



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

GERMILSON NASCIMENTO BARROS

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CIRCUITO ELÉTRICO: UTILIZANDO  
SIMULADOR PHET PARA RESOLUÇÕES DE QUESTÕES**

ARARUNA, PB  
2021

GERMILSON NASCIMENTO BARROS

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CIRCUITO ELÉTRICO:UTILIZANDO  
SIMULADOR PHET PARA RESOLUÇÕES DE QUESTÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Física da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Física.

Orientador: Prof. Dr. Mário César Soares  
Xavier.

ARARUNA, PB  
2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B277a Barros, Germilson Nascimento.  
Análise experimental do circuito elétrico [manuscrito] :  
utilizando simulador phet para resoluções de questões /  
Germilson Nascimento Barros. - 2021.  
25 p. : il. colorido.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) -  
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências,  
Tecnologia e Saúde , 2021.  
"Orientação : Prof. Dr. Mário César Soares Xavier ,  
Coordenação do Curso de Licenciatura em Física - CCTS."

1. Eletrodinâmica. 2. Física. 3. Circuito elétrico. I. Título  
21. ed. CDD 537.6

GERMILSON NASCIMENTO BARROS

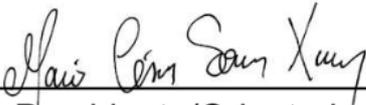
**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CIRCUITO ELÉTRICO: UTILIZANDO  
SIMULADOR PHET PARA RESOLUÇÕES DE QUESTÕES**

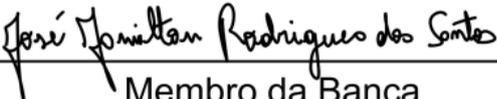
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Física da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção do título de Licenciado em Física.

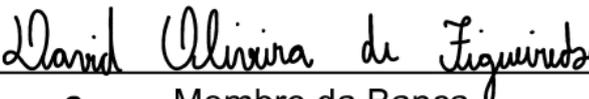
Área de concentração: Física.

Aprovada em: 14/10/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Presidente/Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca

  
\_\_\_\_\_  
Aluno Avaliado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>7</b>
2.1 Resistor .....	9
2.2 Lei de Ohm .....	12
2.3 Potência elétrica .....	14
2.4 Leis de Kirchhoff .....	14
<b>3 UTILIZANDO O MULTÍMETRO PARA MEDIÇÕES</b>	<b>16</b>
3.1 Precisão ou erro das medidas com multímetro .....	16
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>17</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>25</b>

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CIRCUITO ELÉTRICO:UTILIZANDO SIMULADOR PHET PARA RESOLUÇÕES DE QUESTÕES

### EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE ELECTRIC CIRCUIT: USING PHET SIMULATOR TO RESOLVE QUESTIONS

Germilson Nascimento Barros <sup>1</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho busca contextualizar e exemplificar a resolução de problemas que envolvem circuitos elétricos, trazendo uma abordagem experimental e demonstrativa, mostrando aspectos relevantes que pode favorecer o entendimento do conceito e o método de solução. O intuito é mostrar como a resolução de um problema se torna mais fácil e dinâmico quando usado o simulador para auxiliar nos cálculos. Para isso, foi definido seus conceitos e aspectos fundamentais através de um simulador específico. O simulador usado foi o *Kit para Montar Circuito DC* através dele contextualizamos definições básicas relacionadas a eletrodinâmica, com isso auxiliando no desenvolvimento da aprendizagem e absorção dos conceitos fundamentais. Dentro desse aspecto foi mostrado a resolução de algumas questões do livro Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo, 10<sup>a</sup> Edição / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. Nesse contexto foi montado duas linhas de soluções : Solução tradicional e Solução usando o simulador. Desse modo comparando os dois meios de resolução.

**Palavras-Chave:** Eletrodinâmica. Física. Circuito elétrico.

#### ABSTRACT

This work seeks to contextualize and exemplify the resolution of problems involving electrical circuits, bringing an experimental and demonstrative approach, showing relevant aspects that can favor the understanding of the concept and the solution method. The aim is to show how solving a problem becomes easier and more dynamic when using the simulator to help with calculations. For this, its concepts and fundamental aspects were defined through a specific simulator. The simulator used was the *Kit to Assemble DC Circuits* through which we contextualized basic definitions related to electrodynamics, thus helping in the development of learning and absorption of fundamental concepts. Within this aspect, it was shown the resolution of some questions in the book Fundamentals of Physics, volume 3: Electromagnetism, 10th Edition / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. In this context, two lines of solutions were set up: traditional solution and solution using the simulator. Thereby comparing the two means of resolution.

**Keywords:** Electrodynamics. Physics. Electric circuit.

---

<sup>1</sup> Aluno de Graduação em Física pela Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII  
E-mail: germilsonbarros@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Uma ótima alternativa para o ensino de Física é o uso de materiais didáticos como forma de auxiliar no processo de ensino. Há inúmeros instrumentos e exemplificações do cotidiano que poderiam facilitar o processo de ensino e aprendizagem. O uso de simulações e experimentos pode solucionar essa deficiência na aprendizagem, implicando em diferentes enfoques assim gerando diversas atividades para o aluno (SÉRÉ, M. G. et al, 2003). Pensando nisso o presente trabalho tem o enfoque na resolução de questões por meio de um simulador computacional integrado ao site PHET. Foi utilizado o simulador *kit para montar circuito DC*, o mesmo permite a realização de montagem de circuitos eletrônicos com componentes sugestíveis.

Neste trabalho vamos contextualizar o conceito de circuito elétrico e usar o simulador para realizar a resolução de algumas questões no âmbito da eletrodinâmica. O intuito é mostrar que por meio do simulador é possível realizar medidas de corrente e de potencial elétrico, com isso sendo possível encontrar as respostas das questões sugeridas. O uso de simulações computacionais se torna uma alternativa de modelo de ensino, podendo se torna um aspecto favorável para a aprendizagem, pelo fato de apresentar um ambiente interativo e gerar a interação entre professor e aluno (COSTA, 2017). Nesse contexto o uso do simulador se torna uma ótima alternativa para o ensino de Física, segundo Carraro (2014) :

A utilização de simulações virtuais no ensino de Física possibilita ao estudante desenvolver a compreensão de conceitos, e levá-lo a participar efetivamente no seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos do seu cotidiano. (CARRARO, 2014, p.10)

Com esse pensamento notamos que o uso do simulador para a resolução e montagem de circuitos elétricos irá favorecer o processo de aprendizagem do indivíduo além de gerar uma ponte entre a teoria e a prática.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A eletrodinâmica é a parte da Física que estuda e observa o movimento das cargas elétricas, esse movimento acontece quando a carga elétrica está atuando sob uma diferença de potencial (DDP) dentro de um circuito elétrico.

