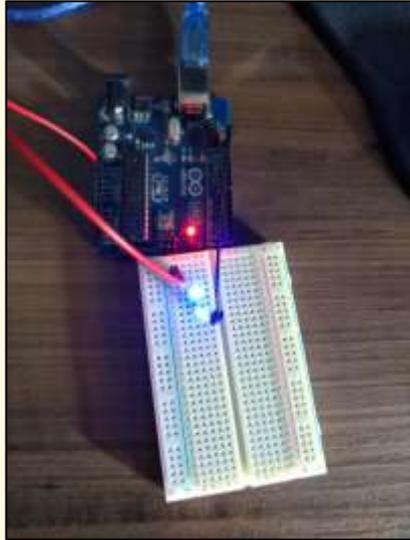
Para a montagem do circuito com duas lâmpadas em série (Figuras 2 e 3 do teste T1), deve-se conectar numa trilha da *protoboard* um cabo vindo do Arduino do pino de 5 V, e em outra trilha um cabo vindo do pino GND do Arduino. Na trilha do pino de 5 V conecta-se o pino maior de um dos LEDs de 3 V, enquanto o pino menor desse LED vai para outra trilha intermediária. Nessa trilha intermediária vai conectado também o pino maior do segundo LED. E, por fim, o pino menor do segundo LED é conectado na trilha do GND. Quando se desejar colocar um interruptor em paralelo ao segundo LED, basta conectar um cabo entre a trilha intermediária e a trilha do GND (ver Figura 37).

Figura 37: Circuitos das Figuras 2 e 3 de T1 no Arduino.

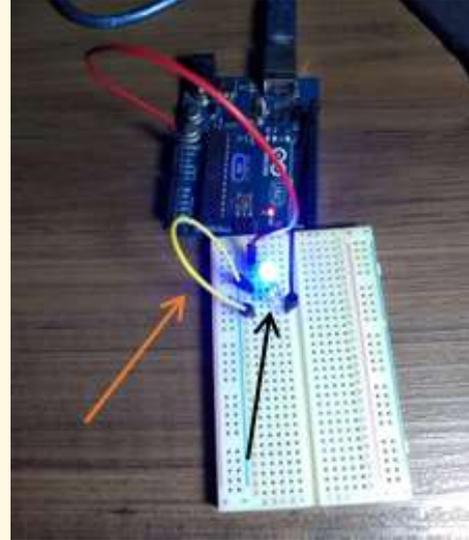
<sup>7</sup>Segue *link* para vídeos demonstrativos das montagens no Arduino de todos os circuitos de T1. Caso com um clique ele não inicie, copiar o *link* no navegador de *internet*.

<https://drive.google.com/file/d/1Qygz4qWNx-tyWoPCOwKCWxMvw9vTo7P/view?usp=sharing>





(a) Circuito da Figura 2 de T1 no Arduino.

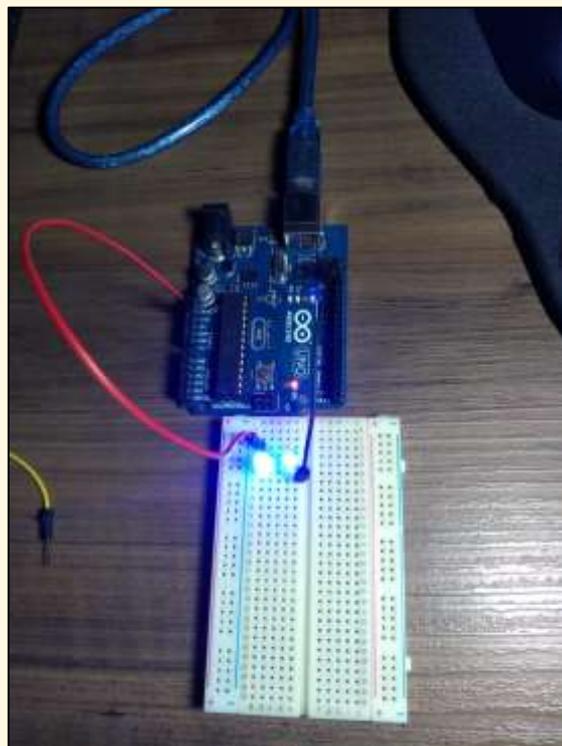


(b) Circuito da Figura 3.b de T1 no Arduino – cabo amarelo como interruptor acionado apagando o segundo LED.

