

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**JOÃO DE DEUS CARVALHO FRAZÃO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO EXPERIMENTOS SIMULADOS VIA  
PHET PARA A APRENDIZAGEM SOBRE A ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES NO  
ENSINO MÉDIO**

**TERESINA**

**2022**

**JOÃO DE DEUS CARVALHO FRAZÃO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO EXPERIMENTOS SIMULADOS VIA  
PHET PARA A APRENDIZAGEM SOBRE A ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES NO  
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

**Orientador(a):** Prof(a). Dr(a). Edina Marina de Sousa Luz

**TERESINA  
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBi/UFPI  
Biblioteca Setorial do CCN

F848s Frazão, João de Deus Carvalho.  
Sequência didática envolvendo experimentos simulados via PHET para a aprendizagem sobre a associação de resistores no ensino médio / João de Deus Carvalho Frazão. – 2022.  
132 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022.  
“Orientadora: Profa. Dra. Edina Marina de Sousa Luz”.

1. Ensino de Física. 2. Ensino-metodologia. 3. Prática Pedagógica. 4. Ensino Médio. I. Luz, Edna Marina de Sousa. II. Título.

CDD 537.6

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes. CRB/3-1461

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI**  
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**DE JOÃO DE DEUS CARVALHO FRAZÃO**

Às dez horas do dia oito de Março de dois mil e vinte e dois, reuniu-se na sala virtual da plataforma Google Meet, <https://meet.google.com/yto-cfrh-bqg?hs=224>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO EXPERIMENTOS SIMULADOS VIA PHET PARA A APRENDIZAGEM SOBRE A ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES NOS ENSINO MÉDIO" do discente João de Deus Carvalho Frazão, composta pelos professores Edina Maria de Sousa Luz (orientadora, UESPI), Izael Araújo Lima (ISEAF), Cláudia Adriana de Sousa Melo (UFPI), e Agmael Mendonça Silva (UESPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão a Orientadora e Presidente da Comissão, Profa. Edina Maria de Sousa Luz, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerada APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pela Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 08 de março de 2022.

Prof<sup>a</sup>. Edina Maria de Sousa Luz



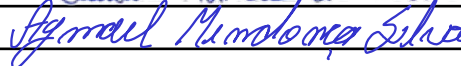
Prof. Izael Araújo Lima



Prof<sup>a</sup>. Cláudia Adriana de Sousa Melo



Prof. Agmael Mendonça Silva



Dedico esse trabalho a minha esposa, aos meus filhos,  
minha família e amigos que deram força e apoio nos  
momentos difíceis dessa jornada.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me iluminou durante esta caminhada.

A meus pais, Francisco e Maria Auxiliadora, por terem feito de mim um homem de bem e se sacrificado tanto em nome dos filhos, demonstrando o grande amor que tem.

A minha esposa, Evânia, que com muito amor e carinho, compreendeu minha ausência nos meus momentos de estudo e não mediu esforços para que eu atingisse meu objetivo.

Aos meus filhos, Breno e Bruno, por todo amor e carinho que me dá incondicionalmente, cujo sorriso renova minhas esperanças em um mundo melhor.

Aos meus irmãos, por estarem ao meu lado e pelo amor e carinho.

A todos os meus amigos e colegas do CETI – Didácio Silva, professores, coordenadores e diretora, pela amizade, companheirismo e apoio à aplicação do Produto Educacional.

A SBF, CAPES, MNPEF e UFPI pela competência e qualidade;

Agradeço aos professores, amigos e colegas do Programa de Mestrado que dividiram suas experiências e seus conhecimentos durante os nossos encontros;

A minha orientadora, Prof(a). Dr(a). Edina Marina de Sousa Luz, pela paciência, compreensão, acessibilidade e contribuições valiosas, que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

“A paz é a única forma de nos sentirmos realmente humanos”. (Albert Einstein).

## RESUMO

O presente trabalho aborda o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática orientada por experimentos simples, por meio de simulações via PhET (*Physics Educacional Technology*), um *software* que foi desenvolvido pela Universidade do Colorado, Estados Unidos, de fácil acesso e que traz simulações de alta qualidade em diversas áreas da ciência. Seguindo várias atividades para que os professores possam usar em suas aulas, onde os mesmos poderão fazer alterações de acordo com a realidade escolar ao qual os seus alunos estarão inseridos. Com a finalidade de identificar as habilidades cognitivas dos alunos através de um ambiente virtual sobre a associação de resistores em circuitos elétricos, despertando o interesse dos mesmos para o ensino de Física, sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa. Além disso, objetivamos que tal proposta possibilite e oriente os professores do ensino médio, através de uma Sequência Didática, a empregarem uma metodologia diferente na sala de aula capaz de identificar as dificuldades dos alunos sobre os conteúdos de circuitos elétricos, utilizando um ambiente virtual. Inicialmente aplicamos um questionário diagnóstico (pré-teste) nos alunos com a finalidade de averiguar se os mesmos possuíam subsunçores a respeito do conteúdo abordado. A metodologia de aplicação do produto educacional ocorreu de forma híbrida, tanto presencialmente quanto online, abordando os conteúdos de: lei de ohm; resistores, associação de resistores em série, associação de resistores em paralelo e associação mista de resistores, especialmente a Ponte de Wheatstone. No primeiro momento, foi apresentado os conteúdos por meio de explicações de forma oral, utilizando, projeção, resumos, esquemas, imagens e simulações criadas no *software* PhET. Na segunda etapa, foram entregues aos alunos os roteiros de construção dos circuitos elétricos para que os alunos construíssem os circuitos e respondessem os questionamentos pertencentes ao roteiro. Após o término da aplicação foi solicitado aos alunos que eles respondessem um questionário (pós-teste) com a finalidade de avaliar o produto educacional. Através dos resultados obtidos em função das respostas fornecidas pelos alunos verificamos a importância em relacionar a teoria com a prática no processo de ensino, bem como, a importância em proporcionar momentos em que os alunos possam participar ativamente desse processo. Levando-se em conta o que foi observado, notamos que o aluno começa aprender inicialmente por recepção, devido às explicações e orientações do professor para construção dos circuitos e explanação dos conteúdos em que os mesmos iriam utilizar para a elaboração de seus próprios circuitos. Ao construírem e testarem cada circuito conectando os conteúdos vistos em sala de aula com os existentes dentro do simulador, bem como, com os seus conhecimentos prévios, eles irão aprender por descoberta, testando e avaliando os circuitos que eles mesmos construíram. Por isso, o simulador PhET, torna-se uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento de uma aprendizagem autônoma e significativa.

**Palavras-chave:** Sequência Didática; Simulações; Aprendizagem Significativa.



## ABSTRACT

This work approaches the development and application of a didactic sequence guided by simple experiments, through simulations via PhET (Physics Educational Technology), a software that was developed by the University of Colorado, United States, of easy access and that brings simulations of high quality in several areas of science. Teachers will follow several different activities in their classes, where they can make changes according to the level and reality to which their students will be inserted, in order to identify the students' cognitive abilities through a virtual environment on the association of resistors in electrical circuits, arousing their interest for the teaching of Physics, from the perspective of Meaningful Learning. In addition, we aim that such a proposal enables and guides high school teachers, through a Didactic Sequence, to use a different methodology in their classroom to identify students' difficulties on electrical circuit contents, using a virtual desktop. First, a diagnostic questionnaire (pre-test) will be applied to the students in order to find out if they had subsumers about the content. The applied methodology of the educational product occurred in a hybrid way, both in person and online, covering the contents of: Ohm's law; resistors, resistors in series, resistors in parallel and mixed resistors, especially the Wheatstone Bridge. At first, the contents were presented through oral explanations, using projections, summaries, schemes, images and simulations created in the PhET software. Following, the electric circuits construction scripts were given to the students so that they could build the circuits and answer the questions related to the script. After completing the application, students were asked to answer a questionnaire (post-test) in order to evaluate the educational product. Through the results obtained with the data collection instruments, we realized that the use of simulators promotes significant learning.

Keywords: Didactic Sequence; Simulations; Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Princípio da Assimilação.....	22
Figura 2 – Condições da aprendizagem construtiva.....	25
Figura 3 – Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica, sugerindo que na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária desse contínuo e que um ensino potencialmente significativo pode facilitar “a caminhada do aluno nessa zona cinza” .....	26
Figura 4 – Circuito em equilíbrio eletrostático.....	37
Figura 5 – Circuito em equilíbrio eletrostático, com uma bateria inserida .....	38
Figura 6 – Resistor com uma resistência de $5,7\text{ k}\Omega$ e precisão (tolerância) de $\pm 10\%$ .....	40
Figura 7 – Um condutor uniforme de comprimento $l$ e área de seção transversal $A$ .....	41
Figura 8 – Relações corrente-voltagem para dois dispositivos. Somente para um resistor que obedece à lei de Ohm, como em (a), é que $I$ é proporcional a $V$ .....	42
Figura 9 – Associação de Resistores ( $R_1$ , $R_2$ e $R_3$ ) em série .....	43
Figura 10 – Associação de Resistores ( $R_1$ , $R_2$ e $R_3$ ) em paralelo .....	44
Figura 11 – Associação de Resistores ( $R_1$ , $R_2$ e $R_3$ ) mista .....	46
Figura 12 – Amperímetro .....	47
Figura 13 – Voltímetro .....	47
Figura 14 – Mili-Ohmímetro digital.....	48
Figura 15 – Multímetro .....	49
Figura 16 – Página inicial do PhET: Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual.....	53
Figura 17 – Página inicial: Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual.....	54
Figura 18 – Modelos de um circuito misto.....	55
Figura 19 – Verificação da lei de Ohm ( $U = R \cdot i$ ).....	56
Figura 20 – Associação de resistores em série .....	58
Figura 21 – Associação de resistores em série, funcionando perfeitamente .....	58
Figura 22 – Associação de resistores em série apresentando curto-circuito .....	59
Figura 23 – Associação em paralelo de lâmpadas .....	60
Figura 24 – Associação de resistores em paralelo, funcionando perfeitamente .....	60
Figura 25 – Ponte de Wheatstone .....	62
Figura 26 – Ponte de Wheatstone, funcionando perfeitamente .....	62
Figura 27 – Gráfico da tensão versus corrente .....	77

Figura 28 – Resposta da Q2: Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade com o simulador (PhET) nas aulas de Física? .....	84
Figura 29 – Resposta da Q4: Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade baseada na plataforma Phet em que você participou? .....	85
Figura 30 – Resposta da Q6: Você concorda que as discussões dentro da sala de aula junto aos seus colegas contribuíram para o esclarecimento das questões propostas durante a atividade? .....	87
Figura 31 – Resposta da Q7: Como você se sentiria se esta forma de atividade fosse realizada outras vezes?.....	88
Figura 32 – Resposta da Q8: Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados a Associação de Resistores?.....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resposta da Questão 1: Eletrodinâmica é uma área da Física que estuda as correntes elétricas, suas causas e os efeitos. O que você entende por corrente elétrica? .....	66
Quadro 2 – Resposta da Questão 2: As correntes elétricas tem papel fundamental no mundo contemporâneo, estando presente em diversas situações. Você como estudante acha importante discutir no dia a dia os conceitos de corrente elétrica?.....	67
Quadro 3 – Resposta da Questão 3: A corrente elétrica é causada por uma diferença de potencial (tensão elétrica). Você conhece algum dispositivo que produz uma diferença de potencial? Cite-os?.....	67
Quadro 4 – Resposta da Questão 4: Em situações que envolvem o “caminho” por onde se estabelece uma corrente elétrica é denominado circuito elétrico. Marque a alternativa que contém apenas elementos que compõe um circuito elétrico.....	68
Quadro 5 – Resposta da Questão 5: Na montagem de um circuito elétrico, é comum necessitarmos de um valor de resistência diferente dos valores fornecidos. Outras vezes, a corrente elétrica que vai atravessar o resistor é diferente à que ele pode suportar sem ser danificado. A solução é utilizar uma associação. Cite a diferença entre a associação de resistores (em série, paralelo e mista).....	69
Quadro 6 – Resposta da Questão 6: Em relação a um circuito elétrico que contém uma associação em série de três lâmpadas iguais, a intensidade de corrente elétrica é igual em todas elas. Por que essas lâmpadas não apresentam suas luminosidades normais?.....	70
Quadro 7 – Resposta da Questão 7: Se desligar uma das lâmpadas e observe que as demais se apagam. Então, quando temos vários aparelhos ligados em série, se a corrente em um deles for interrompida, o que acontecerá com a corrente nos demais? .....	71
Quadro 8 – Resposta da Questão 8: Com relação a um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo de três lâmpadas iguais. Por que essas lâmpadas apresentam suas luminosidade normais? .....	72
Quadro 9 – Resposta da Questão 9: Quando (queima)desligar uma das lâmpadas e observe que as demais continuam acesas. Então, quando temos vários aparelhos ligados em paralelo, se a corrente em um deles for interrompida, o que acontecerá com a corrente nos demais? .....	73
Quadro 10 – Resposta da Questão 10: Nas instalações residenciais temos um exemplo claro de um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo. Por que é conveniente utilizar esse tipo de associação, ao invés de utilizar uma associação em série? .....	74
Quadro 11 – Resposta da alternativa a .....	76

Quadro 12 – Resposta da questão 2.....	78
Quadro 13 – Resposta da Q1: Antes da atividade com o simulador PhET, você já tinha ouvido falar ou teve alguma experiência com essa plataforma virtual ou com outros simuladores? Se sim, como foi sua experiência? O que achou?.....	83
Quadro 14 – Resposta da Questão 3: Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através do uso do simulador? Se sim, indique as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta maneira.....	84
Quadro 15 – Resposta da Questão 5: Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos circuitos elétricos? Se sim, quais foram essas dificuldades?.....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Código de cores para resistores .....	40
Tabela 2 – Verificação da Lei de Ohm: Razão entre a tensão e corrente.....	57
Tabela 3 – Verificação da Lei de Ohm: Razão entre a tensão e corrente.....	75

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DDP	Diferença de Potencial
OP	Organizador Prévio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
SD	Sequência Didática
SEDUC	Secretaria de Educação e Cultura do Piauí
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE SIMULAÇÕES VIA PHET SOB OLHAR DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: REFLEXÕES GERAIS</b> .....	21
2.1 Concepções de aprendizagem no ensino .....	23
2.2 Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa .....	26
2.3 Condições para Aprendizagem Significativa .....	28
2.4 Material de aprendizagem potencialmente significativo .....	30
2.5 Sequência Didática .....	32
2.6 As simulações utilizando o PhET .....	34
<b>3 CONSIDERAÇÕES SOBRE UM CIRCUITO ELÉTRICO</b> .....	37
3.1 Corrente elétrica .....	37
3.2 Tensão elétrica .....	38
3.3 Resistores elétricos .....	39
3.4 Lei de Ohm e Associação de resistores .....	41
3.4.1 Lei de Ohm .....	42
3.4.2 Associação de resistores em série .....	43
3.4.2 Associação de resistores em paralelo .....	44
3.4.2 Resistores em associação mista .....	45
3.5 Instrumentos de medidas em um circuito elétrico .....	46
3.5.1 Amperímetro .....	46
3.5.2 Voltímetro .....	47
3.5.3 Ohmímetros .....	48
3.5.4 Multímetro .....	48
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	50
4.1 Caracterização da Pesquisa .....	50
4.2 Participantes da Pesquisa .....	51
4.3 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados .....	51
4.4 Análise de Dados .....	52
<b>5 PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	53
5.1 Descrição do Produto .....	53
5.2 Elaboração do Produto .....	56
5.3 Aplicação do Produto .....	63
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS</b> .....	65



<b>6.1 Avaliação das respostas do Pré-teste .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2 Análises e discussões sobre a aplicação do Produto Educacional .....</b>	<b>75</b>
6.2.1 Os Experimentos Simulados.....	75
<b>6.3 Avaliação do Produto Educacional.....</b>	<b>82</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer desses 15 anos como profissional docente, ministrando a disciplina de Física, no Ensino Médio, é possível observar as dificuldades enfrentadas pelos alunos no que se refere a compreensão dos conteúdos da Física. Nesse sentido, essa pesquisa teve como finalidade explorar soluções para problemas encontrados no aprendizado em sala de aula. Nesse cenário, torna-se necessário, além de identificar essas dificuldades, propor estratégias que explorem as aptidões e trabalhem o dinamismo do aluno no processo de ensino e aprendizagem.

A partir desse pensamento, devemos modificar a maneira que a Física vem sendo ministrada mecanicamente com apenas fixação de equações matemáticas e resolução de exercícios em circunstâncias descontextualizadas. Ainda de acordo com essa linha de pensamento, segundo Braathen (2012, p. 65), “a Aprendizagem Mecânica ocorre com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê [...]”. Como desdobramento, o aluno incorpora conhecimento por meio do que é repassado literalmente, desse modo, dificulta a abertura de uma interpretação baseada nos seus conhecimentos de mundo. Reflete-se assim, uma aprendizagem que acontece sem o incentivo da autonomia do aluno.

Compreende-se a disciplina de Física como componente da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, pois tem como finalidade explicar os fenômenos mais fundamentais da natureza, desde os mais simples até os mais complexos. Em suma, ao longo dos anos o ensino de Física permanece orientado por diferentes tendências que ainda hoje se expressam em sala de aula, podemos perceber a dificuldade dos alunos em analisar e compreender os conceitos e as aplicações de assuntos relacionado à Física.

Nesse contexto, se faz necessário a adoção de práticas docentes voltadas para a melhoria do ensino de ciências, sobretudo relacionadas ao ensino da Física. Além disso, temos que ampliar o entendimento de que é imprescindível atribuir sentidos as definições e conceitos físicos, instigar os alunos a uma finalidade no processo de Ensino e Aprendizagem. Desse modo, é necessário desenvolver os conteúdos da Física de forma contextualizada, buscando relacionar a sala de aula e os conhecimentos científicos em interação com os conhecimentos cotidianos, visando uma forma simplificada de melhor compreensão para o aluno.

Com relação ao Ensino e Aprendizagem dos conteúdos de Física no ensino médio é importante ressaltar que “é necessário mostrar na escola as possibilidades oferecidas pela Física e pela Ciência em geral como formas de construção de realidades sobre o mundo que nos cerca” (PIETROCOLA, 2001, p.31).

Desta maneira, assume grande importância Física no ensino médio, as sugestões didáticas baseadas no uso de experimentos simples, capaz de situar o aluno no mundo físico e tecnológico. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 2000, p. 22).