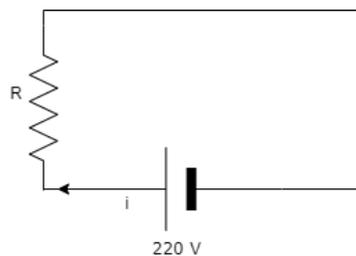
”A grandeza mais elementar na análise de um circuito elétrico é a carga elétrica”(IRWIN, 2010, p.2), que se trata do movimento ordenado da corrente elétrica, nesse deslocamento acontece a transferência da energia elétrica dentro de um circuito.

O circuito elétrico é uma espécie de canal onde a carga elétrica se movimenta de um ponto para outro, esse movimento específico gera uma taxa de variação da carga com o tempo que compõe a corrente elétrica, que pode ser calculada pela expressão:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (1)$$

O fluxo de corrente é maior em materiais condutores, como objetos metálicos por exemplo, neles haverá o movimento de elétrons livres que constituem todo o seu corpo. Apesar de existir o movimento de elétrons, a convenção universal adota o movimento de cargas positivas. Dessa forma o movimento em um condutor é contrário ao deslocamento dos elétrons livres.

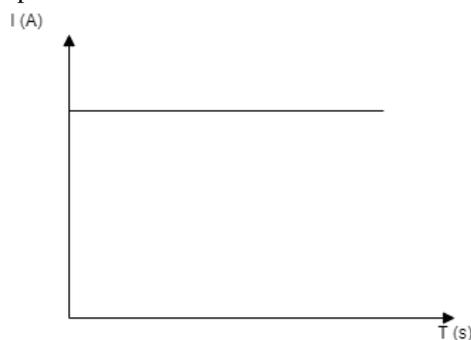
**Figura 1:** O movimento idealizado pela corrente elétrica é contrário ao movimento dos elétrons, isso resulta na adoção do movimento para cargas positivas. Na imagem podemos notar um circuito constituído por uma DDP e um resistor R



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

A corrente elétrica pode ser dividida em dois tipos: corrente alternada (CA) e a corrente contínua (CC). Os dois tipos de corrente estão representados graficamente abaixo, respectivamente.

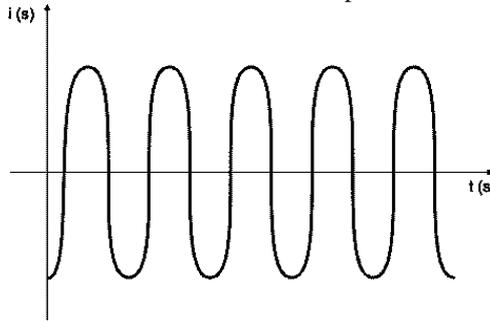
**Figura 2:** Na corrente contínua o movimento da corrente elétrica ao longo do tempo é constante, isso resulta em um gráfico linear, onde há uma reta paralela ao eixo T.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

A corrente alternada é a mais comum, pois está em nossas residências e é utilizada na maioria dos eletrodomésticos. Essa corrente altera seu sentido de movimentação dentro do circuito elétrico. Já a corrente contínua está presente nas baterias de automóveis ou em lanternas, esse tipo de corrente não altera seu sentido de movimentação, tornando seu movimento uniforme.

**Figura 3:** Na corrente alternada a intensidade da corrente elétrica varia ao decorrer do tempo, por isso vem o nome de corrente alternada, pois ela fica alternando sua intensidade em picos.



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

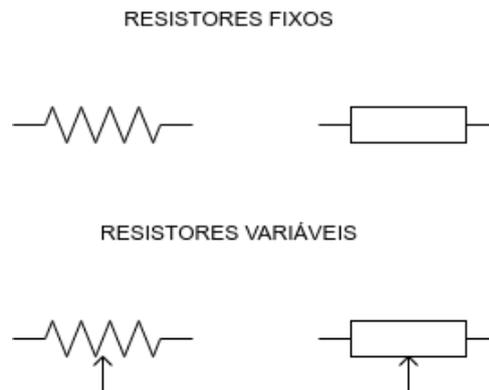
Para que o circuito funcione corretamente precisa estar efetivado com uma tensão que vai ser dada por uma diferencial de potencial (DDP) entre dois pontos. Essa tensão, que também pode ser chamada de voltagem, é quantidade de energia armazenada em unidade de carga elétrica.

## 2.1 Resistor

A resistência está relacionada com a dificuldade que as cargas elétricas possuem quando atravessam um condutor. Esse processo gera um efeito de transformação, parte da energia elétrica se transforma em energia térmica, causando o aquecimento do material condutor. Chamamos isso de efeito Joule, muitos eletrodomésticos utilizam esse conceito, aquecedores, secadores de cabelo, chuveiro elétrico, ferro de passar e vários outros objetos.

Os resistores são fundamentais na composição de um circuito eletrônico, a resistência causada por esse componente resulta na limitação do fluxo de cargas elétricas, dessa forma fazendo com que a passagem da corrente elétrica seja menos intensa. Isso faz com que o circuito elétrico funcione de maneira adequada.

O resistor é um bipolo que possui o efeito de resistência, ele é caracterizado por um fio condutor, a unidade de medida da resistência no SI é o Ohm ( $\Omega$ ). O nome desta unidade foi em homenagem a Georg Simon Ohm (1787–1854), que foi um grande físico e matemático alemão, ele descobriu relações matemáticas em torno das dimensões dos condutores e as grandezas elétricas, formulando o conceito de resistência elétrica e o que chamamos de Lei de Ohm. O uso do resistor é comum em materiais que se utilizam do efeito joule para seu funcionamento. Os resistores são divididos em dois tipos, os resistores fixos e os resistores variáveis.

**Figura 4:** Representação de resistores fixos e resistores variáveis

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

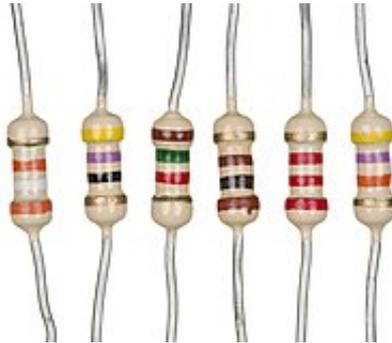
Os resistores fixos, são aqueles que suas resistências equivalentes são fixas, ou seja, não se alteram, são pré-definidas. Já os resistores variáveis são chamados de potenciômetro, pois podemos alterar os valores de suas resistências. Esses resistores possuem uma espécie de chave mecânica, que ao girá-la podemos mudar o valor de sua resistência, então diferente do resistor fixo o potenciômetro altera o valor de sua resistência elétrica.