Fonte: elaborado pelo autor.

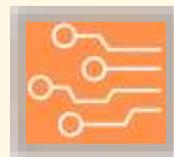
Para a montagem do circuito com duas lâmpadas em paralelo (Figura 4 do teste T1), deve-se conectar numa trilha da *protoboard* um cabo vindo do Arduino do pino de 3,3 V, e em outra trilha um cabo vindo do pino GND do Arduino. Na trilha do pino de 3,3 V conecta-se o pino maior dos dois LEDs de 3 V, enquanto o pino menor desses LEDs vai para a trilha do GND (ver Figura 38).

Figura 38: Circuito da Figura 4 de T1 no Arduino.



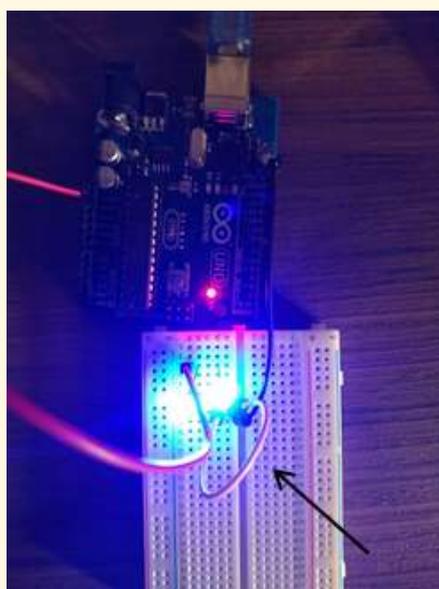
Fonte: elaborado pelo autor.





Para a montagem do circuito com duas lâmpadas em paralelo, sendo que uma vai estar com um interruptor controlando (Figura 5 do teste T1), deve-se conectar numa trilha da *protoboard* um cabo vindo do Arduino do pino de 3,3 V, e em outra trilha um cabo vindo do pino GND do Arduino. Na trilha do pino de 3,3 V conecta-se o pino maior dos dois LEDs de 3 V. O pino menor de um dos LEDs vai para a trilha do GND, enquanto o pino menor do outro LED vai para um trilha intermediária. Dessa trilha intermediária, puxa-se um cabo para a trilha do GND, simulando assim o interruptor (ver Figura 39).

Figura 39: Circuito da Figura 5 de T1 no Arduino.



(a) Interruptor acesso – cabo conectado.



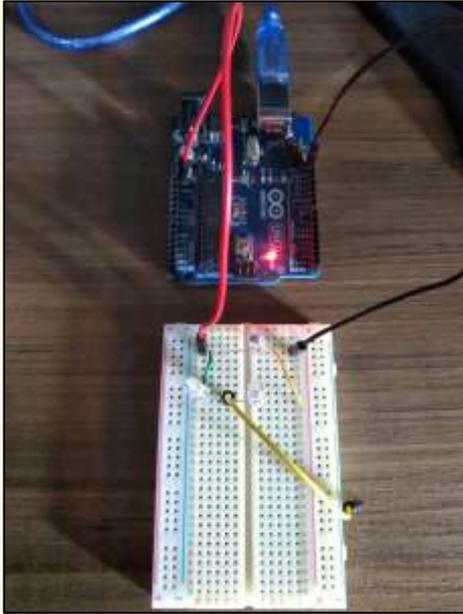
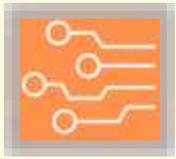
(b) Interruptor apagado – cabo desconectado e LED apagado.

Fonte: elaborado pelo autor.