Os PCNs sinalizam que atualmente o ensino de Física tem-se realizado mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (BRASIL, 2000).

Sob tal ótica, para que a aprendizagem aconteça de maneira prazerosa para o aluno é preciso considerar a experiência dos alunos, o mundo em que vivem, garantir sua curiosidade frente aos desafios da natureza. Garantir que um problema não se torne um obstáculo, mas sim um desafio a ser ultrapassado de forma desafiadora, motivadora e entusiástica. Uma Física, cujo o significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendido.

Diante dos desafios que é o ensino e a aprendizagem, se faz necessário apresentar estratégias planejadas como forma de direcionar o entendimento de conteúdos e temas. A solução para tais problemas está na forma dos docentes conduzirem uma boa aula. Assim, a sequência didática (SD) atua como uma ação pedagógica, em que o docente assume o papel não de reprodutor de conteúdos escolares, mas sim de mediador de conhecimentos, dessa maneira os educandos se tornam sujeitos do processo de ensino e aprendizagem.

Nessa perspectiva, essa pesquisa propõe a utilização de uma SD com materiais acessíveis a alunos e professores para o ensino de circuitos elétricos, especialmente o que tange

os conteúdos correlacionados a associação de resistores, no 3º Ano do Ensino Médio, com ênfase na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a fim de que possam ser discutidos novos modelos para um ensino de Física no contexto da didática das ciências sobretudo na Física, pautado na experimentação dentro do assunto de Circuitos elétricos de corrente elétrica contínua e as extensões que garantam a qualidade desse processo, de modo a contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva.

Depois de tecidas essas considerações, apresentamos o problema dessa pesquisa: Quais as possibilidades de uma sequência didática utilizando a plataforma PhET como um material auxiliar para o professor de física contribuir para a aprendizagem de circuitos elétricos no ensino da Física?

Desta forma, essa pesquisa apresenta como objetivo geral: desenvolver uma sequência didática utilizando a plataforma PhET como ferramenta didática na abordagem de circuitos elétricos, no intuito de melhorar a qualidade do ensino da Física no ensino médio. Nessa visão, a pesquisa propõe como objetivos específicos:

- a) Elaborar uma Sequência Didática que possa identificar as habilidades cognitivas dos alunos através de um ambiente virtual sobre a associação de resistores em um circuito elétrico;
- b) Possibilitar e orientar os professores do ensino médio, através de uma Sequência Didática, a empregarem uma metodologia diferente na sala de aula capaz de identificar as dificuldades dos alunos sobre os conteúdos de circuito elétricos, utilizando um ambiente virtual;
- c) Avaliar a eficiência do PhET como recurso didático no Ensino de Física;
- d) Verificar o desenvolvimento das simulações sobre os conteúdos abordados, identificando se a realização dos experimentos e sua articulação com os conteúdos sobre a associação de resistores são os mais adequados a metodologia de pesquisa;
- e) Aferir qualitativamente os resultados obtidos da Sequência Didática.

Essa dissertação está organizada em sete seções. A primeira seção, fizemos considerações introdutórias sobre o ensino da Física, destacamos ainda a problemática e apresentamos o objetivo geral e os objetivos específicos que pretendemos alcançar com essa pesquisa, tendo como base a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Nos demais capítulos abordaremos tópicos que serão apresentados desde a concepção sobre uma sequência

didática até os resultados promovidos pela aplicação do produto educacional, como ilustra a descrição de cada capítulo a seguir:

➤ A segunda seção – Nessa seção, abordaremos a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, apresentando algumas concepções de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos as lentes dessa teoria. Bem como, apresentamos uma breve introdução a cerca sobre as sequencias didáticas. Dedicar-se ainda um espaço para argumentar sobre as simulações de um software educacional (PhET) pela sua praticidade, interatividade e representatividade na modelagem dos fenômenos físicos;

➤ A terceira seção – Destaca-se os conteúdos relacionados à eletrodinâmica, presentes no Produto Educacional. Apresentaremos as considerações sobre os elementos que constituem um circuito elétrico, apresentando algumas definições e conceitos de intensidade de corrente elétrica, resistores e resistência elétrica e associação em série e paralelo de resistores. Bem como, abordando algumas considerações a respeito dos instrumentos utilizados para a medição em circuitos elétricos;

➤ A quarta seção – abordaremos detalhadamente os Procedimentos Metodológicos que foram empregados no desenvolvimento dessa pesquisa, que auxiliaram a construção do Produto Educacional;

➤ A quinta seção – Descreve-se de maneira minuciosa o produto educacional aplicado nas salas de aula de forma híbrida (presencial e online) em uma turma de 3º ano do ensino médio no tratamento dos conteúdos de eletrodinâmica, desde a sua elaboração até a sua execução;

➤ A sexta seção – Apresentam-se os resultados obtidos através da aplicação do produto educacional por meio das análises dos questionários (do pré-teste, dos questionamentos do roteiro e do pós-teste), das observações com registros escritos e/ou fotográficos durante a prática juntamente como os depoimentos dos alunos participantes da pesquisa; A sétima seção – Expõem-se de forma sucinta as considerações finais discutindo as conclusões e os êxitos da proposta pedagógica, bem com as dificuldades enfrentadas durante a aplicação do produto educacional.

## **2 UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE SIMULAÇÕES VIA PHET SOB OLHAR DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: REFLEXÕES GERAIS**

Nessa seção, abordamos alguns fundamentos e reflexões gerais acerca da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel bem como, as concepções sobre a aprendizagem mecânica e significativa na visão de Ausubel, as perspectivas educacionais dessa teoria através de uma sequência didática (SD) que introduz o ensino sobre a associação de resistores, através da simulação em um determinado circuito elétrico virtual.

A Teoria da aprendizagem significativa (TAS) foi formulada pelo psicólogo norte-americano David P. Ausubel (MOREIRA, 2001), cujo as considerações iniciais apresentam registros a partir dos anos 60. No qual, tal aprendizagem foi uma das pioneiras a estudar as propostas psicoeducativas no sentido de entender a relação entre a aprendizagem e o ensino escolar. Ela está fundamentada na aprendizagem cognitiva, que considera o conjunto de informações, ideias e conceitos armazenados e organizados na mente do indivíduo aprendiz (ARAÚJO *et al*, 2015).

A TAS tem como ponto de partida para o seu desenvolvimento o conjunto de conhecimentos que o aluno traz consigo, que pode ser entendido com um complexo organizado de informações que abrangem um conjunto total de ideias que o aluno desenvolve em sua mente por meio da aprendizagem de certos assuntos. Essa estrutura que cada indivíduo possui, denomina-se de estrutura cognitiva, ao qual foi estipulada por Ausubel, pois segundo ele, é uma das variáveis mais importante que o professor deve levar em consideração no ato de ensinar (RONCA, 1994).

É na estrutura cognitiva que ocorre os processos por meio dos quais se adquire e se utiliza os conhecimentos. Nessa perspectiva, Ausubel considera que, a aprendizagem representa a organização e a integração do novo conhecimento na estrutura cognitiva. Como a ideia central da TAS é de que os alunos possam aprender a partir daquilo que eles já sabem, a mesma é uma teoria cognitivista que apresenta um processo de aprendizagem que ocorre na mente humana (BAYER; NUNES; MANASSI, 2015). Entretanto, não se pode moldar em todas as situações o novo conhecimento que foi já estabelecido, existindo outras possibilidades de modificações importantes nas estruturas cognitivas ampliando a capacidade de assimilar novas informações.

A partir do conhecimento já existente, novas conexões se formam e se ampliam, formando novos conceitos e transformando o conhecimento, dando significado ao que se está

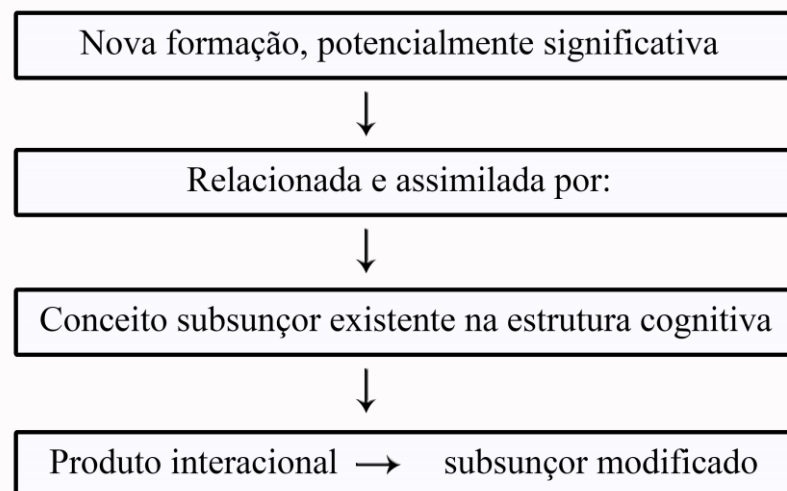
aprendendo. Pensando nessa lógica, para que novas informações se estabeleçam como aprendizagem, é preciso que elas se conectem e se associem aos conceitos já existentes, e estas conexões nada mais são do que trazer (ou levar) para a realidade do aluno o que se está abordando, criando mecanismos de associação (BRUINI, 2017).

Na sua teoria, a ideia central está na **aprendizagem significativa**, baseada no conceito de subsunção. Para Ausubel, para que ocorra uma aprendizagem significativa o novo conteúdo a ser ensinado deve estar relacionado com um elemento específico presente na estrutura cognitiva denominado **conceito subsunção** ou apenas **subsunção**. Em outras palavras, subsunção faz referência aos conhecimentos prévios dos indivíduos (MANASSI; SANTOS; BAYER, 2014). Neste sentido, Moreira (1999, p. 153, grifo do autor) diz que

[...] Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. **Estrutura cognitiva** significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo.

Nesse sentido, Lúcia Morosini Frazzon (1999), enfatiza o seguinte diagrama de Ausubel, que explica o processo de “subsunção” por meio do princípio da assimilação:

**Figura 1.** Princípio da Assimilação



**Fonte:** FRAZZON, 1999.

Segundo Manassi, Santos e Bayer (2014) quando no processo de ensino e aprendizagem verifica-se que os conteúdos são transmitidos de forma arbitrária, ou seja, sem uma devida correlação com os conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, Ausubel classifica como sendo uma **aprendizagem mecânica** (memorística), como completa Pellizari (2002, p. 38), “quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas e leis, mas esquece após a avaliação”.

Entretanto, considerando o fato de que em várias situações o indivíduo não apresenta nenhum conceito subsunçor a respeito de determinado assunto, por exemplo, crianças em pleno desenvolvimento intelectual (cognitivo), faz necessário o uso na maioria das vezes de uma transmissão memorística de informações (novos conceitos) com o fim de se criar e, posteriormente desenvolver subsunçores específicos relevantes para que novas informações possam ser correlacionadas e armazenadas na estrutura cognitiva (BAYER; NUNES; MANASSI, 2015). Como diz o próprio Ausubel (1980, p. 41),

a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.

Tratando o processo de ensino numa perspectiva de aprendizagem significativa, torna-se necessário a utilização de métodos mais elaborados para avaliar se o indivíduo conseguiu de fato transformar o conhecimento adquirido para que ocorra uma posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Nestes métodos deve-se priorizar enunciados fraseados de forma diferente do habitual para diversificar as situações-problema proporcionando uma abordagem diferente da costumeiramente encontrada nos materiais instrucionais

## 2.1 Concepções de aprendizagem no ensino

Segundo Braathen (2012, p. 65), “a Aprendizagem Mecânica ocorre com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê”. De acordo com o autor, o aluno



incorpora conhecimento por meio do que é repassado literalmente, desse modo, dificulta a abertura de uma interpretação baseada nos seus conhecimentos de mundo. Assim, a aprendizagem acontece de forma mecanizada, sem o incentivo da autonomia do aluno.

Um exemplo disso seria um aluno compreender o conceito e a definição de corrente elétrica, sem uma compreensão básica do conceito eletrodinâmico de portadores de cargas elétricas em movimento ordenado. Contudo procuramos, neste trabalho, auxiliar o professor através de uma SD fazendo com que o aluno alcance a aprendizagem significativa e, por isso, foi necessário procurar e compreender as evidências de sua ocorrência.

Para Pozo (2008, p. 48), “[...] o construtivismo o conhecimento é sempre uma interação entre a nova informação que nos é apresentada e o que já sabíamos, e aprender é construir modelos para interpretar a informação que recebemos [...]”. Concomitante a essa ideia, o ser humano não teria uma estrutura psicológica vinculada a conhecimentos com significados anteriores, ou seja, o ser humano construiria novos significados a partir da experiência como novas aprendizagens.

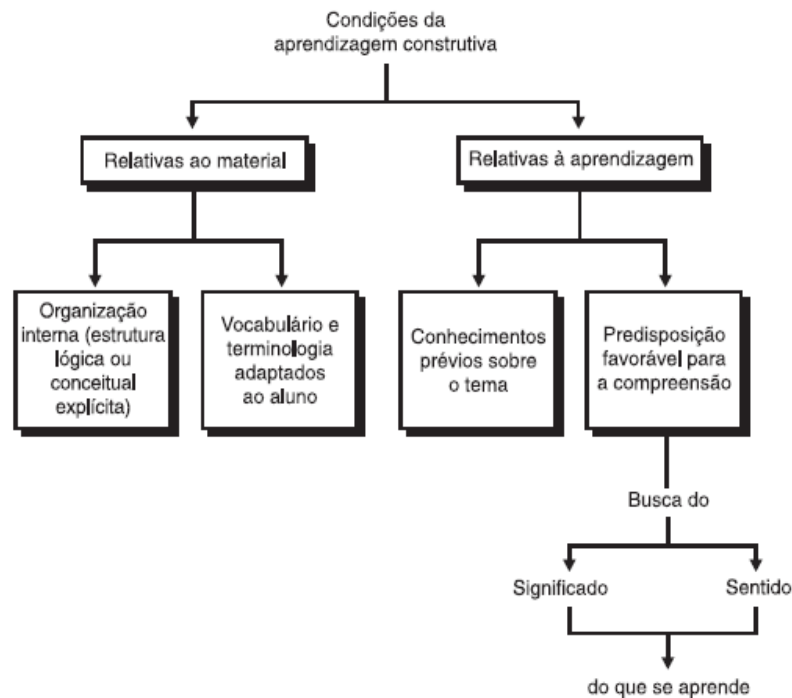
Ao contrário, assume-se o papel essencial da aprendizagem, como produto da experiência, na natureza humana. Nesse ponto o construtivismo se aproxima das posições empiristas, já que se aprende com a experiência, mas se distancia radicalmente delas ao defender que essa aprendizagem é sempre uma construção e não uma mera réplica da realidade (POZO, 2008, p. 48).

A ideia central de Pozo (2008), para a aprendizagem construtivista: trata-se de um processo em que o que aprendemos é o produto da informação nova interpretada à luz de, ou a através do que, já sabemos. Ou seja, o aluno não deve apenas reproduzir as informações recebidas, mas compreende-la juntamente com conhecimentos adquiridos anteriormente. Ainda segundo ele:

Somente assim compreendemos e somente assim adquirimos novos significados ou conceitos. De alguma forma, compreender é traduzir algo para as próprias ideias ou palavras. Aprender significados é mudar minhas ideias como consequência de sua interação com a nova informação (POZO, 2008, p. 126).

Em relação as condições ou requisitos para que se produza uma aprendizagem construtiva Pozo (1992), se utiliza das seguintes nomenclaturas, baseadas nas referências dos teóricos Ausubel, Novak e Hanesian (1978):

**Figura 2.** Condições da aprendizagem construtiva



**Fonte:** POZO, 2008. p. 127.

Moreira (2011b), em relação a aprendizagem significativa enfatiza que o conhecimento não se constrói por meio de quaisquer ideias prévias, pois para que ocorra a aprendizagem é necessário considerar o conhecimento existente no cognitivo do sujeito aprendiz, assim a interação ocorre conotativamente, subjetiva, não-literal. Ainda segundo ele “é importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos.

Esta forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante (MOREIRA, 2011a, p. 16).

Ainda em relação a aprendizagem significativa, Moreira (1999), destaca que as novas informações servem de alicerce para a construção já existentes no processo contínuo do aprendiz. Nesse sentido, Moreira cita os conhecimentos de Ausubel que enfatiza que a

aprendizagem significativa se baseia por informações já preexistentes organizadas conceitualmente como um todo e integrando elementos específicos.

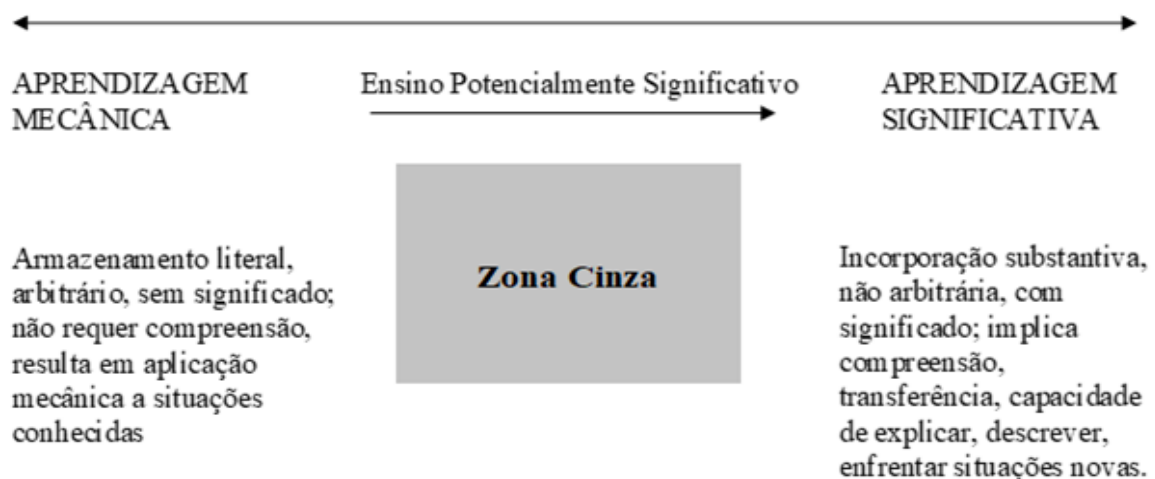
Ainda conforme Moreira (1999, p.153), “estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo”.