**Figura 5:** Resistor variável

**Fonte:** Wikipédia

Além dos potenciômetros, existem outros tipos de resistores variáveis que são chamados de reostato, termistores e LDR (Light Dependent Resistor).

Podemos encontrar a resistência elétrica do resistor de duas formas. A primeira é utilizando um equipamento de medição, que pode ser um multímetro. A segunda forma é observando o código de cores do resistor analisado.

**Figura 6:** Conjunto de diferentes resistores

Fonte: Wikipédia

Cada cor equivale a uma quantidade específica de resistência, segue abaixo a representação referente ao código de cores.

**Figura 7:** código de cores dos resistores

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa/ multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	1	
Marrom	1	1	10	1,00%
Vermelho	2	2	100	2,00%
Laranja	3	3	1 000	3,00%
Amarelo	4	4	10 000	4,00%
Verde	5	5	100 000	
Azul	6	6	1 000 000	
Violeta	7	7	10 000 000	
Cinza	8	8		
Branco	9	9		
Dourado			0,1	
Prata			0,01	
Sem cor				± 20%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

Para realizarmos a medição devemos analisar as faixas de cores, iremos identificar a cor da primeira faixa, e consultar através da tabela a cor equivalente. O valor do algarismo será correspondente ao primeiro dígito do valor da resistência do resistor. A segunda faixa será correspondente ao segundo dígito da resistência e na cor equivalente a terceira faixa deve ser multiplicado pelo valor identificado anteriormente nas duas primeiras faixas. Por fim, verificamos a tolerância para saber a taxa de erro do valor da resistência.

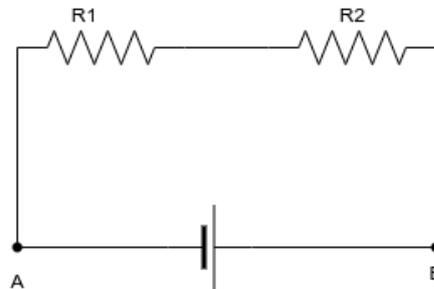
Dentro do circuito elétrico os resistores podem ser associados de diferentes formas, neste trabalho vamos abordar associações em série e paralelo. Na associação em série dois ou mais resistores ficam interligados no mesmo fio condutor, dessa forma recebendo a mesma intensidade de corrente elétrica. Para encontrar o resistor equivalente basta somar todos os resistores que estão contidos no fio, com isso a resistência equivalente será dada por: <sup>2</sup>

<sup>2</sup>As expressões aqui citadas foram retiradas do livro Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo, 10ª Edição / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker

:

$$R' = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2)$$

**Figura 8:** Associação de resistores em série



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

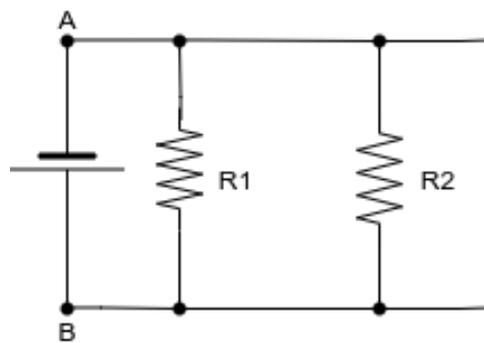
Na associação em paralelo os resistores são ligados através dos terminais do circuito, de modo que ficam submetidos á mesma voltagem. A intensidade da corrente elétrica nesse caso será dividida entre os resistores que estão associados. Para encontrar a resistência equivalente usamos a seguinte expressão:

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Para mais de dois resistores associados, usamos:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (4)$$

**Figura 9:** Associação de resistores em paralelo



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

## 2.2 Lei de Ohm

A lei de Ohm, que já foi citada neste trabalho, estabelece um estudo que relaciona a tensão e corrente para uma resistência elétrica.

O alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) estudou os resistores submetidos a diferenças de potenciais (DDP) variadas, observando a intensidade das correntes elétricas que neles

surgiam. Ele concluiu que a corrente elétrica era proporcional a voltagem do circuito, definindo assim a expressão que hoje é conhecida com 1ª Lei de Ohm:<sup>3</sup>

$$V = Ri \quad (5)$$

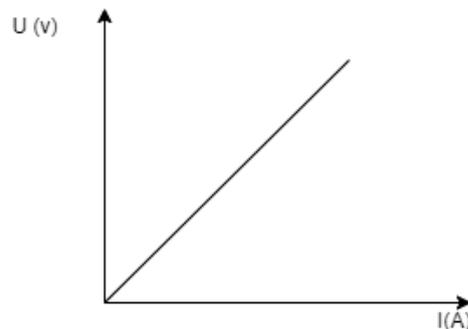
Para calcular a resistência de um resistor pela 1ª lei de Ohm, basta isolar o R na equação, fazendo isso vamos ter:

$$R = \frac{V}{i} \quad (6)$$

Onde  $R$  é a resistência que é dada em ohm ( $\Omega$ ),  $V$  é a tensão que é uma grandeza expressa em volt (V) e  $i$  a intensidade da corrente elétrica que no Sistema internacional (SI) a unidade que a define é o Ampere (A). Resistores que obedecem a primeira lei de Ohm são chamados de resistores ôhmicos. Esses resistores tem sua resistência fixa, ou seja, ela não muda independentemente da diferença de potencial (DDP) do circuito. Nesse caso a corrente elétrica vai ser diretamente proporcional a voltagem do circuito.

Vale lembrar que a lei de Ohm se aplica a correntes e voltagens que estão ligadas em um mesmo resistor, dessa forma ela não se aplica quando a tensão e a corrente estão presentes em outras partes do circuito elétrico.

**Figura 10:** O gráfico representa a relação de proporcionalidade entre U e I. Os resistores ôhmicos obedecem a essa relação gráfica.