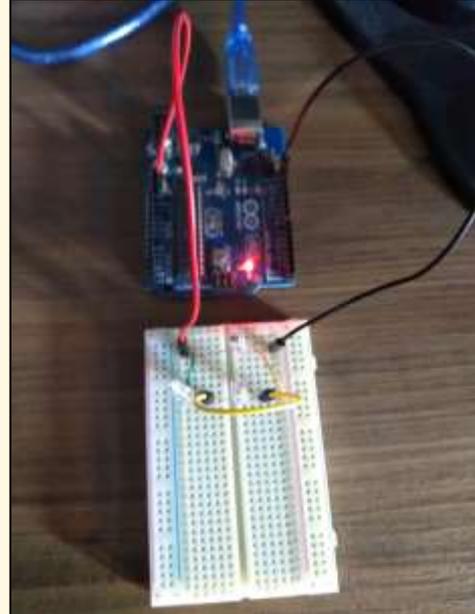
Por fim, para a última montagem do teste T1 (Figura 6 de T1), deve-se conectar numa trilha da *protoboard* um cabo vindo do Arduino do pino de 5 V, e em outra trilha um cabo vindo do pino GND do Arduino. Na trilha do pino de 5 V conecta-se o pino maior de dois dos três LEDs de 3 V. O pino menor de um desses dois LEDs vai para a trilha do GND, enquanto o pino menor do outro LED vai para um trilha intermediária. Dessa trilha intermediária, puxa-se um cabo para a trilha do GND, simulando assim o interruptor. Da trilha intermediária também se conecta o pino maior o terceiro LED, enquanto o pino menor desse terceiro LED vai para a trilha do GND. Assim, conecta-se ou não o cabo entre a trilha intermediária e a trilha do GND para simular o interruptor (ver Figura 40).

Figura 40: Circuitos das Figuras 6.a e 6.b de T1 no Arduino.





(a) Montagem do circuito da Figura 6.a de T1 – cabo desconectado, interruptor não acionado.



(b) Montagem do circuito da Figura 6.b de T1 – cabo conectado, interruptor acionado.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 5.3.4. Teste 2 (T2)

Para se mapear o aprendizado dos alunos, eles devem responder o teste T2 que, como mencionado acima, consistem das mesmas questões somente mudando a numeração e a ordem das respostas alternativas das questões.

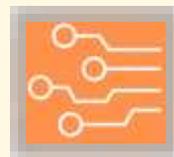
#### Teste 2:

A seguir vamos a considerar o teste composta de uma lista de questões, vamos a considerar situações ideais:

- i. A bateria não apresenta resistência interna e fornece uma diferença de potencial constante ao circuito;
- ii. Todas as lâmpadas são iguais e o brilho destas aumenta com o aumento da intensidade da corrente elétrica que circula através dela;
- iii. Os fios condutores que unem a bateria e as lâmpadas não apresentam resistência elétrica.

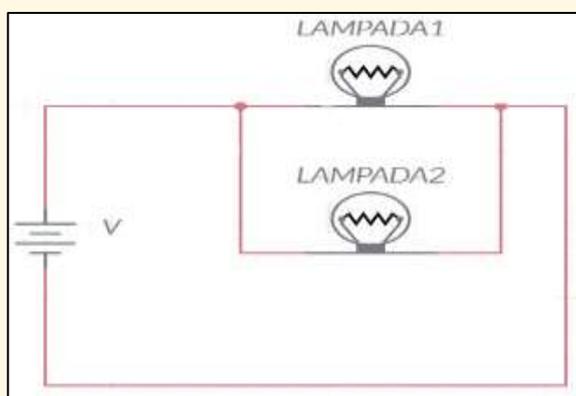
Na Figura 1 se apresenta um circuito com uma fonte de tensão e uma lâmpada  $L_0$ . Esta lâmpada está ligada e apresenta uma determinada intensidade de seu brilho:





**Figura 1**

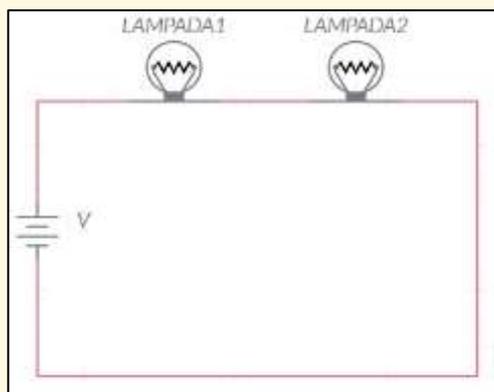
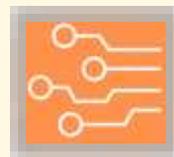
1) Considerando a Figura 2, assinale a alternativa verdadeira sobre o comportamento das lâmpadas:



**Figura 2**

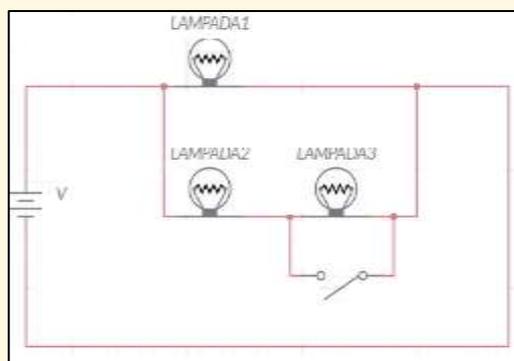
- a) A lâmpada L2 brilha mais que a lâmpada L1.
  - b) A lâmpada L2 brilha menos que a lâmpada L1.
  - c) A lâmpada L2 brilha igual à lâmpada L1.
- 2) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L1 (Figura 2) comparada à lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Maior.
  - b) Igual.
  - c) Menor.
- 3) Do circuito da Figura 2, pode-se afirmar que:



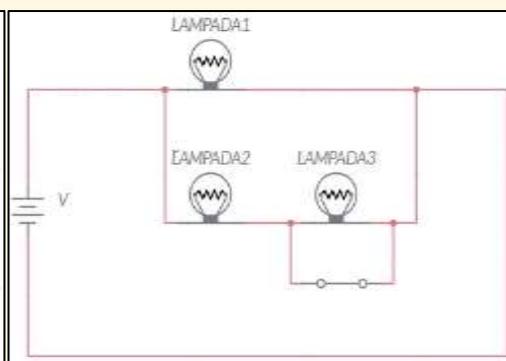


**Figura 3**

- a) A lâmpada L1 brilha mais que a lâmpada L2.
  - b) A lâmpada L1 brilha menos que a lâmpada L2.
  - c) As lâmpadas L1 e L2 apresentam o mesmo brilho.
- 4) Em relação à questão anterior pode-se afirmar que:
- a) A lâmpada L1 apresenta maior brilho que a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1.
  - b) A lâmpada L1 apresenta igual brilho que a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1.
  - c) A lâmpada L1 apresenta menor brilho que a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1.
- 5) Considerando a conexão de três lâmpadas a seguir, marque a alternativa com a afirmação correta:



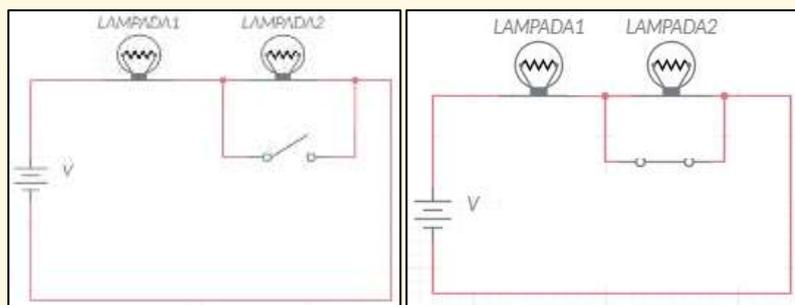
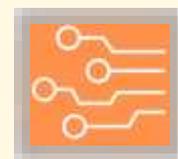
**Figura 4.a**



**Figura 4.b**

- a) Após o acionamento do interruptor (Figura 4.b) a lâmpada L3 irá apagar.
  - b) Antes do acionamento do interruptor (Figura 4.a) a lâmpada L3 irá apagar.
  - c) Antes do acionamento do interruptor (Figura 4.a) nenhuma lâmpada acenderá.
- 6) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L2 (Figura 4.a) comparada a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Maior.
  - b) Igual.
  - c) Menor.
- 7) No circuito da Figura 3 coloca-se um interruptor abaixo da lâmpada L2 (Figura 5.a) que será acionado ficando conectado conforme Figura 5.b; o que acontece agora?

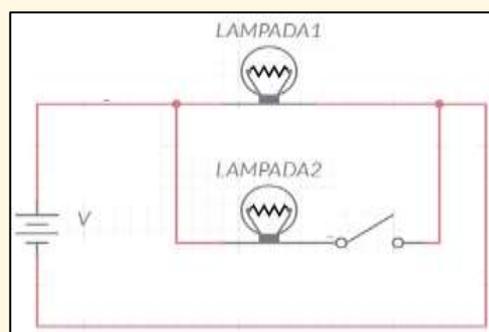




**Figura 5.a**

**Figura 5.b**

- a) O brilho da lâmpada L2 é igual à lâmpada L1.
  - b) O brilho da lâmpada L2 é menor à lâmpada L1.
  - c) O brilho da lâmpada L2 desaparece.
- 8) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L1 (Figura 5.b) comparada a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Maior.
  - b) Menor.
  - c) Igual.
- 9) No circuito da Figura 2 coloca-se um interruptor à direita da lâmpada L2 (ver Figura 6); nessa situação o que acontece?