## 2.2 Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa

Antes de discorrer sobre a aprendizagem significativa, é importante enfatizar que a aprendizagem que mais ocorre na escola trata-se da **aprendizagem mecânica**, que abrange puramente o conhecimento memorialista, temporário e praticamente sem significado, no qual o aluno se limita a utilizar apenas para fazer provas. Visto que a Física, é vista por muitos alunos e até mesmo professores como uma disciplina que exige a memorização de teorias, leis e fórmulas matemáticas, forçando os alunos a uma aprendizagem mecânica (ARAÚJO *et al*, 2015).

Nesse aspecto, Moreira (2010, p. 12), destaca que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo. Tal como sugere a Figura 3, há uma “zona cinza” entre elas:

**Figura 3.** Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica, sugerindo que na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária desse contínuo e que um ensino potencialmente significativo pode facilitar “a caminhada do aluno nessa zona cinza”.



Fonte: MOREIRA, 2011a. p. 32.

De acordo com Moreira (2011a, p. 25), “a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”. Ainda de acordo com o autor a aprendizagem significativa se apoia nas ideias que são expressas simbolicamente e que interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aluno já sabe. Na aprendizagem significativa aluno compara o novo conhecimento com o subsunçor (conhecimento já existente), assim o novo conhecimento é modificado e internalizado na estrutura cognitiva desse aluno. (ARAÚJO *et al*, 2015).

Essas ideias partem dos conhecimentos que o aluno possui na estrutura do seu cognitivo e que ao ser incorporados, resultam em um conhecimento relevante para aprendizagem. Assim enfatiza-se que as características básicas da aprendizagem significativa, envolvem a não-arbitrariedade “quer dizer que o material potencialmente significativo se relaciona de maneira não-arbitrária com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz”. (MOREIRA, 2011a, p. 26).

Nesse sentido, entende-se que o processo da aprendizagem estabelece uma relação dependente com a estrutura cognitiva dos educandos constituindo as relações com o objeto de conhecimento. Assim, ocorre um avanço na apropriação da aprendizagem, já que o educando assume uma postura reflexiva favorecendo a criação de um novo conhecimento (MANASSI; SANTOS; BAYER, 2014).

Moreira (2011b) explica que “substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las [...]”. Nesse sentido, David Ausubel, chamava de subsunçor ou ideia-âncora a nova aprendizagem proporcionada ou adquirida pelo aluno, “[...] subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto [...]” (MOREIRA, 2011a, p. 2).

Ainda de acordo com o autor, a aprendizagem significativa envolve o processo de interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos. Com essa interação os conhecimentos adquirem novos significados para o sujeito e, conseqüentemente, maior estabilidade cognitiva.

“A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significativa para ele a partir

da relação com seu conhecimento prévio”. (KLAUSEN, p. 6404, 2015). Nessa perspectiva, o aluno não pode receber informações prontas para simplesmente reproduzi-las, mas unir as informações essas novas informações a seus conhecimentos prévios.

Nessa perspectiva, Moreira (2011a, p. 18) discorre:

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo”, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos.

Por outro lado, o subsunçor vai ficando mais coeso e, com isso vai se tornando ainda mais fácil para o sujeito adquirir e internalizar novas aprendizagens, facilitando ao aluno alcançar um novo subsunçor.

### 2.3 Condições para Aprendizagem Significativa

Para promover a aprendizagem significativa, Moreira e Masini (2001, APUD SANTOS, 2016), afirmam que em primeiro lugar, a princípio, é necessário estabelecer uma organização prévia dos conceitos que serão ministrados. Pois segundo Moreira (1999, p. 155, grifo do autor), Ausubel ainda propõe “o uso de **organizadores prévios** que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente”. Onde esses organizadores prévios tem a principal função de estabelecer relações entre ideias, preenchendo o espaço, o que o aluno já sabe e aquilo que ele necessita saber.

Entende-se como um organizador prévio (OP), materiais (instrumentos) introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem aos alunos, podendo ser um trecho de um filme, pequenas frases afirmativas, textos didáticos, perguntas, apresentações em computador, desenhos, fotos, frases e outros. Isto é, permitindo aos alunos uma integração com os novos conceitos aprendidos, fornecendo “ideias âncoras” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, servindo de suporte às novas aprendizagens (MORAES, 2015).

Segundo Moraes (2015), Ausubel considera que as funções básicas de um OP são:

(1) Oferecer uma estrutura formulada em ideias para a integração de um material/instrumento a ser apresentado aos alunos, onde o mesmo seja o mais adequado, detalhado e diferenciado, exposto aos alunos o que eles irão acompanhar e aprender;

(2) Aumentar a discriminabilidade entre o material com as ideias que sejam semelhantes ou contrárias existentes na estrutura cognitiva do aluno;

(3) Tornar as ideias já existentes na estrutura cognitiva do aluno de forma mais clara e objetiva, em que as mesmas possam servir de suporte às novas aprendizagens, potencializando assim as habilidades e competências de aprendizagem desse aluno.

Vale ressaltar que o próprio Ausubel, propôs o uso desses instrumentos, que foram denominados por ele como organizadores prévios ou antecipatórios. Tais instrumentos são utilizados, geralmente, quando o aluno não possui “subsunçores” que ancoram a aprendizagem de novos conhecimentos. Em outro caso, se constatado que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva desse aluno, não sejam claros, estáveis e satisfatórios para desempenhar as funções de ancoragem a um novo conhecimento. Como dito nas funções básicas desses instrumentos servem como ativadores de subsunçores em determinadas situações onde os mesmos estão presentes na estrutura cognitiva do aluno, mas não estavam sendo usados por ele (MORAES, 2015).

Diante do exposto, para entender como a aprendizagem significativa ocorre é preciso compreender o processo de modificação do conhecimento, ao invés da modificação dos comportamentos em um sentido externo e observável, e principalmente o reconhecimento da importância dos processos mentais possuem nesse desenvolvimento cognitivo. As ideias de Ausubel se caracterizam se baseando em uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, ao contrário do modelo tradicional, que busca uma tentativa generalização de transferência do conhecimento através de conceitos ou princípios meramente expositivos extraídos (PELLIZZARI *et al*, 2002).

Para Bayer, Nunes e Manassi (2015), de acordo com a TAS, a aprendizagem se tornará significativa se atender basicamente a duas condições, propostas por Ausubel:

1. A primeira condição, é que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo;
2. A segunda condição, o aluno deve manifestar uma predisposição para aprender.

Os autores referem-se sobre ao material a ser aprendido, para a primeira condição, em que o material utilizado para o desenvolvimento dos novos conhecimentos correlacionado de maneira substantiva e não arbitrária, seja potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva

A segunda condição é mais difícil de ser trabalhada, pois depende unicamente da predisposição do aluno em querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não arbitrária e não-literal em sua estrutura cognitiva e a seus conhecimentos prévios. Isso quer dizer que o aluno se sinta motivado a aprender, caso contrário a aprendizagem não será satisfatória e muito menos significativa (SANTOS, 2016).

Entretanto, mesmo que um material seja potencialmente significativo, isso não quer dizer que o aluno vai aprender de forma significativa, caso a intenção do aluno seja apenas memorizar, arbitrariamente e literalmente os conteúdos desenvolvidos em sala de aula, o resultado final dessa aprendizagem será mecânico (BAYER; NUNES; MANASSI, 2015).

#### **2.4 Material de aprendizagem potencialmente significativo**

Ausubel defende a importância do uso da aprendizagem significativa para a construção do conhecimento cognitivo em sala de aula, e ainda argumenta sobre a construção de materiais potencialmente significativos para a sua ocorrência. Com base na TAS, Marcos Antonio Moreira propôs uma SD, denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), sendo a mesma composta por várias etapas que durante todo o processo de execução os alunos sejam levados a construir o próprio conhecimento. Ele ainda recomenda que material seja elaborado de forma organizada, sendo capaz de prender a atenção dos alunos, através de situações reais expressas em seu cotidiano (FABRO, 2017).

Contudo, antes de elaborar de um Material Potencialmente Significativo, é necessário a aplicação de um questionário para os alunos responderem abordando sobre questões relacionadas ao seu cotidiano. Com o objetivo desse questionário foi investigar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos propostos. Isto é, para a produção de um material potencialmente significativo é de extrema importância levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e suas experiências que foram vivenciadas dentro ou fora da escola (BAYER; NUNES; MANASSI, 2015).

Na visão de Ausubel, o mais importante é identificar a princípio os conhecimentos prévios dos alunos acerca de determinada informação, conhecimento ou conceito e considerá-

lo, buscando adequar o ensino ao que ele sabe. Dessa forma, as novas informações são organizadas e repassadas para o aluno, fazendo com que o mesmo, compreenda essas novas informações, transformando os conhecimentos prévios (subsunçores) presentes em seu cognitivo, ou simplesmente desenvolvendo um novo conhecimento (ARAÚJO *et al*, 2015).

Um material é potencialmente significativo quando estes levam em consideração as informações mais relevantes capazes de suprir as necessidades relacionadas as condições do meio no qual os alunos estão inseridos com novas informações oriundas desses materiais a serem assimilados de forma significativa, ou seja, as novas informações interagem com as informais que são familiares do aluno, onde ambas ganham significado, tornando assim, uma aprendizagem que traz significado tanto para as novas quanto para as antigas informações (MANASSI; SANTOS; BAYER, 2014).

Nesse caso, o professor deve ficar atento tanto para os conteúdos ministrados quanto para as formas de organização desses conteúdos na estrutura cognitiva do aluno. Pois, estes conteúdos serão assimilados assumindo uma forma hierárquica na estrutura cognitiva desse aluno, onde conceitos mais amplos se superpõem a conceitos com menor relevância. (RONCA, 1994). Logo, através desse material, os alunos poderão compreender de uma melhor forma a importância dos novos conhecimentos, bem como, os resultados e as consequências que eles podem causar em sua vida. Vale ressaltar que a interação dos conhecimentos anteriores com os novos é um dos princípios básicos para a construção de uma aprendizagem significativa (BAYER; NUNES; MANASSI, 2015).

Contudo, o material de aprendizagem deve ter um significado lógico e que o mesmo esteja relacionado de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva do aluno, onde as ideias âncora mais relevantes serão relacionadas com esse material. Isto quer dizer que, o material deve ser relacionável a determinados conhecimentos e o aluno deve ter esses conhecimentos prévios necessários para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-literal (SANTOS, 2016).

Segundo Fabro (2017), caso o aluno não manifeste nenhum interesse em relacionar os seus conhecimentos prévios com o novo material, potencialmente significativo a sua estrutura cognitiva, ou seja, se ele tiver a intenção de memorizar o conteúdo proposto, a aprendizagem será mecânica. Do mesmo modo que ocorre quando o aluno está disposto para aprender, mas o processo e o produto da aprendizagem não serão significativos, caso material não seja potencialmente significativo.



Isto é, para que a aprendizagem ocorra de forma significativa é necessário a disposição desse aluno para relacionar o novo conhecimento com outro, mesmo que este tenha existência mínima de subsunções sobre o conteúdo proposto em sua estrutura cognitiva. Da mesma forma, caso o aluno esteja disposto a aprender os conteúdos, mas o material e o processo de assimilação dos mesmos não forem potencialmente significativos, o produto, a aprendizagem, também não será significativa (BAYER; NUNES; MANASSI, 2015).

Diante do exposto, buscamos, ao longo da pesquisa, a construção de um material potencialmente significativo que possa estimular os alunos do 3º ano do Ensino Médio a desenvolver o seu próprio conhecimento, motivando-os através de uma SD com atividades simuladas, pelo portal PhET, que apresentam situações presentes em seu dia a dia. Ao elaborarmos essa proposta, temos a consciência da importância da ligação entre o interesse dos alunos com o conteúdo presente no material fornecido a eles. Sendo assim, desejamos alcançar a aprendizagem significativa através da execução das atividades propostas na SD.

## **2.5 Sequência Didática**

Uma sequência didática (SD) é definida como um conjunto de atividades planejadas seguindo uma ordem, estrutura e um sistema articulado para a realização de determinados objetivos educacionais. Onde estes, possuem um início, um meio e um fim de total conhecimento tanto pelos professores quanto pelos alunos (ZABALA, 1998).

Na visão de Zabala (1998) a SD é uma série ordenada e estruturada contendo diversas atividades que formam as unidades didáticas, em outras palavras, é um produto onde o professor, mediante os objetivos que ele pretende alcançar com seus alunos. Assim, o professor organizará as atividades sistematicamente, apresentando uma produção inicial ou diagnóstica para avaliar as habilidades dos alunos já adquiridas. Assim, poderá ajustar as demais atividades e os exercícios previstos na SD.

A SD é planejada para ensinar um determinado conteúdo, etapa por etapa, indo de acordo com os objetivos que o professor deseja alcançar, envolvendo atividades propostas para aprendizagem de seus alunos, que podem levar dias, semanas ou o ano letivo. Em outras palavras, é um método capaz de encaixar os conteúdos a uma temática, apresentando ao aluno atividades práticas ou lúdicas através de um material diferenciado que permite a construção de

novos conhecimentos ao aluno, por apresentar desafios a ele (PERETTI; TONIN DA COSTA, 2013).

Ao iniciar uma SD, é sugerido ao professor realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e, a partir daí, planejar uma variedade de aulas com desafios e/ou problemas diferenciados (PERETTI; TONIN DA COSTA, 2013). Neste caso, tais sequências funcionam como uma estratégia educacional que visam o desenvolvimento de metodologia ativa capaz de ajudar aos alunos na resolução de diversas dificuldades reais sobre um tema específico. Que será discutido, planejado e desenvolvido ao longo de um período de tempo através das várias atividades da SD. Para isso, a de base de uma SD, contém uma seção de abertura, contendo uma apresentação detalhada das atividades a serem realizadas (LINO DE ARAÚJO).

Após esta etapa, a SD será estruturada em módulos (ou oficinas, ou encontros) constituídos em atividades ou exercícios sistemáticos que permitem aos alunos executarem e apreenderem as características conceituais, os dados estatísticos e composição da temática de estudo. O número dos encontros varia de acordo com os objetivos, temática e os conhecimentos prévios dos alunos, sobre a temática abordada. Por fim, a produção final, é o momento em que os alunos são avaliados pelo professor (LINO DE ARAÚJO).

Possibilitando uma melhora da atuação do professor em sala de aula, introduzindo diferentes formas de intervenção presentes nas atividades da SD, como resultado de um conhecimento mais profundo, que vem a partir da construção e acumulação de todas as variáveis sobre o assunto abordado (ZABALA, 1998).

Utilizando essa estratégia, os professores esperam dar mais sentido ao seu processo de ensino e aprendizagem de seus alunos e, ao mesmo tempo, aumentando a participação dos mesmos nas atividades pedagógicas de forma ativa, como também, o seu aprendizado. Contudo, vale ressaltar que, ao planejar uma SD, deve ser levada em consideração as relações interativas entre professor/aluno, aluno/aluno e as influências dos conteúdos nessas relações, tanto para o papel do professor quanto para o papel do aluno. Como também, a organização dos agrupamentos, dos conteúdos, do tempo e espaço, dos recursos didáticos e da avaliação dos alunos (BATISTA; OLIVEIRA; PILEGI RODRIGUES, 2016).

O diferencial no uso de uma SD como uma metodologia de ensino é que as atividades presentes nessa SD são elaboradas e desenvolvidas seguindo uma lógica sequencial, permitindo ao professor visualizar o conhecimento inicial do aluno, para que se concretize a evolução desse

conhecimento. Dependendo unicamente do professor se apropriar das propostas apresentadas na mesma (BATISTA; OLIVEIRA; PILEGI RODRIGUES, 2016).

A SD para este trabalho envolve um estudo sobre a associação de resistores em circuito elétrico, bem como, a importância do uso de um *software* no ensino de Física, através de simulações computacionais. Onde essas simulações são ambientes animados, interativos muito semelhantes a um jogo, no qual os alunos aprendem por meio de uma exploração examinando e executando o próprio *software* (MCKAGAN *et al*, 2008).

## 2.6 As simulações utilizando o PhET

Os simuladores reproduzidos através de um *software* ou site permitem uma maior participação dos alunos em sala de aula, possibilitando aos mesmos a manipulação e verificação das variáveis ou dos resultados, podendo estes analisar como ocorre um fenômeno Físico. Um desses *softwares* que é disponibilizado gratuitamente na internet é o PhET (*Physics Educational Technology*), que foi desenvolvido pela Universidade do Colorado, Estados Unidos, de fácil acesso e que traz simulações de alta qualidade em diversas áreas da ciência, que podem ser baixadas gratuitamente pelo portal PhET ([https://PhET.colorado.edu/pt\\_BR](https://PhET.colorado.edu/pt_BR)) (PASSOS *et al*, 2019).

Além desse *software* ser de uso gratuito, o mesmo apresenta outras vantagens. Pois tal *software* apresenta diversas simulações para os conteúdos de Física, podendo ser usado diretamente no site ou instalado no computador, apresentando os conceitos de forma cientificamente corretamente, e o mais importante que o mesmo não apresenta requisitos que limitem o seu uso (PASSOS *et al*, 2019).

Como esse tipo de *software* é voltado para demonstrações de experimentos virtuais, pois não há riscos de manuseá-lo. Vale ressaltar que a simulação por diversas vezes é usada para auxiliar no entendimento de uma determinada prática experimental, principalmente quando os experimentos práticos são extremamente complicados de serem realizados de aula, ou possuírem um alto custo no mercado. (ARAÚJO *et al*, 2015).

Pois estes simuladores reproduzem virtualmente um fenômeno real, possibilitando que os alunos possam explorar os modelos propostos, modificando seus parâmetros e suas variáveis, através da comparação entre as noções e concepções acerca do fenômeno estudado em sala de aula (PASSOS *et al*, 2019).

Todas as simulações presentes no portal no PhET antes de serem publicadas são bem planejadas, desenvolvidas e avaliadas para a verificação do aprofundamento sobre os conteúdos existentes nas mesmas, examinando as explicações fornecidas estão corretas. Contudo, todas essas simulações possuem uma simplicidade em sua utilização, permitindo que os alunos descubram sozinhos novas formas de aprender. Pois a maioria dos comandos pode ser ativado ou desfeita com apenas um clic, fazendo com que os alunos utilizem de diversas formas essas simulações, desenvolvendo assim um novo conhecimento no seu cognitivo (ARAÚJO *et al*, 2015).