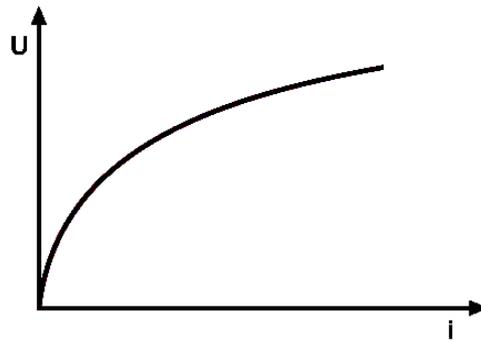


**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

Existem resistores que não obedecem a lei de Ohm, esses são chamados de resistores não ôhmicos. Para esses resistores haverá mudança na sua resistência, ela irá variar, a DDP vai interferir na resistência do resistor, fazendo com que ela se altere para mais ou menos.

<sup>3</sup>As expressões aqui citadas foram retiradas do livro Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo, 10ª Edição / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker

**Figura 11:** O gráfico representa a relação da tensão com a corrente, representada em um resistor não ôhmico



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

### 2.3 Potência elétrica

Os resistores são bipolos elétricos que tem a capacidade de transformar parte da energia elétrica em energia térmica, nesse processo de transformação o resistor realiza trabalho e isso gera uma potência elétrica que pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$P = iV \quad (7)$$

Se levarmos em consideração a lei de Ohm, a equação anterior pode ser modificada. Substituindo  $V$  pela a expressão (5), vamos ter: <sup>4</sup>

$$P = Ri^2 \quad (8)$$

Desse modo, podemos calcular a potência gerada no circuito elétrico composto por um resistor. Lembrando que a potência elétrica é uma grandeza dada em watt ( $W$ ), no sistema internacional de unidades.

### 2.4 Leis de Kirchhoff

A lei das correntes, assim chamada, é conhecida como a primeira lei de Kirchhoff, ela estabelece que a soma das correntes que entram em um nó de um circuito é igual á soma das correntes que saem do nó, dessa forma estabelecendo que a soma das correntes que entram e saem do nó deve ser nula.

Podemos expressá-la matematicamente da seguinte forma: <sup>5</sup>

$$\sum_{j=1}^N i_j(t) = 0 \quad (9)$$

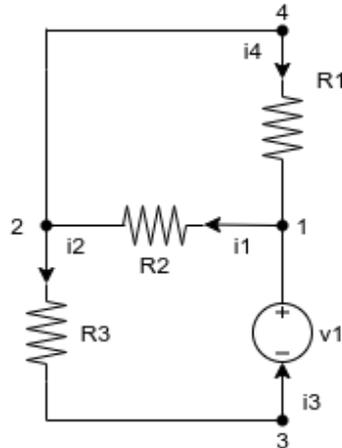
<sup>4</sup>As expressões aqui citadas foram retiradas do livro Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo, 10ª Edição / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker

<sup>5</sup>As expressões aqui citadas foram retiradas do livro Análise básica de circuitos para engenharia / J. David Irwin, R. Mark Nelms - Rio de Janeiro: LTC, 2010

onde  $i_j(t)$  será a  $j$ -ésima corrente que entra no nó do circuito, por entre o ramo  $j$  e o número de ramos conectados será representado por  $N$ .

Para exemplificar a utilização da lei das malhas, vamos aplica-la no circuito representado abaixo.

**Figura 12:** Circuito demonstrativo



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

Vamos usar a malha 1 como exemplo. Aplicando a lei de Kirchhoff nessa malha vamos ter a seguinte relação:

$$i_3 + i_4 - i_1 = 0 \quad (10)$$

As correntes que entram no nó ganham sinal positivo e as que saem sinal negativo. Organizando a equação anterior, vamos ter:

$$i_3 + i_4 = i_1 \quad (11)$$

Dessa forma, fica estabelecido que o somatório das correntes que entram na malha é igual ao somatório da corrente que sai da malha.

A segunda lei de Kirchhoff é chamada de lei das malhas, ela estabelece que a soma algébrica da diferença de potencial (DDP) ao longo de um percurso fechado de qualquer malha do circuito será nula. Pode ser expressada pela seguinte expressão matemática: <sup>6</sup>

$$\sum_{j=1}^N U_j(t) = 0 \quad (12)$$

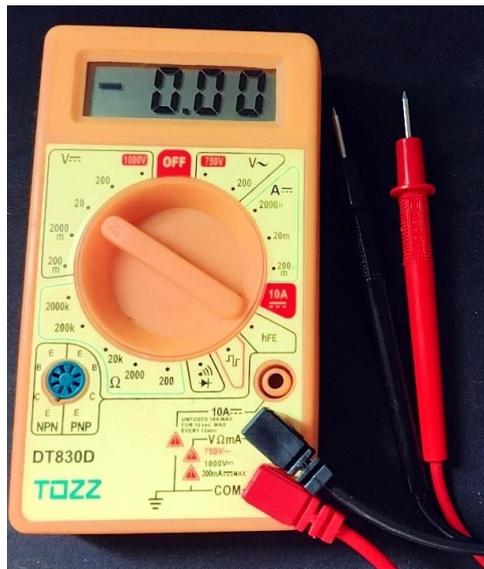
Esta lei se assemelha bastante com a lei das correntes, isso se justifica pois ambas foram fundamentadas seguindo o princípio de conservação da carga elétrica.

<sup>6</sup>As expressões aqui citadas foram retiradas do livro Análise básica de circuitos para engenharia / J. David Irwin, R. Mark Nelms - Rio de Janeiro: LTC, 2010

### 3 UTILIZANDO O MULTÍMETRO PARA MEDIÇÕES

O multímetro é um instrumento que vem equipado com uma chave rotativa em seu centro, nessa chave é possível alternar suas funções de medições e ligar/desligar. A sua interface também é constituída por um display LCD, onde é possível observar o valor numérico das medições feitas. Além disso, ele vem acompanhado por dois cabos, um vermelho (positivo) e o preto (negativo), esses cabos representam terminais de ligação.

**Figura 13:** Multímetro



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

Apesar de toda sua estrutura, o multímetro não é um equipamento 100% preciso, contendo limitações de precisão. Por conta disso, na realização de medidas deve ser considerado uma tolerância de precisão, o equipamento pode apresentar precisão ou erro das medidas.

#### 3.1 Precisão ou erro das medidas com multímetro

Para que os dados obtidos nas medições estejam corretos temos que considerar o erro relativo de cada medida. O erro informado para as medidas com o multímetro é estabelecido a seguir:

Tensão contínua:  $\pm 0,5\%$  da leitura mais 1 para o dígito menos significativo (a última casa do display).

Corrente:  $\pm 1,0\%$  da leitura mais 1 para o dígito menos significativo (a última casa do display).