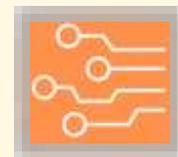


**Figura 6**

- a) O brilho da lâmpada L2 é igual à lâmpada L1.
  - b) O brilho da lâmpada L2 é menor à lâmpada L1.
  - c) O brilho da lâmpada L2 desaparece.
- 10) Em relação à questão anterior, o brilho da lâmpada L1 (Figura 6) comparada a lâmpada L<sub>0</sub> da Figura 1, é:
- a) Igual.
  - b) Maior.
  - c) Menor.

Após a aplicação desse teste, compara-se as respostas de T1 e de T2 de cada estudante. Para uma boa comparação dos resultados, é recomendado que as questões do teste T2 sejam ordenadas segundo a ordem das questões de T1.





## 6. COMENTÁRIOS FINAIS

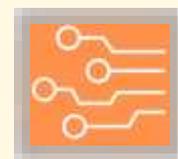
Este material elaborado está associado à produção final de curso (Dissertação), vinculado ao Mestrado Profissional do PPGECM, da UFMT, em Sinop/MT. Trata-se de um produto educacional para professores, propondo uma metodologia para se trabalhar com circuitos elétricos simples, no contexto da abordagem das concepções alternativas.

Ele propõe que se mapeiem as concepções prévias dos estudantes com o teste T1, sobre suas visões dos princípios básicos de Eletricidade nos circuitos elétricos. Na sequência com as atividades de simulação computacional no PhET desses mesmos circuitos, e posterior teste empírico dos circuitos com o Arduino, tem-se uma relação de ensino e aprendizagem para os conceitos científicos relacionados aos circuitos elétricos simples apresentados. Ao final, com T2, se busca verificar se o aluno teve uma aprendizagem da concepção científica, e se identificou seu domínio de aplicação.

Com essa metodologia de Ensino, não se pretende o incentivo a uma supressão das concepções prévias trazidas pelos educandos, desprezando o conhecimento tradicional. Mas sim uma proposta de convívio, em que o aluno terá uma oportunidade de relação de aprendizagem dos saberes científicos, identificando também os domínios em que se aplicam esses conhecimentos, para depois da aprendizagem científica, se coloca a partir da ética a coexistência das duas visões.

Esta produção também busca apresentar uma sequência de atividades com possibilidades de alterações, para que o professor possa compreendê-la em seus princípios e métodos, e assim adaptar para a sua realidade. Isso justamente para se prezar pela autonomia do professor enquanto responsável pelas atividades, que melhor saberá adequar as ações dessa sequência para a sua sala de aula.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. A. L. de. *et al.* Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.40, n. 3, 2018.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 2011.

DORF, R. C.; SVOBODA, J. A. **Introdução aos circuitos elétricos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

EL-HANI, C. N. MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatismo, and the goals of Science teaching. **Cult Stud of Sci Educ**, v. 2, p. 675-702, 2007.

GORJI, S; CHEONG, KY. Embedded Nanoparticles in Schottky and Ohmic Contacts: A Review. **Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences**, v.40, p. 197-222, 2015.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas Concepções Alternativas de Estudantes Relacionadas com Eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.16, n. 1-4, 1994.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Eletromagnetismo**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. (Fundamentos da física, v. 3).

HEIDEMANN, L.A.; ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 965-1007, out. 2012.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, MG, v. 06, n. 02, p. 115-144, jul./dez. 2004.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, John Wiley & Sons, New York, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

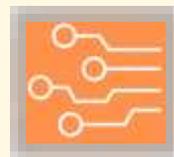
ROCHA, F. S. da; MARRANGHELLO, G. F.; LUCCHESI, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de Física em tempo real. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 31, n. 1, p. 98-123, abr. 2014.

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. **Eletricidade, introdução à física moderna e análise dimensional**. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2007. (Os fundamentos da física, v. 3).

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. e. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. **Microeletrônica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2007.





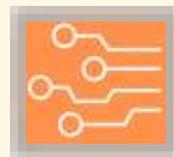
STEVAN JÚNIOR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e instrumentação industrial com arduino: teoria e projetos**. São Paulo: Érica, 2015.