Neste sentido, o simulador PhET possibilita aos professores um maior dinamismo em sala de aula, já que os mesmos podem mesclar as aulas teóricas com as práticas, visto que o uso dessa tecnologia torna o aprendizado de forma interativa (FALCHI; FORTUNATO, 2018). Pois as aulas realizadas oralmente, expostas pelos professores, são cansativas aos olhos dos alunos. Contudo, o uso de simulações em sala de aula apresentará uma aprendizagem por descoberta, possibilitando aos alunos verificação dos conteúdos, fazendo com os mesmos apresentem soluções para os problemas propostos, pois os mesmos podem verificar, por si só, todas as funções do simulador, e até mesmo questionando-as (ARAÚJO *et al*, 2015).

De acordo Araújo *et al* (2015), o uso do Portal PhET como um recurso didático, desperta a curiosidade dos alunos, por ser algo diferente e inovador, levando estes alunos a uma evolução da aprendizagem dos conteúdos estudados. Além disso, pode se observar os conhecimentos prévios apresentados por alguns alunos sobre conceitos físicos, onde estes podem ser classificados como subsunçores e outros não. Possibilitando aos alunos a se questionarem sobre esses conhecimentos, possibilitando a reestruturação dos mesmos, formando assim um conhecimento mais aprofundado.

Por isso, os professores podem usar o simulador no laboratório de informática da própria escola como uma ferramenta de ensino, sem a necessidade do uso da internet no momento da aula. Pois é possível a instalação do simulador no computador ou dispositivo eletrônico, que possua um aplicativo Java, Flash ou HTML5, pois os mesmos permitem o armazenamento das aplicações da internet para uso offline. Contudo, o professor pode optar pelo o uso online, acessando o site da plataforma, e clicando na opção “Entre aqui e Simule”, onde aparecerá uma lista extensas de simulações prontas para serem usadas em sala de aula. (FALCHI; FORTUNATO, 2018).

Conforme as palavras de Araújo *et al* (2015), o uso do Portal PhET possui a capacidade de influenciar satisfatoriamente os alunos melhorando seu aprendizado de forma significativa para a melhor compreensão dos conteúdos de física, aumentando o interesse e motivação dos alunos. Além de contribuir com o desempenho das aulas, melhorando e capacitando o professor, pois através do uso das simulações computacionais, o mesmo deixa de ser apenas um detentor de conhecimento tornando-se um mediador.

Nesse sentido, o conhecimento transmitido pelo professor é levando em consideração as competências profissionais que não se restringem somente ao domínio dos conteúdos a serem ministrados. Portanto, o professor irá contribuir para uma docência de qualidade, fornecendo também o desenvolvendo de uma nova aprendizagem aos seus alunos, familiarizando-os com esses recursos didáticos tecnológicos, além de promover diversas competências (PASSOS *et al*, 2019).

### 3 CONSIDERAÇÕES SOBRE UM CIRCUITO ELÉTRICO

Nessa seção, apresentamos definições e conceitos sobre os elementos que constituem um circuito elétrico. Diante disso, faremos algumas considerações a respeito da corrente elétrica, resistores, lei de Ohm, associação de resistores, os fundamentos de um circuito elétrico e instrumentos utilizados para a medição em circuitos elétricos, mostrando a importância da corrente elétrica no desenvolvimento tecnológico e no nosso cotidiano.

#### 3.1 Corrente elétrica

A eletrodinâmica é um ramo da Física que trata do estudo de cargas elétricas em movimento, ou seja, as correntes elétricas, seus efeitos e suas causas. O fluxo de cargas elétricas através de condutores constitui uma corrente elétrica, ou seja, corrente elétrica e o movimento ordenado de portadores de cargas elétricas.

Apesar de uma corrente elétrica ser uma corrente de cargas em movimento, nem todas as cargas em movimento constituem uma corrente elétrica. Para que haja uma corrente elétrica através de uma determinada superfície, tem que haver fluxo resultante de cargas através dessa superfície (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2003, p. 98).

A Figura 4 mostra um circuito fechado onde não possui um fluxo de cargas elétricas, isso ocorre por que todo circuito possui o mesmo potencial, nesse caso o fluxo resultante de cargas é o mesmo, logo não pode existir um campo elétrico no seu interior e em sua superfície.

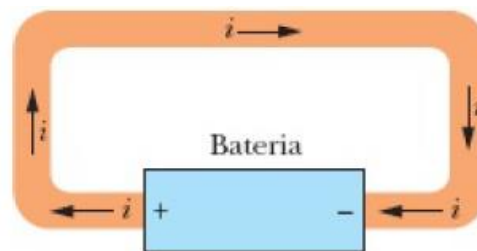
**Figura 4.** Circuito em equilíbrio eletrostático.



**Fonte:** HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

Enquanto a Figura 5 mostra o mesmo circuito, mas com uma bateria inserida, que produz uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades desse circuito. A bateria produz um campo elétrico no interior do circuito, de um polo a outro, fazendo com que as cargas elétricas se movam, esse movimento é a corrente elétrica.

**Figura 5.** Circuito em equilíbrio eletrostático, com uma bateria inserida.



**Fonte:** HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

A corrente elétrica  $i$  é definida, pela quantidade de carga elétrica resultante por unidade de tempo que passa um plano condutor.

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ (definição de corrente elétrica)} \quad (1)$$

A carga elétrica que atravessa o condutor em um intervalo de tempo que vai de 0 até  $t$  é obtido pela integral:

$$q = \int dq = \int_0^t i dt, \text{ (carga elétrica)} \quad (2)$$

em que a corrente elétrica  $i$  pode variar com o tempo.

Ainda em nas palavras do autor, no Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de corrente elétrica é o coulomb por segundo, também denominado de ampère (A):

$$1 \text{ ampère} = 1 \text{ A} = 1 \text{ coulomb por segundo} = 1 \text{ C/s.}$$

### 3.2 Tensão elétrica

A Tensão elétrica, também chamada de ddp, é uma grandeza física que mede a diferença de potencial elétrico entre dois pontos, a voltagem, originada através da unidade aplicada ao potencial ou tensão de um circuito. A tensão é a responsável pela movimentação das cargas

desse circuito. Dessa forma, pode ser entendida como a tendência necessária para movimentar uma carga elétrica de um ponto a outro do circuito.

Pois, segundo Young e Freedman (2015) definimos o potencial elétrico (ou apenas potencial)  $V$  em qualquer um dos pontos distintos de uma região dotada de um campo elétrico com uma energia potencial  $U$  por unidade de carga, associada a uma carga de teste  $q_0$  nesse ponto. Para determinar a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, dividimos a energia potencial pela carga teste:

$$V = \frac{U}{q_0} \quad \text{ou} \quad U = q_0 V \quad (3)$$

Através da equação (3), notamos que, o potencial elétrico (ou tensão elétrica) é uma medida que quantifica uma energia potencial por unidade de carga, a unidade do SI do potencial elétrico e da diferença de potencial, definida como volt (V) ou joule por coulomb:

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$$

Isto é, 1 J de trabalho será realizado para que uma carga elétrica de 1 C se desloque de seus terminais através de uma diferença de potencial de 1 V.

### 3.3 Resistores elétricos

Segundo Serway e Jewett Jr (2014), os **resistores** são dispositivos elétricos que compõem circuitos elétricos diversos, a sua finalidade é transformar energia elétrica em energia térmica (Efeito Joule), outra função é a possibilidade de alterar o valor da ddp em determinada parte do circuito. O resistor fornece uma resistência específica para um circuito elétrico através da Equação adiante, que nos mostra que a tensão em um resistor é o produto da resistência e da corrente no resistor.

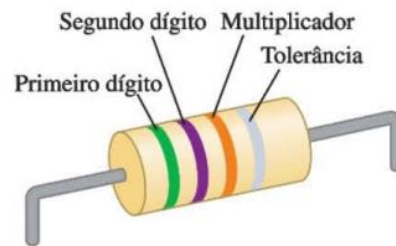
$$V = IR \quad (4)$$

Os resistores podem ser classificados com um elemento que possui uma determinada quantidade de resistência em suas extremidades. Os mesmos são geralmente cilindros com dimensões de alguns milímetros de diâmetro e de comprimento, e possuem fios que saem de suas extremidades. A resistência, normalmente, pode ser marcada sobre os resistores através de



um código de cores (com três ou quatro faixas coloridas) próximo de uma das extremidades, como podemos notar na Figura 6.

**Figura 6.** Resistor com uma resistência de 5,7 k $\Omega$  e precisão (tolerância) de  $\pm 10\%$ .



**Fonte:** YOUNG; FREEDMAN, 2015.

A Figura 6 ilustra a combinação de cores verde-violeta-vermelho que por consequência possui uma resistência igual a  $57 \times 10^2 \Omega$  ou 5,7 k $\Omega$ . Para mais detalhes sobre a composição sobre os códigos de cores para resistores, a Tabela 1 adiante, destaca as informações sobre as faixas de cores presentes em um resistor.

**Tabela 1.** Código de cores para resistores

Cor	Número	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	$1^1$	
Marrom	1	$10^1$	
Vermelho	2	$10^2$	
Laranja	3	$10^3$	
Amarelo	4	$10^4$	
Verde	5	$10^5$	
Azul	6	$10^6$	
Violeta	7	$10^7$	
Cinza	8	$10^8$	
Branco	9	$10^9$	
Ouro		$10^{-1}$	5%
Prata		$10^{-2}$	10%
Sem cor			20%

**Fonte:** SERWAY; JEWETT JR, 2014.

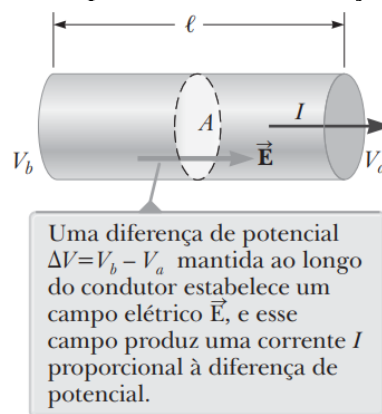
A Tabela 1, ilustra a função das cores presentes em um resistor, que é determinar o valor da resistência de um resistor sem a necessidade de aparelhos de medição. Analisando tanto a Tabela 1 quanto a Figura 6, notamos que as duas primeiras faixas (começando com a faixa mais

próxima de uma das extremidades) indicam dígitos, e a terceira faixa mostra o fator de multiplicação em potência de 10, a quarta faixa, quando existe, indica o valor da precisão ou tolerância do resistor

### 3.4 Lei de Ohm e Associação de resistores

Segundo Serway e Jewett Jr (2014), quando uma ddp  $V$  for aplicada nas extremidades de um condutor metálico, conforme ilustrado na Figura 7, a corrente no condutor será proporcional à tensão aplicada.

**Figura 7.** Um condutor uniforme de comprimento  $\ell$  e área de seção transversal  $A$ .



**Fonte:** SERWAY; JEWETT JR, 2014.

Essa proporcionalidade foi expressa na Equação (4), onde  $R$  indica a resistência do condutor. Determinamos essa resistência com base nessa equação, como a razão entre tensão ao longo do condutor e a corrente que ele transporta:

$$R = \frac{V}{I} \quad (\text{definição de resistência}) \quad (5)$$

A resistência é medida com a unidade do SI de volts por ampère, chamada de ohm ( $\Omega$ ).

$$1 \text{ ohm} = 1 \Omega = 1 \text{ volt por 1 ampère} = 1 \text{ V/A.}$$

Através da Equação (5), percebemos que a resistência é a quantidade que determina a corrente resultante da tensão em um determinado circuito, que são inversamente proporcionais.

Em outras palavras, quando a resistência aumenta para uma tensão fixa, a corrente diminui, mas se a resistência diminui, a corrente aumenta.

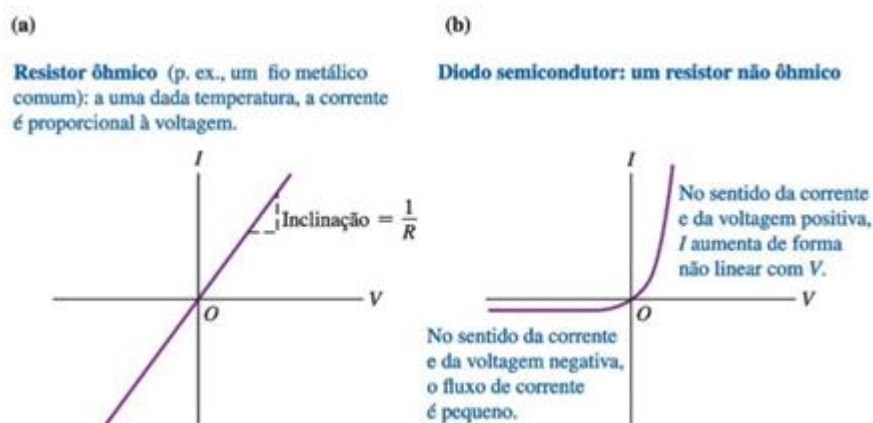
### 3.4.1 Lei de Ohm

De acordo com Young e Freedman (2015), a Equação (4) é chamada de lei de Ohm. Contudo, vale ressaltar que o verdadeiro significado da lei de Ohm consiste na indicação de uma proporcionalidade direta (para alguns materiais) de  $V$  com  $I$ . As Equações (4) ou (5) definem apenas a resistência  $R$  para qualquer condutor que obedeça ou não à lei de Ohm, fornecendo uma relação importante entre tensão, corrente e resistência.

Diferente das demais leis Físicas, a Lei de Ohm não é uma lei fundamental da natureza, mas um comportamento válido, sob certas condições, para determinados materiais e dispositivos. Os materiais ou dispositivos que obedecem à lei de Ohm possuem uma resistência  $R$  constante sob uma ampla faixa de tensões, sendo chamados de ôhmicos e os que não obedecem são chamados de não-ôhmicos. Em outras palavras, um dispositivo condutor obedece à lei de Ohm, dentro de certos limites, quando sua resistência é independente do valor e da polaridade da diferença de potencial aplicada.

Para um resistor que obedece à lei de Ohm, o gráfico da corrente em função da tensão (voltagem) possui relações lineares, tendo uma inclinação da reta é igual a  $1/R$ . Isto é, quando o sinal da ddp varia, o sinal da corrente também varia.

**Figura 8.** Relações corrente-voltagem para dois dispositivos. Somente para um resistor que obedece à lei de Ohm, como em (a), é que  $I$  é proporcional a  $V$ .



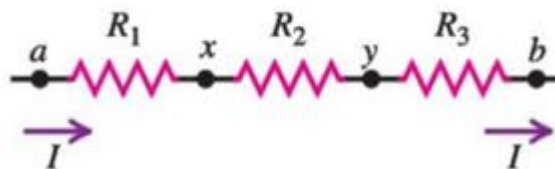
**Fonte:** YOUNG; FREEDMAN, 2015.

Na Figura 8, temos dois dispositivos um ôhmico (a), que apresentam a inversão de polaridade das extremidades do condutor, de modo que a corrente e a densidade de corrente invertam os sentidos, e um não-ôhmico (b), que não obedecem à lei de Ohm, assim, a corrente pode não ser proporcional à voltagem e por isso, ela pode não ser invertida com a inversão da voltagem.

### 3.4.2 Resistores em série

A Associação de Resistores de circuito que possui dois ou mais resistores, apresenta três tipos específicos de associação: em série, em paralelo e mista (combinação de resistores em série e em paralelo). Quando dois ou mais resistores são conectados juntos dizemos que estão associados em série. Como mostrado na Figura 9, adiante, apresentado três resistências ligadas em série a uma fonte ideal de força eletromotriz.

**Figura 9.** Associação de Resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) em série.



**Fonte:** YOUNG; FREEDMAN, 2015.

Quando os resistores estão ligados em série, como indicado na Figura 5, como a corrente desse circuito deve ser a mesma para todos os resistores, ao aplicarmos a Equação (4) para cada resistor, obtemos

$$V_1 = IR_1 ; V_2 = IR_2 ; V_3 = IR_3$$

A ddp nos terminais dos resistores não precisa ser a mesma, com a exceção de um caso especial em que todas as três resistências sejam iguais. A tensão  $V$  através da combinação inteira é a soma de todas as ddps através de cada elemento:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

logo,

$$\frac{V}{I} = R_1 + R_2 + R_3$$

Onde  $\frac{V}{I}$  é, por definição, a resistência equivalente  $R_{eq}$ . Portanto,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Usando a Equação, acima, podemos generalizar um resultado para um número qualquer de resistores, a extensão para  $n$  resistores é imediata e nos dá:

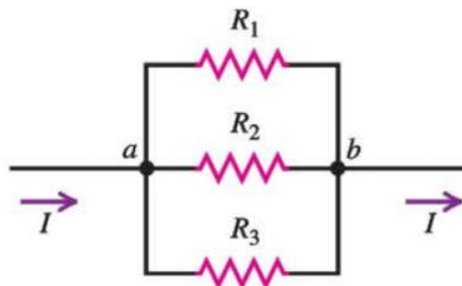
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (6)$$

A resistência equivalente de uma combinação de resistores em série é igual à soma de todas resistências individuais. Observe que a combinação de duas ou mais resistências ligadas em série, a  $R_{eq}$  é maior que qualquer uma das resistências individuais.

### 3.4.3 Resistores em paralelo

De acordo com Young e Freedman (2015), quando os resistores de um circuito estão ligados em paralelo, como na Figura 10, a corrente que passa em cada resistor não precisa ser a mesma.

**Figura 10.** Associação de Resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) em paralelo.



**Fonte:** YOUNG; FREEDMAN, 2015.

Ainda em Young e Freedman (2015), mesmo que a corrente não seja igual a ddp nos terminais de cada resistor deve ser a mesma. Caso as correntes que passem nos resistores sejam designadas por  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ . Usando  $I = \frac{V}{R}$ , obtemos

$$I_1 = \frac{V}{R} ; I_2 = \frac{V}{R} ; I_3 = \frac{V}{R}$$

Como dito anteriormente, a corrente é diferente em cada resistor. Como a carga não pode ser extraída nem mesmo acumulada, a corrente total torna-se igual à soma das três correntes que passam nos resistores:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \text{ ou}$$

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Entretanto, pela a resistência equivalente  $R_{eq}$ , temos que  $\frac{1}{V} = \frac{1}{R_{eq}}$ ; logo,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

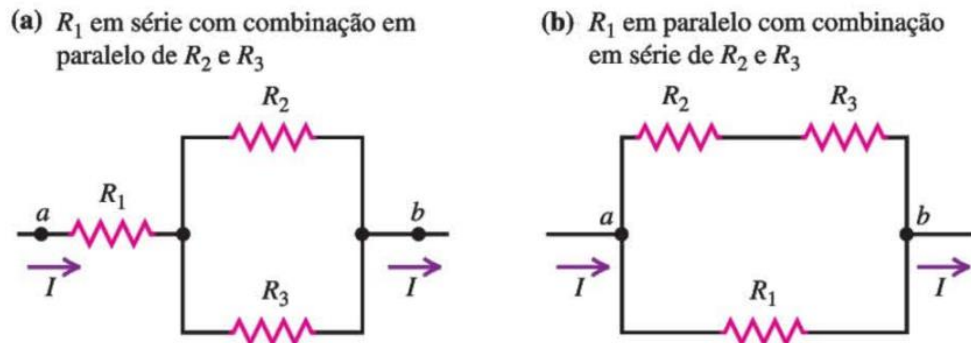
Usando a Equação, acima, podemos generalizar um resultado para um número qualquer de resistores em paralelo, nos dá:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \quad (6)$$

#### 3.4.4 Resistores em associação mista (em paralelo com combinação em série)

Quando os resistores são ligados tanto em paralelo quanto em série, como mostra a Figura 11, dizemos que esse um circuito elétrico possui uma associação mista de resistores.