Resistência:  $\pm 1,0\%$  da leitura para a escala de  $200\Omega$  e  $\pm 1,2\%$  da leitura para demais escalas, mais 1 para o dígito menos significativo (a última casa do display). Por exemplo valor lido no multímetro  $R=398\Omega$  na escala de  $2000\Omega$ ,  $1,2\%$  é  $4,776$ , o último dígito no display foi 8 de 398, então somando 1 no 4 teremos  $5\Omega$ . Assim o valor a representar é  $(398\pm 5)\Omega$ .

## 4 METODOLOGIA

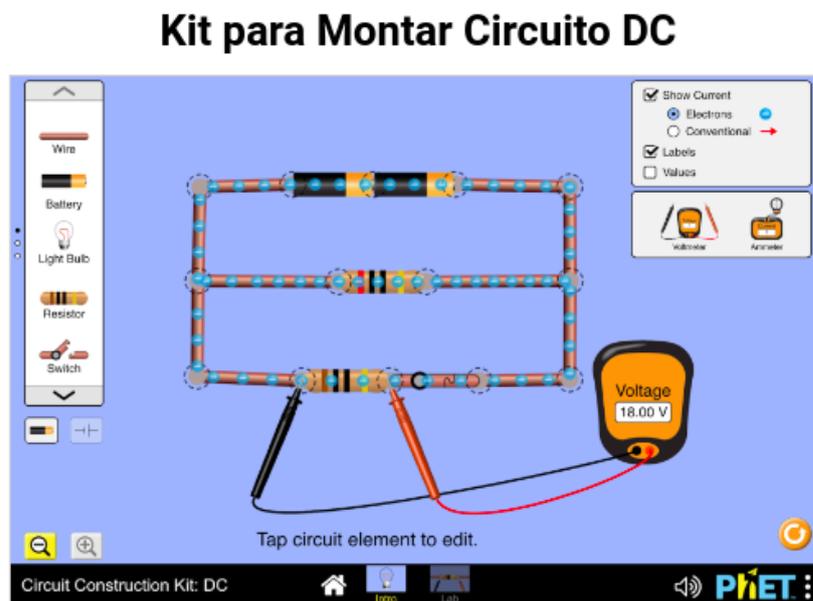
Este trabalho tem como característica apresentar alternativas em relação ao ensino da eletrodinâmica, trazendo como sugestão a utilização de um simulador integrado ao site PHET para a solução de questões.

### Simulador phet (Kit para montar circuito DC)

O projeto PHET – Simulações interativas da universidade do colorado, foi fundado no ano de 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o site apresenta simulações interativas gratuitas da área de Matemática, Biologia, Química e Física, se tornando uma ótima opção para quem busca simulações como ferramenta didática.

Para o referido artigo foi utilizado o simulador *Kit para Montar Circuito DC*. Nessa ferramenta o indivíduo será capaz de construir um circuito elétrico com resistores, lâmpadas, baterias, fusíveis e interruptores. Com a simulação ainda é possível analisar se materiais são isolantes ou condutores e também fazer medições de voltagem e corrente.

**Figura 14:** layout do simulador Kit para montar circuito DC



Fonte: Site PHET

Usando o simulador temos a liberdade de criar qualquer circuito, sendo ele com resistores, capacitores, fusíveis, baterias ou lâmpadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

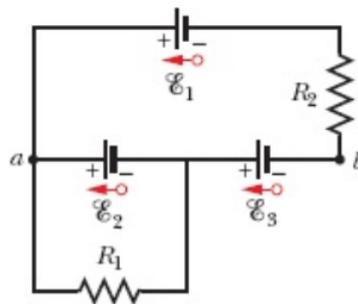
Este trabalho tem como característica a resolução de questões usando o simulador *kit para montar circuito DC*. O intuito é mostrar como o método de solução usando o simulador se torna mais prático e fácil, desse modo favorecendo o ensino e a aprendizagem.

As questões utilizadas neste trabalho foram retiradas do capítulo 27 presente no livro Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo, 10ª Edição / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. Para mostrar a eficiência do simulador na resolução das questões, será feita primeiro o método de solução tradicional e depois por meio do simulador, dessa forma vamos fazer a comparação dos dois métodos.

### Questão 1:

Na figura abaixo,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 50\Omega$  e as fontes ideais têm forças eletromotrizes  $\epsilon_1 = 6,0V$ ,  $\epsilon_2 = 5,0V$  e  $\epsilon_3 = 4,0V$ . Determine (a) a corrente no resistor 1, (b) a corrente no resistor 2 e (c) a diferença de potencial entre os pontos a e b.

**Figura 15:** Circuito elétrico 1



**Fonte:** Halliday (2016, p. 413)

### Solução tradicional:

(a) Para a solução, vamos adotar o sentido da corrente para a direita como positivo e aplicar a regra das malhas. Com isso, temos:

$$\epsilon_2 - i_1 R_1 = 0 \therefore i_1 = \frac{\epsilon_2}{R_1} = \frac{5}{100} = 0,05A = 50mA \quad (13)$$

(b) Aplicando a regra das malhas podemos calcular  $i_2$ . Temos:

$$\epsilon_1 - i_2 R_2 - \epsilon_3 - \epsilon_2 = 0 \therefore i_2 = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2 - \epsilon_3}{R_2} = \frac{6 - 5 - 4}{50} = -0,060A = -60mA \therefore |i_2| = 60mA \quad (14)$$

(c) Por fim vamos calcular a diferença de potencial entre os pontos a e b. Aplicando a regra das malhas no potencial a, temos:

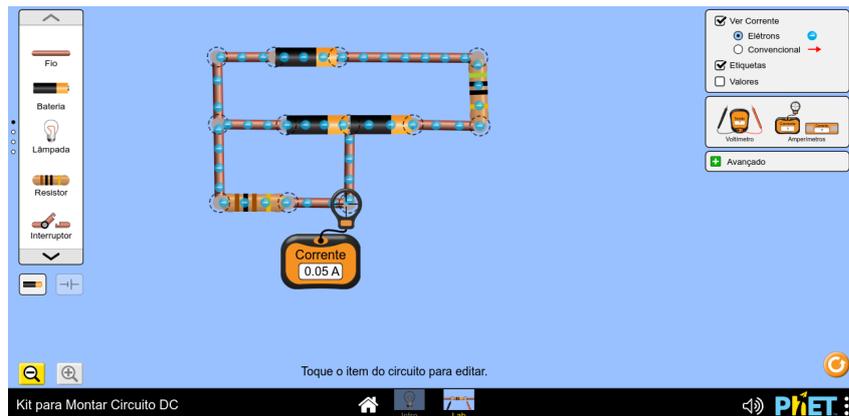
$$V_a = \epsilon_2 + \epsilon_3 + V_b \quad (15)$$