TAVARES, M. F. **Modelagem de sistemas dinâmicos**. Londrina, PR: Editora e Distribuidora Educacional, 2017.

TYAGI, MS. **Introduction to Semiconductor Materials and Devices**. USA - Jhon Wiley & Sons, 1991.

UNIVERSITY OF COLORADO. **Physics Education Technology – PhET**. 2021. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 22 ago. 2021.





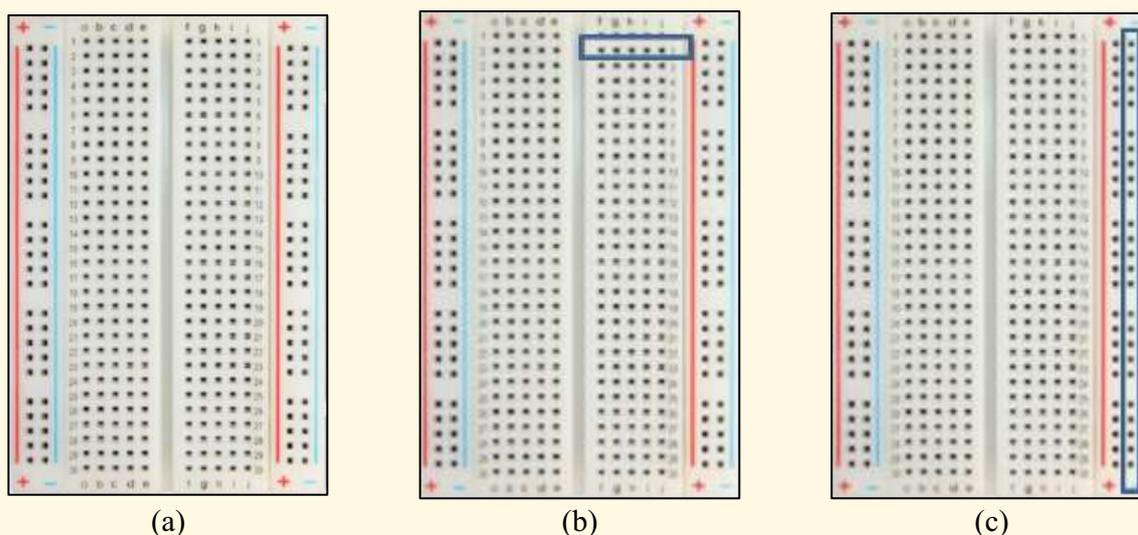
## APÊNDICE A - *PROTOBOARD*

A estrutura *protoboard* se trata de um painel de conexões para a eletrônica. Ela é constituída por trilhas verticais e horizontais, onde cada trilha funciona como forma de conexão. Ou seja, tudo que se conectar numa determinada trilha é equivalente a uma conexão direta.

Em outras palavras, pode-se dizer que cada trilha é equivalente a um nó, e quando se conecta um elemento nessa trilha, está conectando-o nesse nó.

Para auxiliar na identificação das trilhas, usualmente, tem-se a indicação de um número para as linhas da *protoboard*, e de letras ou símbolos para as colunas.

Figura 41: Visão geral da *protoboard*.

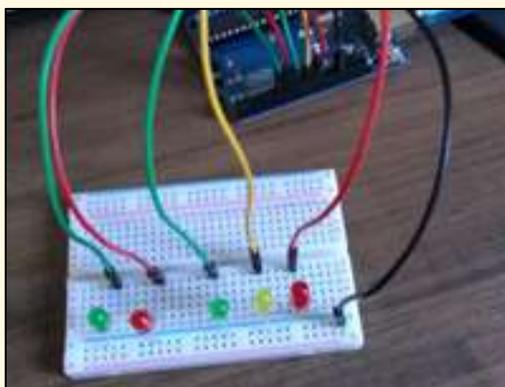


Fonte: elaborado pelo autor.

Como se pode ver nas Figuras apresentadas anteriormente, as trilhas horizontais estão na parte central da *protoboard*, enquanto as trilhas verticais estão nas extremidades da placa.

Segue exemplo de conexão na *protoboard*. O cabo preto foi conectado numa trilha vertical, indicando que cada pino dessa trilha estará no mesmo nó desse cabo. Já os cabos de outras cores, cada um foi conectado numa trilha horizontal diferente, indicando que cada cabo está num nó diferente.

Figura 42: Exemplo de conexão num *protoboard*.



Fonte: elaborado pelo autor.