**Figura 11.** Associação de Resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) mista.



**Fonte:** YOUNG; FREEDMAN, 2015.

Na Figura 11 (a), temos uma associação mista, onde os resistores  $R_2$  e  $R_3$  estão em paralelo, e essa combinação está em série com o resistor  $R_1$ . Já na Figura 11 (b), temos outra associação mista, onde os resistores  $R_2$  e  $R_3$  estão em série, fazendo uma combinação em paralelo com o resistor  $R_1$ .

### 3.5 Instrumentos de medidas em um circuito elétrico

Os instrumentos de medidas servem para mensurar grandezas físicas, pois através deles é possível realizar medidas de corrente, voltagem (ddp) e resistência elétrica. Vale ressaltar que os valores medidos podem ser obtidos de forma analógica ou digital.

Os medidores analógicos mostram o resultado por um ponteiro que deflete sobre uma escala graduada, consistem em um elemento básico denominado galvanômetro, onde a leitura é feita por meio da analogia entre os valores indicados e os valores de fundo da escala que foi selecionado. No caso dos medidores, o resultado é mostrado diretamente na tela do display desse dispositivo, conforme o valor de fundo de escala selecionado.

#### 3.5.1 Amperímetro

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), o amperímetro é um instrumento usado para medir a corrente elétrica que passa por um circuito, conforme ilustrado na Figura 12, adiante.

**Figura 12.** Amperímetro, analógico, cujo valor de fundo de escala é 5 A.



**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016.

Para um amperímetro ideal, sua resistência deveria ser zero, de modo que, quando conectado ao um circuito, não afetaria a corrente que passa por ele. Contudo, os amperímetros reais possuem uma resistência finita, mas é sempre recomendável que a resistência do amperímetro seja a menor possível.

### 3.5.2 Voltímetro

Segundo os autores, Halliday, Resnick e Walker (2016), o instrumento destinado para medir ddp entre dois pontos de um circuito é chamado de voltímetro, conforme ilustrado na Figura 13, adiante.

**Figura 13.** Voltímetro, analógico, cujo valor de fundo de escala é 15 V.



**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016.



Um voltímetro sempre irá medir a ddp entre dois pontos, conectando seus terminais a eles. Um voltímetro ideal deveria apresentar uma resistência infinita, dessa forma, ao ser conectado entre dois pontos de um circuito, ele não iria alterar nenhuma corrente que passasse naquele mesmo circuito. Assim como os amperímetros, os Voltímetros reais também possuem uma resistência finita, contudo, um voltímetro deve ter uma resistência tão elevada para não alterar significativamente nenhuma corrente quando estiver conectado entre dois pontos de um circuito.

### 3.5.3 Ohmímetros

Segundo os autores, Halliday, Resnick e Walker (2016), um ohmímetro é um aparelho que mede a resistência de um circuito ligado entre seus terminais. A Figura 14, abaixo, ilustra um Mili-Ohmímetro digital.

**Figura 14.** Mili-Ohmímetro digital.



**Fonte:** Fonte: Catálogo Icel, 2020.

A figura 14 mostra um miliohmímetro digital que é um instrumento portátil, controlado por microprocessador, destinado a medir com alta precisão resistências baixas de contatos, chaves, bobinas de transformadores e motores, etc.,

### 3.5.3 Multímetro

Segundo os autores, Halliday, Resnick e Walker (2016), os instrumentos multifuncionais que podem ser usados como um amperímetro, um voltímetro e como um ohmímetro, são chamados de multímetros. A Figura 15, abaixo, mostra um multímetro digital, um instrumento capaz de medir voltagem, corrente ou resistência em uma ampla gama.

**Figura 15.** Multímetro.



**Fonte:** GASPAR, 2013.

De acordo com cada circuito, podemos utilizar os multímetros digitais pois os mesmo possuem uma grande precisão e agilidade nas leituras efetuadas, além disso, possuem acopladas neles funções e filtros com uma ampla gama de aplicações, sem a necessidade de se utilizar outros equipamentos.

## 4 METODOLOGIA

Nesta seção serão detalhados os procedimentos metodológicos que serão empregados para o desenvolvimento da pesquisa e do produto educacional, com a finalidade de se atingir os objetivos e o problema apresentados.

### 4.1 Caracterização da Pesquisa

Diante da problematização e dos objetivos já apresentados nessa dissertação, a realização dessa pesquisa está centrada na coleta de informações, assim, essa pesquisa caracteriza-se de campo com uma abordagem qualitativa. Nessa perspectiva, (LAKATOS, 2017, p.203) afirma que

Pesquisa de campo é que se utiliza com o objetivo de conseguir informações e/ ou conhecimentos sobre um problema, para o qual se procura uma resposta, ou sobre uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, com o propósito de descobrir novos fenômenos ou relações sobre eles. Ela consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorre espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes para analisa-los.

De acordo com os estudos de Fiorentini (2012) a pesquisa naturalista ou de campo é aquela modalidade de investigação na qual a coleta de dados é realizada diretamente no local em que o problema ou fenômeno acontece e pode dar-se por amostragem, entrevista, observação participante, pesquisa-ação, aplicação de questionário, teste, entre outros.

Em nosso trabalho, escolhemos à abordagem qualitativa, devido os métodos de desenvolvimento e interpretação dos dados qualitativos serem amplos, pois esse tipo de abordagem possui várias características que são amplamente aceitas e utilizadas (LUDKE, M.; ANDRÉ, 2018). Para um melhor entendimento dessa metodologia de pesquisa, Ludke e André (2018), tentam esclarecer os princípios básicos dessa abordagem, através de suas leituras sobre o livro **A Pesquisa Qualitativa em Educação** de Bogdan e Biklen (1982):

1- A pesquisa sobre uma análise qualitativa depende de diversos fatores, um deles é o ambiente natural como uma fonte direta para coleta dos dados, a extensão da própria amostra a ser estudada, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que irão nortear a pesquisa. Tendo o próprio pesquisador como seu principal instrumento de análise de dados,

pois de acordo com autores, a pesquisa qualitativa delimita um contato direto e prolongado entre o pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada, geralmente, orientadas em trabalho intensivo de campo.

2- A obtenção dos dados para esse tipo de abordagem são predominantemente descritivos, pois o material obtido é riquíssimo de descrição sobre pessoas, situações e acontecimentos.

3- Como os resultados são obtidos com o contato direto do pesquisador com a situação estudada. Há uma preocupação mais com o processo do que o produto, enfatizando-se em retratar a perspectiva dos participantes.

4- Estimular os participantes a fornecerem suas opiniões, considerando os diferentes pontos de vista sobre assuntos relacionados da pesquisa, como um objeto de estudo.

5- Por fim, a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Neste caso, os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências para a comprovação de hipóteses que foram estabelecidas antes do início intervenção da pesquisa. Onde as abstrações são formadas ou determinadas basicamente a partir da análise dos dados num processo de ordem crescente, ou seja, de baixo para cima.

## **4.2 Participantes da Pesquisa**

Essa pesquisa foi realizada junto aos alunos do 3º ano do Ensino Médio do Centro de Ensino de Tempo Integral (CETI) Didácio Silva, localizado na Quadra 308, 1-107, Bairro Dirceu Arcoverde II, 21ª Gerência Regional de Ensino (21ª GRE), Zona Sudeste do município de Teresina-PI. Apresentando apenas modalidade de Ensino Médio. Ressaltamos que estes alunos estão estudando a eletrodinâmica, assim como suas aplicações em circuitos elétricos de corrente contínua, que é o foco da mesma.

## **4.3 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados**

Para a produção dos dados, usamos questionários, que de acordo com as palavras de Lakatos e Marconi (2003), são instrumentos de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que são respondidas por escrito ou em uma plataforma virtual sem contato direto com o entrevistador, geralmente, são executados sem a presença dele. O

questionário pode apresentar ainda três tipos de perguntas possíveis: abertas, fechadas e de múltipla escolha.

a) Perguntas abertas - permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões.

b) Perguntas fechadas ou dicotômicas – são perguntas com respostas limitadas, informando apenas duas opções de respostas, como sim ou não.

c) Perguntas de múltipla escolha - semelhante as perguntas fechadas, porém apresenta uma série de possíveis respostas sobre o mesmo assunto.

Usamos três questionários nesse trabalho, o primeiro o pré-teste, para verificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação os conteúdos sobre circuitos elétricos, essencialmente ao que tange a associação de resistores. O segundo o pós-teste, para a avaliação da aprendizagem do aluno e do material. Por fim, o terceiro a avaliação da sequência didática direcionada aos alunos do 3º ano do ensino médio, para sondagem da eficácia do produto educacional.

#### **4.4 Análise dos Dados**

Os dados coletados foram extraídos do questionário e da avaliação do material desenvolvido pelos alunos (simulações). Após essa etapa, foram gerados gráficos e tabelas para facilitar a visualização e análise dos dados obtidos, possibilitando um maior entendimento dos resultados a respeito da viabilidade da inserção da sequência na sala de aula.

## 5 PRODUTO EDUCACIONAL

### 5.1 Descrição do Produto

O Produto Educacional – (LABORATÓRIO VIRTUAL: SIMULAÇÕES VIA PHET ABORDANDO A ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES) - apresentado no Apêndice A deste trabalho, trata-se de uma Sequência Didática (SD) que foi desenvolvida com o principal objetivo de aplicar um ambiente virtual simulado via PhET, denominado Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual, na abordagem dos conteúdos voltados a associação de resistores de um circuito elétrico no intuito de melhorar a qualidade da aprendizagem da Física no ensino médio, facilitando assim, a aprendizagem significativa, contribuindo para realçar ou gerar novos conhecimentos na estrutura cognitiva dos alunos participantes desse projeto.

A Figura 16, a seguir ilustra a página inicial do PhET, apresentando o Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual.

**Figura 16.** Página inicial do PhET: Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual.



**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab). Acesso em: 17 jun. 2021.

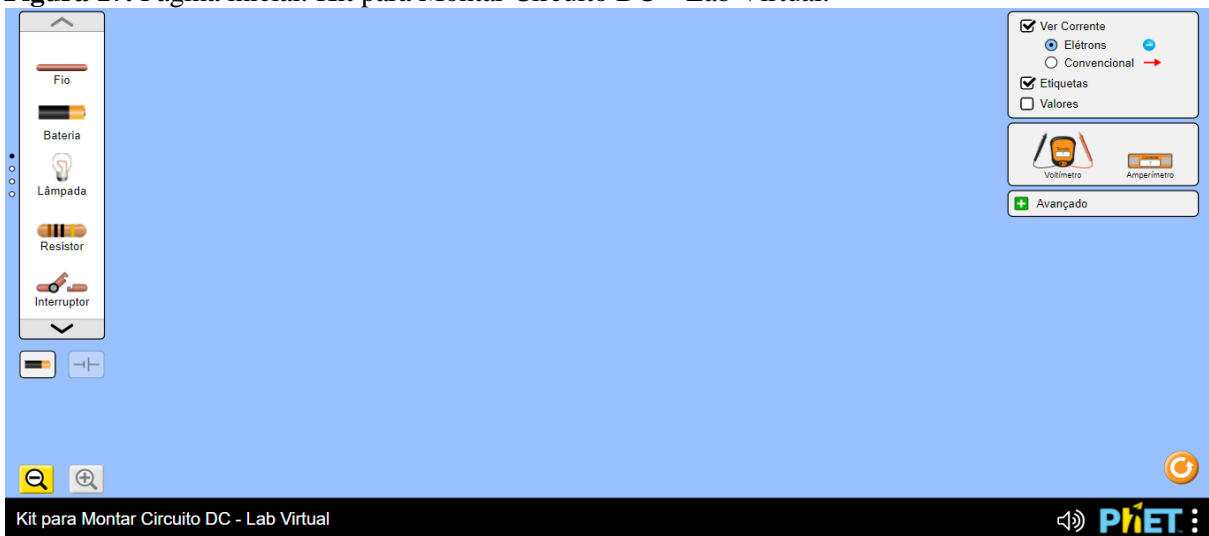
Vale ressaltar que a SD será disponibilizada gratuitamente tanto para os professores quanto para os alunos em formato PDF, no qual ambos os arquivos (PhET e o Material em PDF) podem ser lidos e executados em computadores, tablets e smartphones, facilitando assim o acesso. No caso das simulações as mesmas podem ser executadas enquanto estiverem

conectadas à internet ou não, basta apenas que o *software* seja baixado (apertando em copiar, como ilustrado na Figura 16) e executado (ou instalado) em seu dispositivo para uma execução off-line. Logo, qualquer pessoa poderá ter acesso esse laboratório virtual, através do link disponibilizado na SD para que se possa ter acesso online ou fazer download gratuito do laboratório virtual (Física - Simulações PhET).

Destacamos que os conteúdos presentes na SD são ilustrados com imagens das animações referentes as simulações do laboratório virtual, com a finalidade de que os alunos possam montar os experimentos virtuais sobre cada conteúdo e executá-los com pretensão, para facilitar a montagens dos experimentos os alunos podem visualizar as animações presentes na SD.

A Figura 17, a seguir mostra a página inicial do Simulador, denominado Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual, onde os alunos poderão construir seus experimentos virtuais.

**Figura 17.** Página inicial: Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual.



**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab). Acesso em: 17 jun. 2021.

Através da Figura 17, que apresenta a esquerda os materiais necessários para construção dos circuitos elétricos contendo referencias de um circuito real ou simbólico, sendo eles: Fio, Bateria (uma para baixas tensões e outra para tensões elevadas), Lâmpada (uma para baixas tensões e outra para tensões elevadas, além de apresentar um lâmpada real), Resistor (uma para baixas tensões e outra para tensões elevadas) onde todos eles possuem resistência ajustável, interruptor (chave), fusível e materiais que normalmente não pertencem a um circuito elétrico

(uma Nota de Dólar, um Clipe de Papel, uma Moeda, uma Borracha, uma Mão Humana, Um Cachorro e Lápis).

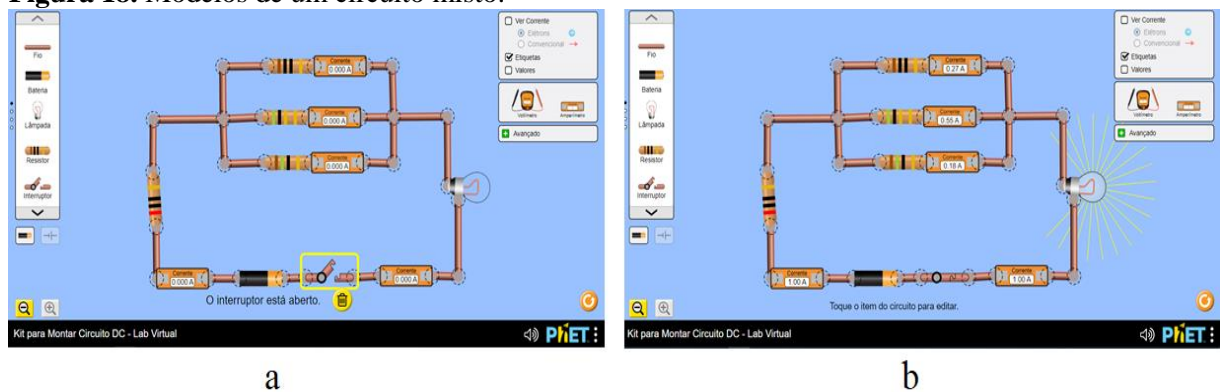
Enquanto, o lado superior à direita apresenta as definições de uma amostragem (convencionais e de elétrons) sobre a corrente elétrica do circuito, como também a introdução da nomenclatura de todos os materiais do simulador e por fim mostra a capacidade de inserir os valores para os respectivos materiais e suas medidas elétricas. Vale ressaltar que o lado superior esquerdo apresenta, um voltímetro para medir as voltagens para qualquer ponto do circuito montado e um amperímetro que deverá ser inserido no circuito, medindo assim, a corrente do mesmo.

Entretanto, o lado inferior a direita é apresentada a capacidade para medidas mais avançadas, mostrando um painel com a resistividade do fio e a resistência da bateria que são variáveis com uma escala de baixa a alta (resistividade do fio e/ou resistência da bateria), mostrando ainda a capacidade de inserir uma lâmpada real ao lado esquerdo como um item que poderá ser adicionado ao circuito.

A partir desse modelo, Figura 17, podemos elaborar diversos circuitos elétricos que poderão ser circuitos associados em série, paralelo e misto. Onde sua montagem é relativamente fácil, quando definido qual tipo de circuito irá ser apresentado, partimos para a escolha dos materiais, encaixando corretamente os mesmos para concluirmos a montagem do circuito.

A Figura 18 mostra os modelos de um circuito misto, em que um está com o interruptor (chave) aberto (a) enquanto o outro está fechado (b).

**Figura 18.** Modelos de um circuito misto.



**Fonte:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab). Acesso em: 17 jun. 2021.



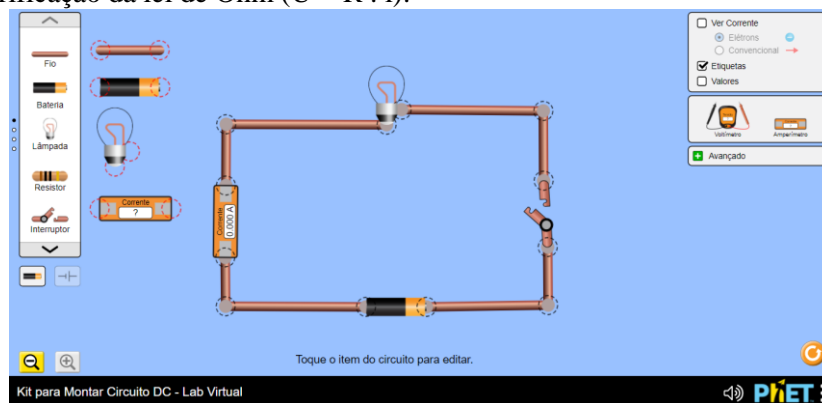
Podemos observar através dessas figuras o que ocorre em um circuito misto quando o interruptor permanece aberto ou fechado e demais medidas elétricas. Destacamos que a montagem do circuito ocorre quando juntamos todos os dispositivos (materiais) que estão ligados a ele.