Subtraindo  $V_a$  e  $V_b$ :

$$V_a - V_b = \epsilon_2 + \epsilon_3 = 4 + 5 = 9V \quad (16)$$

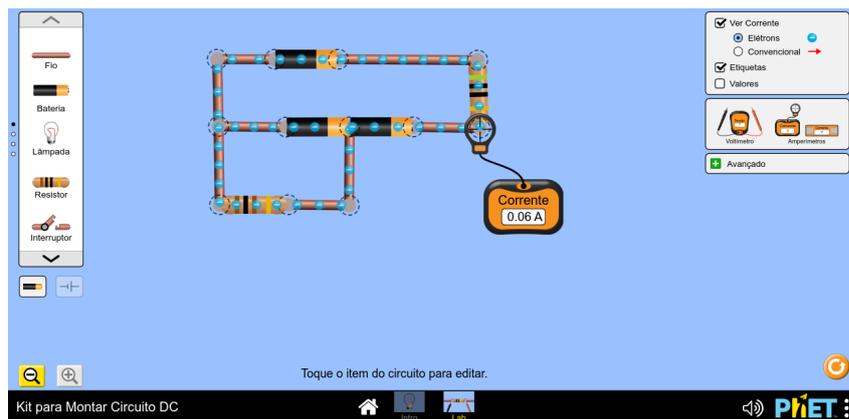
### Solução usando o simulador:

Com o simulador vamos usar o medidor de corrente no resistor  $R_1$ .

**Figura 16:** Circuito montado no simulador

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

A corrente observada foi de 0,05 A. Agora vamos fazer a medição da corrente do  $R_2$ . Para isso vamos acoplar o medidor de corrente no resistor  $R_2$ .

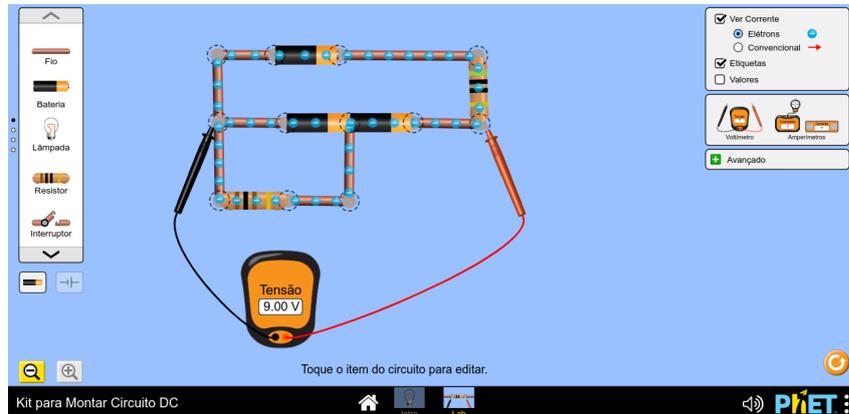
**Figura 17:** Circuito montado no simulador

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

Logo o valor observado da corrente é  $i_2 = 0,06A$ .

O ultimo passo é medir a diferença de potencial entre os ponto a e b. Para a medição vamos usar o medidor de voltagem, colocamos uma ponta de prova no nó  $A$  e outra no nó  $B$ .

**Figura 18:** Circuito montado no simulador



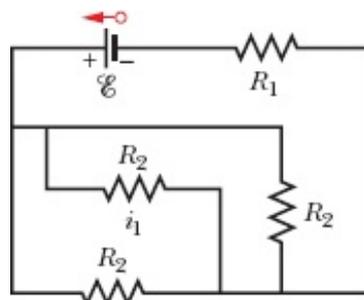
Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

Logo a diferença de potencial entre os dois pontos será igual a 9V.

**Questão 2:**

Na figura abaixo,  $R_1 = 6,00\Omega$ ,  $R_2 = 18,0\Omega$  e a força eletromotriz da fonte ideal é  $\mathcal{E} = 12,0$  V. Determine (a) o valor absoluto e (b) o sentido (para a esquerda ou para a direita) da corrente  $i_1$ . (c) Qual é a energia total dissipada nos quatro resistores em 1,00 min?

**Figura 19:** Circuito elétrico 2



Fonte: Halliday (2016, p. 420)

**Solução tradicional:**

(a) Primeiro vamos calcular a resistência equivalente dos resistores do circuito. Percebemos que os três resistores  $R_2$  estão em paralelo entre si e em série com  $R_1$ . Logo:

$$R_p = \frac{18}{3} = 6\Omega \quad (17)$$

Calculando em série com  $R_1$ , temos:

$$R' = R_1 + R_p = 6 + 6 = 12\Omega \quad (18)$$

Agora que encontramos a resistência equivalente podemos calcular a corrente. Vamos

utilizar a equação (6) para isso. Logo teremos:

$$R = \frac{V}{i} \therefore i = \frac{V}{R} = \frac{12}{12} = 1A \quad (19)$$

Logo essa é a corrente que atravessa R. Como esse equivalente está dividido entre três resistores em paralelo, vamos dividir o valor da corrente por três. Dessa forma:

$$i_1 = 0,333A \quad (20)$$

(b) O sentido da corrente é para direita

(c) Podemos calcular a energia total através da equação da potência. Usando a equação (8), vamos ter:

$$P = Ri^2 \therefore P = R' i'^2 = 1^2 \cdot 12 = 12W \quad (21)$$

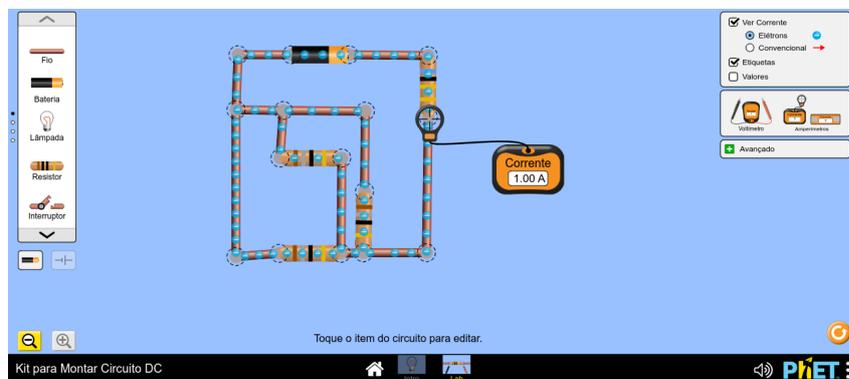
Logo a energia dissipada em 1 minuto será:

$$12W \cdot 60s \therefore 12J/s \cdot 60s = 720J \quad (22)$$

### ***Solução usando o simulador:***

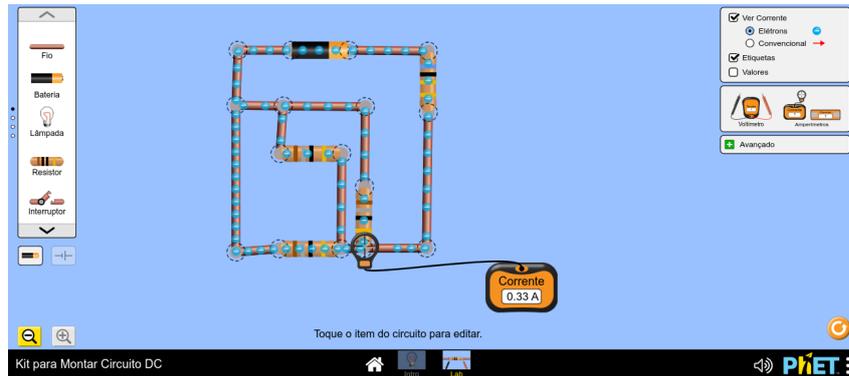
Primeiro vamos montar o circuito da figura no simulador. Logo depois vamos usar o amperímetro para medir a corrente  $i$  e depois medir  $i_1$ .

**Figura 20:** Circuito montado no simulador



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

Foi observado que  $i = 1A$ , que foi o mesmo valor encontrado na solução anterior.

**Figura 21:** Circuito montado no simulador

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

Agora vamos acoplar o medidor de corrente no fio onde se encontra o resistor  $R_1$ . Dessa forma conseguimos medir sua corrente, que foi igual a  $i_1 = 0,33A$ . Observando o circuito percebemos que o sentido da corrente é para direita. Agora que encontramos a intensidade da corrente podemos calcular a energia total dissipada.

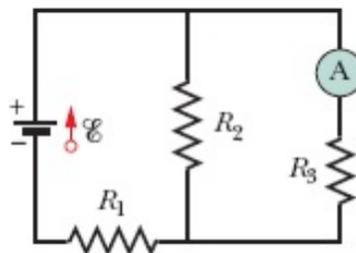
$$P = Ri^2 \therefore P = R' i^2 = 1^2 \cdot 12 = 12W \quad (23)$$

Logo a energia dissipada em 1 minuto será:

$$12W \cdot 60s \therefore 12J/s \cdot 60s = 720J \quad (24)$$

### Questão 3:

Na figura abaixo, determine a leitura do amperímetro para  $\mathcal{E} = 5,0 \text{ V}$  (fonte ideal),  $R_1 = 2,0\Omega$ ,  $R_2 = 4,0\Omega$  e  $R_3 = 6,0\Omega$ . (b) Mostre que, se a fonte for colocada na posição do amperímetro e vice-versa, a leitura do amperímetro será a mesma.

**Figura 22:** Circuito elétrico 3

Fonte: Halliday (2016, p. 425)

### Solução tradicional:

(a) Para encontrar a medição do amperímetro, primeiro vamos ter que calcular a corrente  $i_1$ . Para isso vamos usar a equação (6). Logo:

$$R = \frac{V}{i} \therefore i = \frac{V}{R} \quad (25)$$

O valor de  $R'$  vai ser dado através da resistência equivalente do circuito. Analisando cada malha do circuito, percebemos que os resistores  $R_2$  e  $R_3$  estão em paralelo entre si e em série com o resistor  $R_1$ . Desse modo vamos ter:

$$R' = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 \therefore R' = \frac{24}{10} + 2 = 4,4\Omega \quad (26)$$

Substituindo o valor de  $R'$  e da voltagem na equação 21, vamos ter:

$$i_1 = \frac{5}{4,4} = 1,14A \quad (27)$$

Desse modo:

$$i_3 = \frac{\varepsilon - i_1 R_1}{R_3} \therefore i_3 = \frac{5 - (1,14)(2)}{6} = 0,45A \quad (28)$$

(b) Para a nova situação vamos mudar os índices 1 e 3 da equação anterior. Como isso temos:

$$i_3 = \frac{\varepsilon}{R_3 + R_2 R_1 / R_2 + R_1} \therefore i_3 = \frac{5}{6 + 8/6} = 0,6818A \quad (29)$$

Assim:

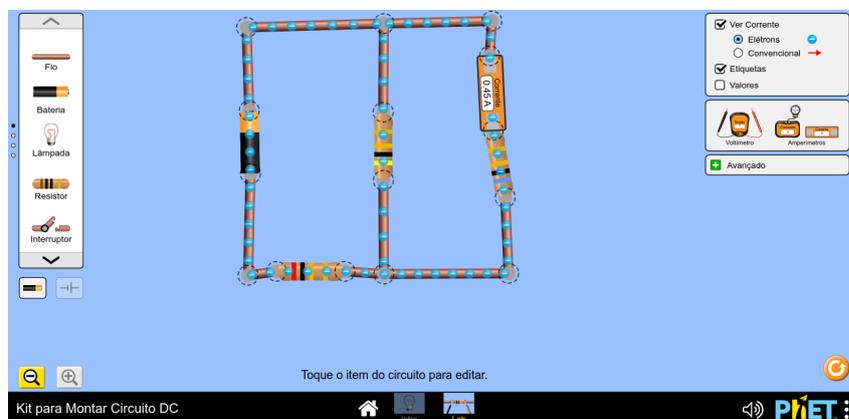
$$i_1 = \frac{5 - (0,6818)(6)}{2} = 0,45A \quad (30)$$

Dessa forma foi encontrado o mesmo valor do item anterior.

### ***Solução usando o simulador:***

Vamos montar o circuito no simulador, será acoplado o amperímetro no local exposto na Figura do circuito do problema 3.

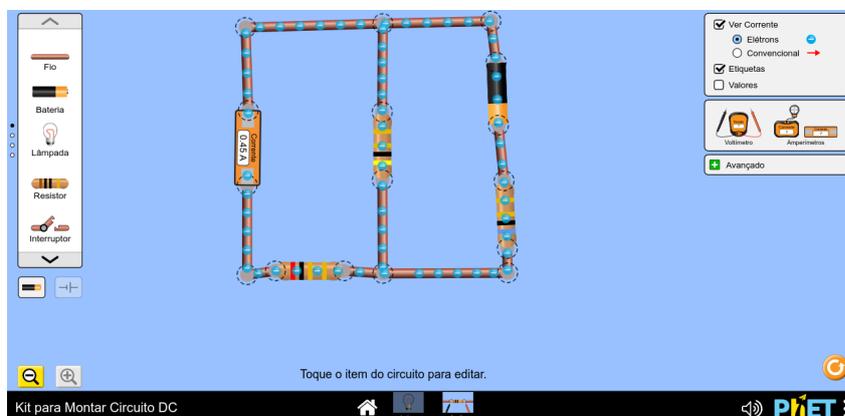
**Figura 23:** Circuito montado no simulador



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

Observamos que o valor medido foi de 0,45A. Agora vamos mudar o amperímetro de lugar e observar se o valor da corrente vai se alterar ou permanecer o mesmo valor.

**Figura 24:** Circuito montado no simulador



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021

Mesmo com a mudança do amperímetro o valor da corrente não se altera, dessa forma conseguimos mostrar o fato pedido pelo problema.

Comparando os dois métodos de solução foi notado que por meio do simulador há uma maior praticidade, coisa que através do método de solução tradicional não é percebido. O simulador pode estimular o aluno a desenvolver um raciocínio mais lógico e abrangente.

Ao diversificar o modelo de solução com o enfoque experimental desenvolve a dualidade de conceitos, de um lado o conceito tradicional que visa apenas fórmulas e cálculos e o modelo experimental que relaciona conceitos teóricos com experimentais esse fato pode criar uma motivação e um novo interesse para o aluno (Séré, 2003), tornando o processo de ensino e aprendizagem mais eficiente. Além disso acarreta no dialogo entre professor e aluno, dessa forma o discente sai do papel de observador e se torna um intermediador do seu conhecimento.

O papel da simulação no ensino de Física é de muita importância. "No âmbito científico, as simulações computacionais assumem um papel mais relevante do que uma ferramenta, elas constituem uma nova forma de produção científica". (Costa 2017, p.7532)

Dessa forma a assimilação dessas vertentes possibilita a melhoria do ensino e abrange a área do conhecimento cognitivo.

## 6 CONCLUSÃO

O trabalho escrito buscou desenvolver aspectos favoráveis ao ensino da eletricidade apresentando a resolução de questões do livro Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo, 10ª Edição / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, por meio de simulações demonstrativas.

O método de solução sugerido traz consigo aspectos relevantes para o ensino, através do simulador o aluno interliga os conceitos teóricos com os práticos estabelecendo relações empíricas, conseguindo relacionar teoria com prática. Cabe ao docente a implementação desses

conceitos em sua aula, além do simulador existe várias outras ferramentas que podem auxiliar no ensino de seus discentes. O simulador aqui exposto foi apenas uma demonstração dos inúmeros instrumentos didáticos que existem para interligar conceitos teóricos e práticos.

## REFERÊNCIAS

- BASTOS, Argemiro Midonês. **Tecnologias digitais: uso do Physics Education Technology Project (PhET) no ensino de eletrodinâmica**. Research, Society and Development, [s. l.], v. 9, n. 9, 2020.
- COSTA, Marcia da. **SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA: REVISÃO SISTEMÁTICA DE PUBLICAÇÕES DA ÁREA DE ENSINO**. Eixo – Educação, Tecnologia e Comunicação, Londrina, p.7532 - 7544, 2017.
- DORNELES, Pedro F.T et al. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasil, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.
- FEITOSA, Murilo Carvalho; LAVOR, Otávio Paulino. **ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS COM AUXÍLIO DE UM SIMULADOR DO PHET**. REAMEC, Cuiabá (MT), v. 8, n. 1, p. 125-138, 2020.
- Halliday, David, 1916-2010 **Fundamentos de física**, volume 3 : eletromagnetismo / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker ; tradução Ronaldo Sérgio de Brasil. - 10ª ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.
- HECK, Carine et al. **EXPERIÊNCIA DE INTEGRAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO: PERCEPÇÃO DOS ALUNOS**. Novas Tecnologias na Educação, [s. l.], v. 14, n. 2, Dezembro 2016.
- Irwin, J. David, 1939-**Análise básica de circuitos para engenharia** / J. David Irwin, R Mark Nelms ; tradução e revisão técnica Fernando Ribeiro da Silva. - Rio de Janeiro : LTC, 2010.
- LEIRIA, T. F.; MATARUCO, S. M. C. **O PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA**. Grupo de Trabalho - Formação de Professores e Profissionalização Docente, [s. l.], 2015.
- MARINHO, Edla C. P.; RODRIGUEZ, Ernesto A. V. **Aprendizagem no Ensino de Eletricidade desenvolvida por uma proposta de Educação por Projetos**. Ensino e tecnologia em revista, Londrina, v. 4, n. 1, p. 21-35, 2020.
- MONTAGEM THROUGH-HOLE**. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Montagem\\_through-hole&oldid=58755512](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Montagem_through-hole&oldid=58755512). Acesso em: 13 jul. 2020.
- NEVES, E. G. C; MÜNCHOW, R. **Caderno Didático – Eletrotécnica –Capítulo 06 - Medidas Elétricas**. Vol. 1. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).
- POTENCIÔMETRO**. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Potenciômetro>.

[//pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Potenci%C3%B4metro&oldid=61913179](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Potenci%C3%B4metro&oldid=61913179).  
Acesso em: 25 ago. 2021.

SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. **Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasil, v. 41, n. 1, e20180161, 2019.

SÉRÉ, M. G. **O papel da experimentação no ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Porto alegre, RS, v. 20, n. 1, p. 30-42, abril 2003.

VICENTE, Samira A.; PINTO, José A.F.; SILVA, Ana Paula B. **HISTÓRIA DA CIÊNCIA, EXPERIMENTAÇÃO E VÍDEOS: INTRODUÇÃO AO CONTEÚDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**. ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, Santo Ângelo, v. 10, n. 2, p. 151-165, 2020.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus pela conquista alcançada. Agradecer também a toda minha família pelo apoio ao longo do curso, especialmente a minha mãe, a senhora Maria das Graças, sem ela eu não teria chegado até aqui.

Ao meu pai e irmãos por ter dado todo apoio necessário.

Agradecer a minha noiva Maria da Luz, pela compreensão e apoio dado.

Agradecer a todos os professores que me ajudaram a adquirir conhecimento e sabedoria.

Agradecer de forma geral a todos que me ajudaram direta ou indiretamente ao longo da minha formação.