## 5.2 Elaboração do Produto

Na elaboração da SD construímos diversas montagens de circuitos elétricos, como modelos para que os alunos possam construir no simulador as respectivas montagens por meio desses modelos, tendo uma explicação de como essas montagens devem ocorrer e como esse *software* funciona seguindo um passo a passo, como também os objetivos e questionamentos necessários para o desenvolvimento de aprendizagem significativa.

Produzindo como primeiro passo a apresentação dos objetivos e o funcionamento desse *software*. Em seguida o primeiro procedimento experimental simulado ocorrerá pela montagem de um circuito elétrico pra averiguar a primeira lei de Ohm, como mostrado na Figura 19:

**Figura 19.** Verificação da lei de Ohm ( $U = R \cdot i$ ).



**Fonte:** Frazão, 2021.

Acessando a página do simulador PhET ou baixando e instalando o simulador em seu computador ou smartphone. A partir desse modelo, os alunos irão construir um circuito semelhante de acordo com a figura 19, utilizando nesse experimento virtual uma fonte de tensão (bateria), um amperímetro, um resistor (lâmpada) de resistência igual a 10,0 ohm e um interruptor, para a verificação da primeira lei de ohm sobre os seguintes questionamentos:

1. Mantendo a resistência elétrica da lâmpada constante, você deve variar a tensão elétrica da bateria de 0 V a 40 V (de 10 V em 10 V), anotando na tabela 2 a seguir os valores da intensidade de corrente elétrica lidos no amperímetro.

**Tabela 2.** Verificação da Lei de Ohm: Razão entre a tensão e corrente

Tensão (V)	Corrente elétrica (A)

**Fonte:** Frazão, 2021.

a) De acordo com os valores coletados na tabela 2 a corrente elétrica é diretamente proporcional a tensão elétrica? Justifique.

---



---

b) Em sua opinião a lâmpada é um resistor ôhmico? Caso seja, construa o gráfico da tensão versus corrente para essa resistência.

c) Usando a lei de Ohm, qual é a resistência elétrica dessa lâmpada?

2. O que acontece com o brilho da lâmpada: quando a tensão elétrica aumenta e quando a tensão elétrica diminui?

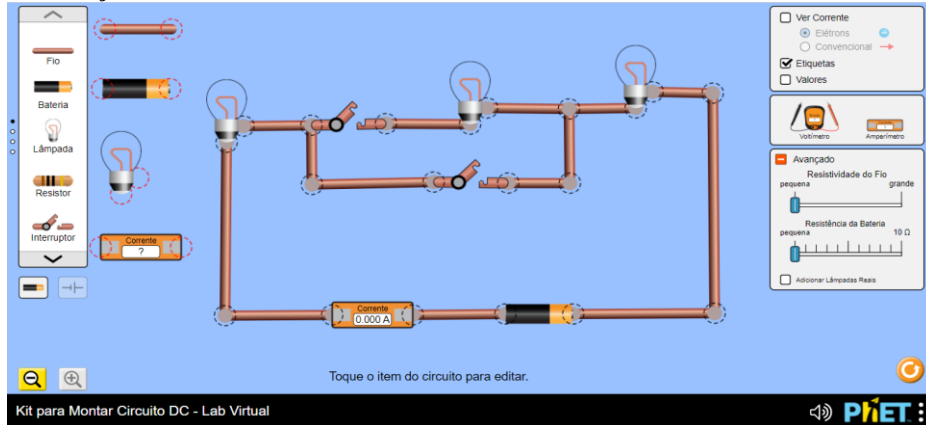
---



---

Já no segundo procedimento experimental construímos um modelo ilustrativo para a montagem de um circuito com a associação de resistores em série (mostrado na Figura 20), apresentando três lâmpadas com resistências elétricas iguais.

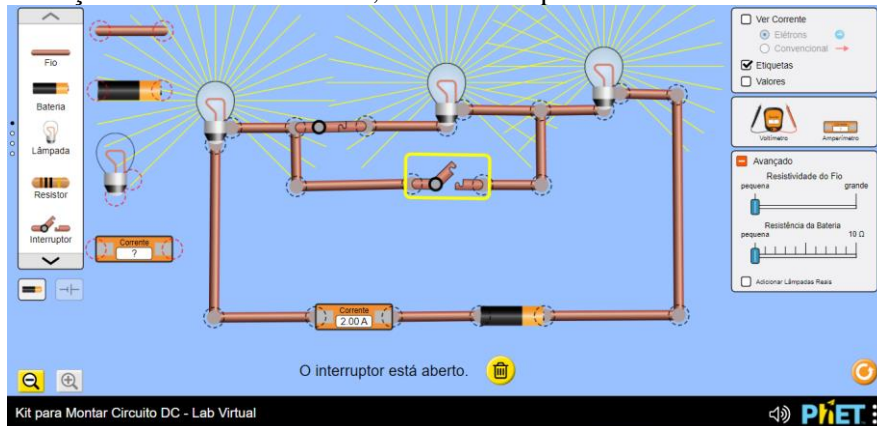
**Figura 20.** Associação de resistores em série.



Fonte: Frazão, 2021.

Os alunos encontrarão três tipos de situações distintas, no qual a primeira delas é resultante do funcionamento do circuito quando todas as lâmpadas acendem, devido ao interruptor de cima estar fechado, enquanto o interruptor de baixo se encontra aberto. Como mostrado na Figura 21, onde todas as lâmpadas acendem.

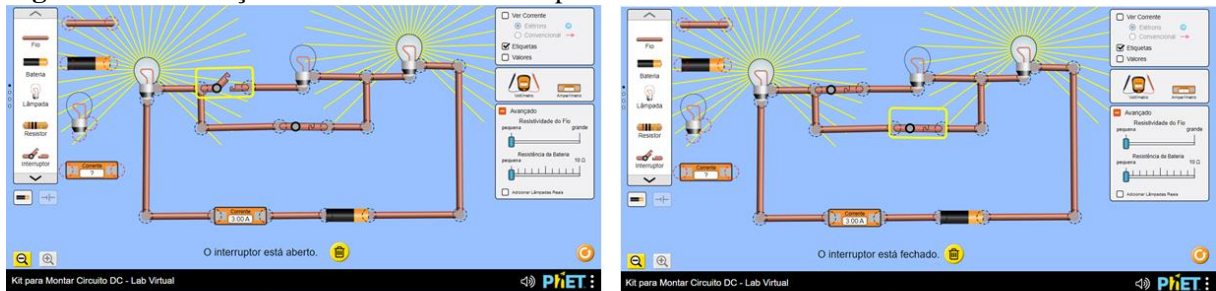
**Figura 21.** Associação de resistores em série, funcionando perfeitamente.



Fonte: Frazão, 2021.

No entanto, quando os alunos fecharem o interruptor de baixo e abrir o de cima, a lâmpada do meio entrará em curto, fazendo com que a mesma se mantenha apagada, como é mostrado na Figura 22 (a). A mesma situação ocorre quando ambas as chaves são fechadas, Figura 22 (b).

**Figura 22.** Associação de resistores em série apresentando curto-circuito.



(a)

(b)

Fonte: Frazão, 2021.

Seguindo esse modelo, os alunos irão construir um circuito em série, em seguida irão responder os seguintes questionamentos:

1. Ao fechar o interruptor que está em cima que une as três lâmpadas, mantendo o interruptor de baixo aberto, verifique se essas lâmpadas:

a) acendem ou continuam apagadas;

---

b) o brilho nas lâmpadas é igual ou diferente? Justifique.

---



---

c) o brilho apresentado em cada lâmpada, entretanto é menor que o normal. Por que isso acontece?

---



---

2. Ao fechar os dois interruptores, o que acontece com a lâmpada do meio, e como se chama esse desvio? O brilho nas lâmpadas das extremidades aumenta ou diminui? Explique.

---



---



---

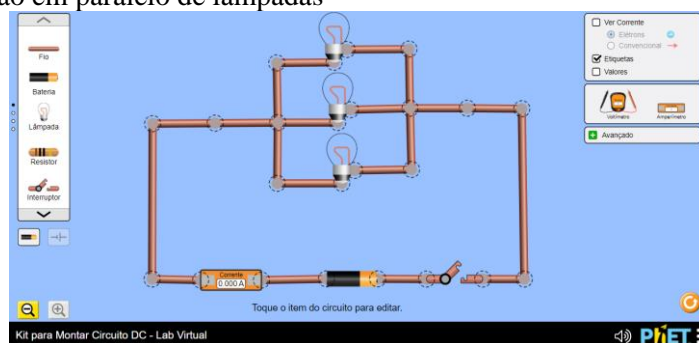
3. Considerando que as três lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica e igual a  $10,0 \Omega$  e diferença de potencial igual a  $60,0 \text{ V}$ . Qual a intensidade de corrente elétrica nesse circuito?

Através dos elementos contidos no experimento e questionamentos, mostrados acima, que fazem parte de toda sondagem sobre o aparato de montagem do circuito elétrico, bem como o seu funcionamento, podemos demonstrar um novo de tipo de aprendizagem.

Após esse procedimento experimental, dando continuidade para os modelos experimentais, o produto educacional apresenta a produção de um circuito elétrico, para terceiro passo, onde temos uma associação em paralelo de três lâmpadas com resistências elétricas iguais.

Ao acessar a página do simulador PhET ou baixando o simulador em seu computador ou smartphone, o aluno irá montar a simulação de acordo com o modelo exposto no produto educacional, ilustrado na Figura 23.

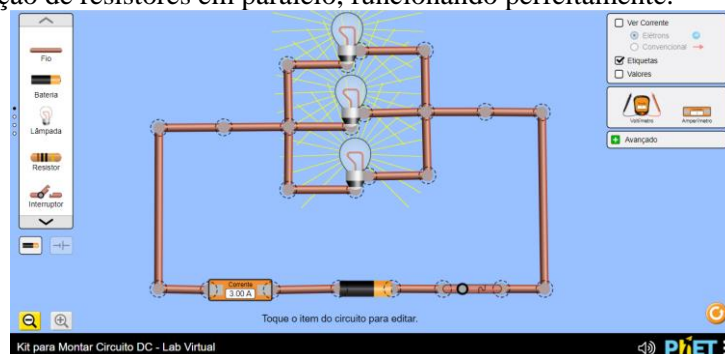
**Figura 23.** Associação em paralelo de lâmpadas



**Fonte:** Frazão, 2021

Onde os alunos irão descobrir o que a luminosidade da lâmpada tem a ver com a tensão elétrica, sendo que a tensão é a mesma para cada lâmpada, como ilustrado na Figura 24.

**Figura 24.** Associação de resistores em paralelo, funcionando perfeitamente.



**Fonte:** Frazão, 2021.

Seguindo esse modelo, os alunos irão construir um circuito em paralelo, em seguida irão responder aos seguintes questionamentos:

1. Ao fechar o interruptor do circuito, descreva o que acontece com as lâmpadas:

a) acendem ou continuam apagadas?

---

b) o brilho apresentado em cada lâmpada é normal? Explique por que isso acontece.

---

---

2. Se as lâmpadas apresentarem a mesma resistência elétrica, a corrente elétrica que passa em cada uma das lâmpadas são iguais ou diferentes? Justifique.

---

---

---

3. Considerando que as três lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica e igual a  $10,0 \Omega$  e diferença de potencial igual a  $60,0 \text{ V}$ . Qual a intensidade de corrente elétrica nesse circuito?

4. No circuito elétrico da Figura 23 a ddp na bateria é igual  $30,0 \text{ V}$  e a resistência elétrica em cada lâmpada é igual a  $6,0 \Omega$ .

a) Qual a corrente elétrica lida no amperímetro?

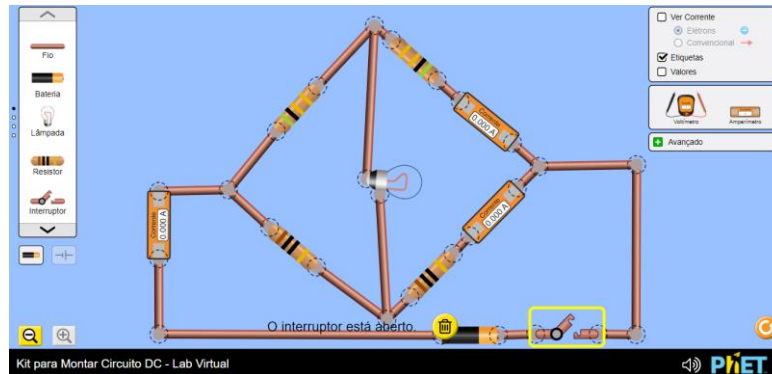
---

b) Determine a corrente elétrica que atravessa em cada lâmpada.

c) Qual a corrente elétrica total no circuito? Essa corrente elétrica é a mesma lida no amperímetro?

No último modelo, é apresentado a ponte Wheatstone, uma associação mista de resistores em equilíbrio, onde os alunos irão montar esse circuito elétrico conforme a Figura 25.

**Figura 25.** Ponte de Wheatstone



Fonte: Frazão, 2021

Através desse modelo, os alunos irão descobrir que alterando a resistência do circuito, onde o mesmo esteja em equilíbrio, a lâmpada jamais irá acender. A Figura 26 ilustra o funcionamento desse modelo, apresentando a lâmpada apagada mesmo com o interruptor ligado.

**Figura 26.** Ponte de Wheatstone, funcionando perfeitamente.



Fonte: Frazão, 2021

Seguindo esse modelo, os alunos irão construir um circuito uma Ponte de Wheatstone (associação de resistores mista), em seguida irão responder os seguintes questionamentos:

1. Por que a lâmpada não acende quando o interruptor está fechado?

---

---

2. Passa corrente elétrica por essa lâmpada? Justifique.

---

---

3. Se trocarmos a lâmpada por outra de resistência diferente, ela acenderá? Explique.

---

---

4. A associação de quatro resistores representada na figura 25 é denominada ponte de Wheatstone, qual a finalidade dessa associação?

### 5.3 Aplicação do Produto

A elaboração da SD foi desenvolvida para ser aplicada em 10 horas aulas com um total de 5 encontros (momentos), envolvendo simulações virtuais através de um *software*, denominado PhET. Visando o aluno como um agente detentor de seu próprio aprendizado. Dessa forma o mesmo poderá ver os conteúdos de forma ativa, facilitando assim sua aprendizagem de maneira significativa.

Para a sua aplicação decidiu-se junto à orientadora a viabilidade de assumir uma turma de 3º ano do Ensino Médio, com a finalidade e possibilidade que essa aplicação poderia aprimorar a aprendizagem em relação aos conteúdos apresentados na SD, constatado se a mesma conseguirá atingir seus objetivos tornando uma aprendizagem diferenciada da mecanizada.

Nossas atividades foram todas realizadas nos aparelhos eletrônicos dos próprios alunos de forma remota e individual. Apesar da escola possuir um laboratório de informática, optamos por trabalhar de forma remota devido a pandemia. Iniciamos nosso trabalho deixando bem claro para todos os alunos que a finalidade dessa atividade seria demonstrar um laboratório virtual



(simulador PhET) que apresenta as propriedades envolvidas nos circuitos elétricos, abordando especialmente a associação de resistores e a lei de ohm, e que todo o processo necessário de montagem desses circuitos, estavam descritos na sequência didática (produto educacional) que foi entregue a eles.

Como o produto traz uma proposta que averigua os conhecimentos prévios dos alunos através de um questionário inicial sobre os conteúdos de associação de resistores podendo gerar nos mesmo os organizadores prévios necessários, caso estes não tenham subsunções relevantes em sua estrutura cognitiva, para que possa haver aprendizagem significativa, pois muitas das vezes os alunos apresentam um esquecimento ou até mesmo o total desconhecimento sobre esses conteúdos.

Pois a ideia principal dessa sequência foi apresentar os conteúdos de maneira simplificada, mas rica em modelos que servirão de exemplos para construção de simulações (animações virtuais) de um circuito elétrico, através de um laboratório virtual via PhET. A montagem dos circuitos elétricos construídos pelos alunos no simulador, foi a parte mais difícil do trabalho, por mais que o manuseio desse *software* seja considerado fácil, o mesmo não é compreendido por qualquer pessoa, sendo necessário aulas para a explicação sobre como as montagens devem ocorrer e como esse o *software* funciona.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Os resultados analisados saíram das respostas das questões aplicadas no pré-teste, bem como das respostas contidas nos questionamentos do roteiro da prática, das respostas que foram aplicadas no pós-teste (avaliação do produto educacional) e da observação da elaboração dos circuitos elétricos através do simulador PhET.

O pré-teste foi aplicado em sala de aula no dia 16 de setembro de 2021, com um total de 11 alunos que estavam presentes no respectivo dia de aplicação, infelizmente não foi possível aplicar o pré-teste com todos os alunos por conta da dificuldade na frequência dos mesmos devido a covid-19. Sendo inviável a disponibilização dos questionários de forma virtual, pois os alunos teriam a capacidade de fraudar os resultados.

Participaram 18 alunos da aplicação do produtor educacional, isto é, da construção dos circuitos elétricos de forma simulada via PhET. Ressaltamos que os alunos que responderam o pré-teste estavam todos presentes na aplicação do produto. Antes da aplicação introduzimos os conteúdos presentes no roteiro de construção dos circuitos simulados, bem como, estes seriam construídos.

Já o pós-teste foi disponibilizado pela plataforma *google forms* no dia 11 de dezembro para todos os participantes da pesquisa, ao qual aplicamos o produto educacional, no entanto apenas 14 alunos responderam esta avaliação. Visto que estes alunos já estavam sem aulas presenciais, entretanto, a quantidade de alunos que responderam o pós-teste é satisfatória.

### 6.1 Avaliação das respostas do Pré-teste

Nessa atividade elaboramos perguntas bem simples, do ponto de vista físico, buscando através delas a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos a respeito da associação de resistores que foram propostos antes da aplicação do Produto Educacional. Logo abaixo expomos as questões e as respostas do pré-teste:

A questão de número 1, introduziu o conceito de eletrodinâmica, questionando aos alunos se eles tinham algum entendimento sobre o que seria a corrente elétrica. Os resultados obtidos foram transferidos para uma planilha, sendo apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Resposta da Questão 1: Eletrodinâmica é uma área da Física que estuda as correntes elétricas, suas causas e os efeitos. O que você entende por corrente elétrica?

Alunos	Respostas
Aluno 1	A corrente elétrica é como um fenômeno físico, em que os portadores de carga elétrica. ELÈTRONS: São conduzidos pelo interior de algum material em razão da aplicação de uma diferença de potência elétrica
Aluno 2	Acho que é a energia que passa de um ponto pra outro.
Aluno 3	Eletrodinâmica é o ramo da Física que estuda o movimento das cargas elétricas. A movimentação dessas cargas é obtida quando se aplica uma diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um meio condutor.
Aluno 4	São fenômenos naturais causados pelos relâmpagos, a eletricidade estática e correntes elétricas em fios elétricos.
Aluno 5	É um fenômeno físico em que os portadores de cargas elétricas são conduzidos pelo interior de algum material em razão da aplicação de uma diferença de potencial.
Aluno 6	A corrente elétrica é um movimento ordenado de cargas elétricas
Aluno 7	É um fenômeno físico em que os portadores de cargas elétricas são conduzidos pelo interior de algum material em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico.
Aluno 8	É um fenômeno físico em que os portadores de cargas elétricas são conduzidos pelo interior de algum material em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico.
Aluno 9	A corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica, ou também, é o deslocamento de cargas dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades
Aluno 10	Que é um espaço onde encontramos uma carga elétrica e uma carga de prova, que ao ser colocada em um ponto desses espaços, sofrerá atração ou repulsão.
Aluno 11	Então, a corrente elétrica é tipo um fenômeno físico em que os portadores de carga elétrica, como elétrons, são conduzidos pelo interior de algum material em razão da aplicação de uma diferença de potencial elétrico.

Fonte: Dados do autor.

Analisando as respostas dos alunos verificamos que alguns deles possuíam algum conhecimento prévio em relação a corrente elétrica. Devido a grande maioria mencionar que a corrente elétrica é um movimento ordenado de cargas elétricas. No entanto, nem todos os alunos tinham uma boa compreensão sobre a corrente elétrica, mesmo assim as respostas foram satisfatórias, porque a maioria soube responder essa questão de forma positiva.

A questão de número 2, apresentou aos alunos sobre a importância em discutir os conceitos de corrente elétrica em seu cotidiano, apresentando as alternativas de sim ou não, após selecionarem uma das opções os alunos teriam que justificar sua resposta. No Quadro 2, temos as respostas para essa questão.

**Quadro 2.** Resposta da Questão 2: As correntes elétricas tem papel fundamental no mundo contemporâneo, estando presente em diversas situações. Você como estudante acha importante discutir no dia a dia os conceitos de corrente elétrica?

Alunos	Respostas
Aluno 1	Sim. Usamos muitos objetos que possuem corrente elétrica, por esse motivo é bastante importante absorvermos conhecimento sobre, principalmente para evitar problemas.
Aluno 2	Sim (não foi justificado)
Aluno 3	Sim, a corrente elétrica serve para transportar energia elétrica que será convertida em outras formas, como energia luminosa, calor ou movimento (energia cinética).
Aluno 4	Não (não foi justificado)
Aluno 5	Sim. Por que ajuda a entender o funcionamento dos aparelhos eletrônicos.
Aluno 6	Sim, por que ajuda com o funcionamento dos aparelhos elétricos que utilizamos.
Aluno 7	Sim, pois é importante para compreender como funciona os aparelhos eletrônicos.
Aluno 8	Sim, pois é importante para compreender como funciona os aparelhos eletrônicos.
Aluno 9	Sim, a importância da corrente elétrica é incontestável. Ela constantemente se faz presente no cotidiano da sociedade — desde objetos simples, como fogões e lâmpadas, até aparelhos com tecnologia avançada, como computadores e aviões.
Aluno 10	Sim, para sabermos uma causa de um acidente de choque, por exemplo.
Aluno 11	Porque a gente usa coisas que tem corrente elétrica. E é bom saber mais sobre esse conteúdo, além de ser bem útil para gente.

Fonte: Dados do autor.

Os alunos relataram em suas respostas que a importância em discutir no dia a dia os conceitos de corrente elétrica, pode auxiliá-los a entender o funcionamento da mesma na instalação dos fios elétricos em suas residências, ou dispositivos elétricos, bem como, protegê-los de acidentes que possam ocorrer, sobrecargas elétricas ou curtos-circuitos, devido à falta de informação sobre o conteúdo em questão.

A questão de número 3, apresentou aos alunos a seguinte afirmação: A corrente elétrica é causada por uma diferença de potencial (tensão elétrica). Questionando-os se eles conheciam algum dispositivo que produz uma diferença de potencial, fazendo com que os mesmos citassem esses dispositivos. Para então, avaliar se estes conheciam de fato o que seria uma ddp.

**Quadro 3.** Resposta da Questão 3: A corrente elétrica é causada por uma diferença de potencial (tensão elétrica). Você conhece algum dispositivo que produz uma diferença de potencial? Cite-os?

Alunos	Respostas
Aluno 1	Chuveiro elétrico, lâmpada incandescente, e o ferro de passar são exemplos de D.D.P (Diferença de potencial).
Aluno 2	Sim, baterias.
Aluno 3	Imagine que uma bola de tênis esteja sobre uma mesa. No estudo da Mecânica, diríamos que a bola possui energia potencial gravitacional armazenada em virtude de sua posição em relação ao solo. Caso a bola caia, essa energia será dissipada.

	Podemos dizer que o motivo do movimento descendente da bola é a diferença de energia potencial entre o ponto ocupado por ela sobre a mesa e um ponto no solo. De forma análoga, podemos dizer que haverá movimento de cargas elétricas em um circuito se e somente se entre dois pontos desse circuito existir uma diferença de potencial elétrico, denominada de ddp, que motive o movimento dos portadores de carga.
Aluno 4	Gerador elétrico, gerador químico, gerador Eólico, gerador mecânico.
Aluno 5	Sim. Pilhas.
Aluno 6	Sim. Pilhas
Aluno 7	Sim. as pilhas.
Aluno 8	Sim. Pilhas
Aluno 9	Sim, ferro de passar, chuveiro elétrico, lâmpada incandescente, geradores e etc.
Aluno 10	Sim, pilhas e baterias.
Aluno 11	Sim, as pilhas e as baterias são exemplos de dispositivos que produzem uma ddp (diferença de potencial).

Fonte: Dados do autor.

Nessa questão, procurávamos saber se os alunos conheciam algum dispositivo capaz de produzir uma diferença de potencial (ddp). Analisando as respostas dos alunos verificamos que alguns deles possuíam algum conhecimento prévio em relação as questões propostas, relatando que as pilhas e as baterias seriam exemplos de dispositivos que produzem uma ddp em um circuito qualquer. Apesar de algumas respostas não serem satisfatórias e nem passarem perto do significado real de um dispositivo que produz uma tensão em um circuito, as respostas foram satisfatórias, devido a maioria possuir um conhecimento específico a respeito da questão proposta.

A questão de número 4, é uma questão de múltipla escolha, oferecendo as seguintes alternativas: a. ( ) geradores, resistores e capacitores; b. ( ) pilhas, lâmpadas e livros; c. ( ) geradores, fios e cadernos; d) ( ) fios, lâmpadas e dinamômetro. Esperava-se que nessa questão os alunos tivessem uma compreensão a respeito de um circuito elétrico, apresentando em uma das alternativas os elementos que o compõe. As respostas estão disponíveis no Quadro 4

**Quadro 4.** Resposta da Questão 4: Em situações que envolvem o “caminho” por onde se estabelece uma corrente elétrica é denominado circuito elétrico. Marque a alternativa que contém apenas elementos que compõe um circuito elétrico.

Alunos	Respostas
Aluno 1	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 2	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 3	Letra “C”. Geradores, fios e cadernos
Aluno 4	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 5	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 6	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.

Aluno 7	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 8	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 9	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 10	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.
Aluno 11	Letra “A”. Geradores, resistores e capacitores.

Fonte: Dados do autor.

Essa questão foi a mais simples e que obteve uma quantidade satisfatória de respostas positivas, no entanto um dos alunos apenas marcou a questão, demonstrando total desinteresse em ler a própria questão e/ou participar da atividade que viria em seguida.

A questão de número 5, apresentou uma pequena introdução sobre a montagem de um circuito elétrico em seguida questionou sobre a diferença entre a associação de resistores em série, em paralelo e quando eles estão em associação mista. No Quadro 5, obtemos as respostas dos alunos sobre essa questão.

**Quadro 5.** Resposta da Questão 5: Na montagem de um circuito elétrico, é comum necessitarmos de um valor de resistência diferente dos valores fornecidos. Outras vezes, a corrente elétrica que vai atravessar o resistor é diferente daquela que pode suportar sem ser danificado. A solução é utilizar uma associação, Cite a diferença entre a associação de resistores em série, paralelo e mista.

Alunos	Respostas
Aluno 1	A associação de resistores é um circuito elétrico que é formado por dois ou mais elementos de resistência ôhmica, ligado em série, paralelo ou em associação mista. Já a em paralelo é obtida quando os resistores são ligados de modo que a corrente elétrica divida-se ao passar por eles.
Aluno 2	Na associação de resistores em série, todos os resistores são atravessados pela mesma corrente elétrica. Na associação de resistores em paralelo, todos os resistores da associação ficam ligados a mesma tensão elétrica. Já na associação mista de resistores ela pode ser separada em associações em paralelo e em associações em série.
Aluno 3	Quando ligados em série, os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica, quando em paralelo, o potencial elétrico é igual para os resistores associados. Uma associação mista contém tanto os resistores associados em série quanto resistores associados em paralelo.
Aluno 4	Na associação de resistores em série, os resistores são ligados em sequência. Na associação de resistores em paralelo, todos os resistores estão submetidos a uma mesma diferença de potencial. Na associação de resistores mista, os resistores são ligados em série e em paralelo.
Aluno 5	Associação de resistor é o circuito elétrico formado por dois ou mais elementos de resistência elétrica ôhmica, ligados em série, paralelo ou em uma associação mista.
Aluno 6	Associação de resistores é um circuito elétrico formado por dois ou mais elementos de resistência ohm, ligados em série, paralelo, ligados no mesmo potencial.
Aluno 7	Na associação em paralelo, os resistores encontram-se ligados ao mesmo potencial elétrico.
Aluno 8	Na associação em série a corrente elétrica será a mesma passando pelos componentes, independentemente da quantidade. Já na associação em paralelo a corrente elétrica se

	divide proporcionalmente ao valor de cada resistor. Por fim, a associação mista por ser composta de circuitos em série e circuitos em paralelo,
Aluno 9	Podemos concluir que as principais diferenças entre circuito série e paralelo, é a forma com que tensão e corrente se comportam. Circuito em série a corrente é a mesma e tensão diferente sobre as cargas, já em circuito paralelo será ao contrário, mesma tensão e corrente diferente para as cargas.
Aluno 10	Na associação em série, os resistores são ligados sequencialmente, por isso a corrente elétrica a atravessá-los é igual. Na associação em paralelo, os resistores são ligados gerando a divisão da corrente elétrica ao passar por eles.
Aluno 11	Associação de resistores é o circuito elétrico formado por dois ou mais elementos de resistência elétrica ôhmica (constante), ligados em série, paralelo ou ainda, em uma associação mista. a em paralelo é obtida quando os resistores são ligados de modo que a corrente elétrica divida-se. Já a associação em paralelo é obtida quando os resistores são ligados de modo que a corrente elétrica se divide ao passar por eles.

Fonte: Dados do autor.

Nessa questão procuramos comprovar se os alunos possuíam conhecimentos prévios em relação a associação de resistores, descrevendo as principais diferenças entre eles. O resultado foi expressivo e de boa quantidade de acertos, sendo que a maioria dos que erraram a tinham uma certa noção sobre a associação de resistores, apenas não sabiam descrevê-las. Portanto, as respostas obtidas foram satisfatórias.

A questão de número 6, apresenta a ideia de um circuito elétrico que contém uma associação em série de três lâmpadas iguais, indagando que a intensidade da corrente elétrica é igual em todas elas. Logo em seguida, questionou aos alunos por que essas lâmpadas apresentavam luminosidades diferentes. As respostas então presentes no Quadro 6.

**Quadro 6.** Resposta da Questão 6: Em relação a um circuito elétrico que contém uma associação em série de três lâmpadas iguais, a intensidade de corrente elétrica é igual em todas elas. Por que essas lâmpadas não apresentam suas luminosidades normais?

Alunos	Respostas
Aluno 1	Na associação em série de resistores a corrente elétrica deve ter a mesma intensidade. Mas na associação em série de resistores a diferença de potencial é dividida em tantas partes quanto for um número de resistores associados. Por isso, as lâmpadas não tem a mesma luminosidade.
Aluno 2	Não sei responder.
Aluno 3	Quanto o maior o número de resistores do circuito, maior será a resistência elétrica e, por tanto, menor será a intensidade de corrente. Por isso, as lâmpadas tem iluminação diferente.
Aluno 4	Não sei.
Aluno 5	Na associação em série, quanto o maior o número de resistores do circuito, maior será a resistência elétrica e, por tanto, menor será a intensidade de corrente.
Aluno 6	Na associação de em série, quanto maior o número de resistores, maior a resistência e menor a intensidade da corrente na qual o percorre.

Aluno 7	Na associação em série, quanto o maior o número de resistores do circuito, maior será a resistência elétrica e, por tanto, menor será a intensidade de corrente.
Aluno 8	Na associação em série, quanto o maior o número de resistores do circuito, maior será a resistência elétrica e, por tanto, menor será a intensidade de corrente.
Aluno 9	Porque na associação em série de resistores a corrente elétrica deve ter a mesma intensidade. Mas na associação serie de resistores a ddp é dividida em tantas partes quanto for o número de resistores associados.
Aluno 10	Porque diferente da associação em paralelo, os resistores não se encontram ligados ao mesmo potencial elétrico. Assim as lâmpadas não tem o mesmo brilho.
Aluno 11	Porque na associação em série de resistores elétricos deve ter a mesma intensidade. Mas a ddp é dividida em tantas partes quanto for o número de resistores associados.

Fonte: Dados do autor.

Nessa questão os alunos deveriam saber que a luminosidade das lâmpadas associadas em série é diferente, ao se associar outras lâmpadas de mesma intensidade, em série, o brilho de cada uma é menos intenso do que o normal, porque a ddp do circuito é dividida entre elas, o que justifica o brilho menos intenso. Dessa forma, percebemos que a maioria dos alunos possuíam algum conhecimento relevante para responder essa questão.

A questão de número 7, apresentou uma ideia de um circuito elétrico em série, indagando que se desligar uma das lâmpadas do circuito apresentado na questão 6, as demais se apagariam. Em seguida, interrogou aos alunos sobre os aparelhos nas residências, em que os mesmos estariam ligados em série. Eles alunos teriam que discorrer sobre o que aconteceria se a corrente em um deles fosse interrompida, o que aconteceria com a corrente nos demais aparelhos? As respostas para esses questionamentos estão disponibilizadas no Quadro 7.

**Quadro 7.** Resposta da Questão 7: Se desligar uma das lâmpadas, observe que as demais se apagam. Então, quando temos vários aparelhos ligados em série, se a corrente em um deles for interrompida, o que acontecerá com a corrente nos demais?

Alunos	Respostas
Aluno 1	Desligados, pois a série foi interrompida.
Aluno 2	Se uma delas queimar, todas as que estiverem em série com ela serão apagadas. Isso ocorre porque o circuito se abre, interrompendo a passagem da corrente elétrica.
Aluno 3	Se há um caminho para a corrente elétrica, ela é obrigada a passar pelos resistores. Caso contrário as luzes não acendem
Aluno 4	Não sei responder
Aluno 5	A série foi interrompida. Por isso, elas apagam.
Aluno 6	Não há um caminho para passagem da corrente elétrica, por isso, as luzes apagam.
Aluno 7	Se uma delas queimar, todas as que estiverem em série com ela serão apagadas. Porque a corrente não passa mais pelo circuito.
Aluno 8	Se há um caminho para a corrente elétrica, ela obrigada a passar por todos os resistores.
Aluno 9	Serão desligadas pois a série foi interrompida.



Aluno 10	Serão todas apagadas
Aluno 11	Serão deligados pois a série foi interrompida.

Fonte: Dados do autor.

Buscávamos identificar os conhecimentos dos alunos a respeito de um circuito constituído por uma associação em série. Vale lembrar que, em um conjunto de lâmpadas associadas em série há inconveniência nessa associação, sendo esta a seguinte afirmação, se uma delas chegar a queimar (semelhante aos enfeites natalinos) todas as que estiverem em série com ela serão apagadas, porque o circuito irá se abrir, interrompendo a passagem da corrente elétrica no mesmo. Apesar de algumas respostas, notamos que estes alunos possuíam de fato uma compreensão a respeito desse questionamento.

A questão de número 8, semelhante a questão 6, apresentou um circuito que contém uma associação de resistores, só que em paralelo de três lâmpadas iguais. Questionando aos alunos por que as lâmpadas apresentam luminosidade normais, diferente da questão 6. Suas respostas estão contidas no Quadro 8.

**Quadro 8.** Resposta da Questão 8: Com relação a um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo de três lâmpadas iguais, por que essas lâmpadas apresentam suas luminosidade normais?

Alunos	Respostas
Aluno 1	As lâmpadas estão ligadas ao mesmo tempo, por tanto à mesma diferença de potencial.
Aluno 2	Porque as lâmpadas estão ligadas ao mesmo ponto, portanto a mesma ddp.
Aluno 3	Na associação em paralelo, cada resistor (lâmpada) é independente dos demais, diferentemente da associação em série, em que a queima de um resistor (lâmpada) faz com que o circuito seja interrompido.
Aluno 4	Não sei
Aluno 5	Na associação em paralelo de resistores, a ddp é a mesma para cada um dos resistores.
Aluno 6	Na associação em paralelo de resistores, a ddp é a mesma para cada.
Aluno 7	Na associação em paralelo de resistores, a ddp é a mesma para cada um dos resistores.
Aluno 8	Na associação em paralelo de resistores, a ddp é a mesma para cada um dos resistores.
Aluno 9	Porque as lâmpadas estão ligadas ao mesmo ponto, portanto a mesma ddp.
Aluno 10	a ddp é a mesma para cada um dos resistores.
Aluno 11	Porque as lâmpadas estão ligadas ao mesmo ponto, portanto a mesma ddp

Fonte: Dados do autor.

Algumas das respostas foram satisfatórias porque a maioria dos alunos souberam responder essa questão afirmando que o brilho da lâmpada não é alterado, porque a corrente elétrica que circulava em cada lâmpada continua com a mesma intensidade, ou seja, não houve interrupções na passagem da corrente pelo circuito.

A questão de número 9, apresentou aos alunos sobre a seguinte informação, ao (queimar) desligar uma das lâmpadas observamos que as demais continuam acesas. Esta questão é semelhante a questão 7, indagando que se tivéssemos vários aparelhos ligados em paralelo, caso a corrente em um deles fosse interrompida, o que aconteceria com a corrente nos demais? As respostas para esse questionamento estão disponíveis no Quadro 9.

**Quadro 9.** Resposta da Questão 9: Quando (queima)desligar uma das lâmpadas e observe que as demais continuam acesas. Então, quando temos vários aparelhos ligados em paralelo, se a corrente em um deles for interrompida, o que acontecerá com a corrente nos demais?

Alunos	Respostas
Aluno 1	Continuam ligadas, a intensidade da corrente elétrica fornecida pela bateria varia em função da quantidade de resistores associados e da resistência de cada um deles.
Aluno 2	Continuam ligadas
Aluno 3	A corrente elétrica parará de circular e nenhum dos aparelhos funcionará. É o que acontece, por exemplo, com as luzes de Natal: por elas serem conectadas em série, quando uma queima, todas param de funcionar.
Aluno 4	Não sei
Aluno 5	Cada resistor é independente dos demais.
Aluno 6	Cada resistor é diferente dos demais na paralela.
Aluno 7	Na associação em paralelo cada resistor é independente dos demais.
Aluno 8	Na associação em paralelo cada resistor é independente dos demais.
Aluno 9	Os demais continuam ligadas pois a intensidade da corrente elétrica fornecida pela bateria, varia em função da quantidade de resistores associados e da resistência de cada deles.
Aluno 10	Continuam ligadas
Aluno 11	Os demais continuam ligadas, pois a intensidade da corrente ligadas fornecida pela bateria varia em função da quantidade de resistores associados e da resistência de cada um deles.

Fonte: Dados do autor.

A resposta que foi dada pela maioria dos alunos, foi a seguinte, mesmo quando uma lâmpada está queimada, as demais lâmpadas não têm seu brilho alterado, mantendo-as acesas. Visto que, em uma associação em paralelo, cada resistor (lâmpada) é independente dos demais, diferentemente da associação em série, quando uma um resistor (lâmpada) queima o circuito é interrompido. Desta forma, percebemos que a maioria dos alunos possuem subsuncores relevantes.

A questão de número 10, questionou aos alunos sobre a instalação elétrica nas residenciais, indagando que estas instalações são referentes a um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo. Fazendo um questionamento a respeito, por que seria conveniente utilizar esse tipo de associação, ao invés de utilizar uma associação em série. No quadro 10, estão disponibilizadas as respostas para essa questão.

**Quadro 10.** Resposta da Questão 10: Nas instalações residenciais temos um exemplo claro de um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo. Por que é conveniente utilizar esse tipo de associação, ao invés de utilizar uma associação em série?

Alunos	Respostas
Aluno 1	Porque a paralelo é melhor, pois se uma rede for interrompida as outras continuam funcionando.
Aluno 2	Porque diferente da associação em série um circuito não é interrompido caso algum resistor queime.
Aluno 3	Já em instalações elétricas residenciais, prediais e industriais é usada a ligação paralela, porque a tensão deve ser a mesma em todos os circuitos da instalação, e ao contrário do que acontece na ligação em série do pisca pisca, quando você precisar trocar a lâmpada de uma ligação paralela, não haverá interrupção de energia para os demais equipamentos
Aluno 4	Não sei
Aluno 5	Não sei responder
Aluno 6	Nas residências é dessa forma, todas as lâmpadas estão ligadas junto, mesma ddp, 110 ou 220 dependendo da rede.
Aluno 7	As instalações elétricas residenciais são feitas dessa forma, todas as lâmpadas estão ligadas em paralelo, ou seja, ligados a mesma ddp, 110 V ou 220 V dependendo da rede elétrica.
Aluno 8	As instalações elétricas residenciais são feitas dessa forma, todas as lâmpadas estão ligadas em paralelo, ou seja, ligados a mesma ddp, 110 V ou 220 V dependendo da rede elétrica.
Aluno 9	Porque a paralela é melhor, se uma rede for interrompida os demais continuam funcionando.
Aluno 10	Porque o circuito continua funcionando mesmo que um resistor não funcione mais.
Aluno 11	Porque a paralela é melhor, pois se uma rede for interrompida as demais continuaram funcionando.

Fonte: Dados do autor.

A resposta para esta questão foi satisfatória, mostrando que os alunos possuíam subsunções relevantes sobre a associação em paralelo, fazendo uma comparação com a questão anterior. Visto que, muitos alunos relataram que na maioria das residências é utilizado a associação em paralelo, ligadas a uma mesma ddp, de 110 V ou de 220 V dependendo da rede elétrica. Enfatizando, que caso um dos resistores da associação em paralelo queime, a corrente elétrica que circula nos demais componentes do circuito não seria alterada, pois não há interrupção da corrente elétrica no circuito.

## 6.2 Análises e discussões sobre a aplicação do Produto Educacional

Por uma questão de espaço não iremos disponibilizar neste trabalho as imagens dos circuitos que os alunos construíram, bem como, devido a sua semelhança as imagens que estão contidas no roteiro pertencente ao produto educacional. Por isso, iremos apenas analisar as respostas desses alunos em relação aos questionamentos que estão presentes no roteiro de construção dos circuitos elétricos.

### 6.2.1 Os Experimentos Simulados

i. A primeira simulação objetivava a verificação da relação de proporcionalidade da intensidade da corrente elétrica e a diferença de potencial. Isto é, a verificação da lei de Ohm ( $U = R \cdot i$ ).

Para o procedimento experimental, estes alunos acessaram a página do simulador PhET, inicialmente alguns dos alunos acessaram o laboratório de informática da escola, enquanto outros acessaram de seus próprios computadores e/ou smartphones de suas casas, seguindo a ilustração da Figura 12 (produto educacional) para construírem o circuito disponibilizado na mesma. Utilizando na simulação experimental uma fonte de tensão (bateria), um amperímetro, um resistor (lâmpada) de resistência igual a 10,0 ohm e um interruptor.

Após construírem seus circuitos, os alunos responderam alguns questionamentos sobre o experimento que acabaram de construir, sendo estes questionamentos:

1. Mantendo a resistência elétrica da lâmpada constante, você deve variar a tensão elétrica da bateria de 0 V a 40 V (de 10 V em 10 V), anotando na tabela 3 a seguir os valores da intensidade de corrente elétrica lidos no amperímetro.

**Tabela 3.** Verificação da Lei de Ohm: Razão entre a tensão e corrente.

Tensão (V)	Corrente elétrica (A)
0V	0.00A
10V	1.00A
20V	2.00A
30V	3.00A
40V	4.00A

Fonte: Frazão, 2021.

Vele ressaltar que todos os alunos obtiveram os mesmos resultados. E a partir da tabela, bem como, o circuito já construído na plataforma, os alunos responderam as alternativas, estão explanadas a seguir:

a) De acordo com os valores coletados na tabela 3 a corrente elétrica é diretamente proporcional a tensão elétrica? Justifique. Colocamos as respostas dos alunos em quadros, o Quadro 11, tras as respostas dos alunos para essa alternativa.

**Quadro 11.** Resposta da alternativa a.

Alunos	Respostas
Aluno 1	Sim, de acordo com o valor da tensão, aumenta de forma proporcional aos valores da corrente e da tensão, sendo avaliada pela lei de ohm.
Aluno 2	Sim, de acordo com o valor da tensão, aumenta de forma proporcional aos valores da corrente e da tensão, sendo avaliada pela lei de ohm.
Aluno 3	Sim a corrente elétrica é diretamente proporcional a tensão elétrica como a lei de Ohm diz $U=R.i$ , aumentando a tensão $U$ aumenta a corrente $i$ .
Aluno 4	Sim, para conseguir passar a corrente e levar energia até a lâmpada ela precisa ser proporcional se não ficaria fraca ou queimaria.
Aluno 5	sim. Pois conforme a tensão _aumentava a corrente elétrica se tomava proporcional a ela. e a primeira lei de ohm diz que a corrente elétrica é diretamente proporcional a diferença de potência aplicada
Aluno 6	Sim, pois à medida que a tensão aumenta, a corrente elétrica também aumenta.
Aluno 7	Sim, pois à medida que a tensão aumenta, a corrente elétrica também aumenta.
Aluno 8	Sim, pois quanto maior a tensão(V), maior a corrente elétrica (A)
Aluno 9	Sim, pois à medida que a tensão aumentava, a corrente elétrica se tornava proporcional a ela, e a primeira lei de ohm diz que a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potência aplicada.
Aluno 10	Sim, pois a cada 10 Volts, aumenta um Ampére. Fiz regra de três pq não consegui mudar a voltagem aqui pelo celular.
Aluno 11	Sim, porque quanto maior a resistência elétrica de um corpo, menor será a corrente elétrica a travessá-lo.
Aluno 12	Sim, pois conforme a tensão aumentava, a corrente elétrica se tornava proporcional a ela, e a primeira lei de ohm diz que a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potência aplicada.
Aluno 13	sim, a lei de OHM diz que a corrente elétrica e tenção elétrica e resistor elétrico estão diretamente ligados
Aluno 14	Sim, de acordo com minha verificação, se aumentar a tensão aumentar para 20 V, logo teremos uma corrente elétrica de 2,0 A.
Aluno 15	Sim, pois a corrente elétrica é igual a diferença de tensão pela resistência.
Aluno 16	Sim, conforme a tensão aumentativa a corrente elétrica se tornava proporcional a ela, e a primeira lei de ohm diz que a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potência aplicada.

Aluno 17	Sim pois a corrente elétrica, a tensão elétrica e a resistência elétrica estão diretamente ligadas.
Aluno 18	Sim, de acordo com o valor da tensão, aumenta de forma proporcional aos valores da corrente, sendo avaliada pela lei de ohm.

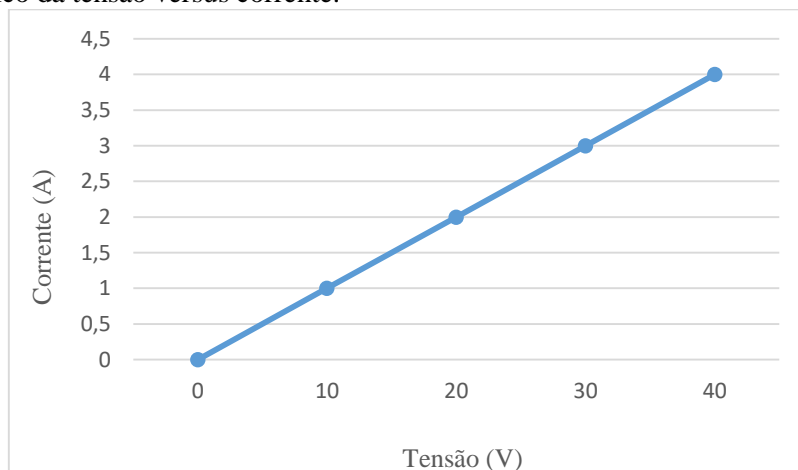
Fonte: Dados do autor.

Para alternativa assim como esperado, os resultados foram praticamente iguais, pois todos chegaram a mesma conclusão, que a tensão e a corrente elétrica são diretamente proporcionais. Isto é, quanto maior for o valor da tensão maior será o valor da corrente elétrica.

b) Em sua opinião lâmpada é considerada um resistor ôhmico. Caso seja, construa o gráfico da tensão versus corrente para essa resistência.

Para essa alternativa, todos os alunos concordaram que a lâmpada pode ser considerada como um resistor ôhmico. Como os resultados da tabela 3, correspondem as respostas dos alunos. Ilustraremos apenas um gráfico, visto que, todos seriam iguais.

**Figura 27.** Gráfico da tensão versus corrente.



**Fonte:** Alunos do 3º Ano A do CETI Didácio Silva, 2021

c) Usando a lei de Ohm, qual é a resistência elétrica dessa lâmpada?

Para essa alternativa, independentemente da tensão ou corrente adotada, o resultado seria o mesmo. No entanto, a maioria dos alunos utilizaram a tensão igual 40V e a corrente igual a 4A. deste modo encontramos o seguinte resultado para o questionamento proposto.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{40}{4} = 10\Omega$$

2. O que acontece com o brilho da lâmpada: quando a tensão elétrica aumenta e quando a tensão elétrica diminui?

**Quadro 12.** Resposta da questão 2.

Alunos	Respostas
Aluno 1	Quando a tensão aumenta a luz também aumenta, quando a tensão diminui a luz também diminui
Aluno 2	Quando a tensão aumenta a luz aumenta, quando a tensão diminui a luz diminui
Aluno 3	Quando a tensão aumenta a luz aumenta, quando a tensão diminui a luz diminui
Aluno 4	A lâmpada fica mais forte ou mais fraca sempre que aumentamos ou diminuímos a tensão.
Aluno 5	Quanto maior a tensão maior o brilho, e quanto menor é tensão menor o brilho
Aluno 6	Se você aumentar a “voltagem” sobre uma lâmpada, o brilho será maior, pois vai passar mais “corrente” sobre ela. Se você diminuir a tensão o brilho vai diminuir pois passa menos energia.
Aluno 7	Quando a tensão aumenta, o brilho aumenta e vice versa
Aluno 8	Quando a tensão aumenta, o brilho aumenta e vice versa
Aluno 9	Se a "voltagem" sobre uma lâmpada for aumentada, ela vai brilhar mais, pois vai passar mais "corrente" sobre ela. Se for diminuída a tensão o brilho diminui pois passa menos energia sobre ela.
Aluno 10	Quando a tensão aumenta o brilho também aumenta, quando diminui a tensão, diminui o brilho também, isso acontece proporcionalmente.
Aluno 11	Quando a tensão elétrica aumenta o brilho aumenta, quando a tensão elétrica diminui o brilho também diminui.
Aluno 12	Se você aumentar a "voltagem" sobre uma lâmpada, ela vai brilhar mais, pois vai passar mais "corrente" sobre ela. Se você diminuir a tensão o brilho diminui pois passa menos energia sobre ela.
Aluno 13	O brilho da lâmpada ele aumenta e diminui de acordo com a Tenção elétrica.
Aluno 14	O brilho aumenta e diminui proporcionalmente à tensão.
Aluno 15	O brilho aumenta e diminui proporcionalmente à tensão.
Aluno 16	Quando a tensão aumenta o brilho aumenta e quando diminui a tensão o brilho diminui também.
Aluno 17	Se você aumentar a voltagem sobre uma lâmpada, ela vai brilhar mais pois vai passar mais corrente sobre ela. Se você diminuir a tensão o brilho diminui pois passa menos energia entre eles.
Aluno 18	O brilho da lâmpada ele aumenta e diminui de acordo com Tenção elétrico

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram satisfatórias pois todos os alunos responderam de forma semelhante, mostrando que de fato eles conseguiram compreender os conceitos de eletrodinâmica empregados neste circuito. Visto que, suas respostas foram equivalentes à: caso

a “voltagem” sobre uma lâmpada aumentasse, o brilho da mesma aumentaria proporcionalmente, porque iria passar mais “corrente” sobre ela. No entanto, caso diminuísse a tensão dessa lâmpada, o brilho dela iria diminuir, pois passaria menos corrente sobre a mesma. Isto é uma verdade, visto que a tensão e a corrente são diretamente proporcionais.

ii. A segunda simulação objetivava a construção de um circuito com uma associação em série de três lâmpadas de resistência elétrica iguais e um curto-circuito. Nessa simulação experimental, foram utilizados uma fonte de tensão (bateria), um amperímetro, três lâmpadas de resistência elétrica iguais a 10,0 ohm e dois interruptores como proposto na Figura 13 (do produto educacional). Nesta simulação foram feitos alguns questionamentos sobre essa associação em série de lâmpadas. Como a maioria das respostas para essa questão foram semelhantes, apenas enfatizaremos uma única afirmação, para descrever o que os alunos entenderam sobre esse circuito:

1. Ao fechar o interruptor que está em cima que une as três lâmpadas, mantendo o interruptor de baixo aberto, verifique se essas lâmpadas:

a) acendem ou continuam apagadas;

De acordo com as respostas dos alunos, todas as lâmpadas acendem.

b) o brilho nas lâmpadas é igual ou diferente? Justifique.

De acordo com as respostas dos alunos, é igual, porque todas as lâmpadas estão recebendo a mesma quantidade de voltagem.

c) o brilho apresentado em cada lâmpada, entretanto é menor que o normal! Por que isso acontece.

De acordo com as respostas dos alunos, isso ocorre porque a resistência em um interruptor para 3 lâmpadas tem que ser dividida ocasionando assim a alteração no brilho das mesmas.

2. Ao fechar os dois interruptores, o que acontece com a lâmpada do meio, e como se chama esse desvio. O brilho nas lâmpadas das extremidades aumenta ou diminui. Explique.

De acordo com as respostas dos alunos, a lâmpada do meio se apaga, esse desvio se chama curto circuito. O brilho das lâmpadas nas extremidades aumenta porque como a lâmpada do meio está apagada, a tensão que iria para ela foi dividida entre as outras duas.



3. Considerando que as três lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica e igual a  $10,0 \Omega$  e, a diferença de potencial igual a  $60,0 \text{ V}$ . Qual a intensidade de corrente elétrica nesse circuito?

Para essa questão, temos que levar em consideração que são 3 resistências de  $10,0 \Omega$ , com uma tensão de  $60,0 \text{ V}$ . Como todos os alunos perceberam isso, iremos apenas concluir essa questão, da forma como a maioria a solucionou:

$$i = \frac{V}{R} = \frac{60}{10+10+10} = \frac{60}{30} = 2,00 \text{ A}$$

iii. A terceira simulação objetivava a construção de um circuito com uma associação em paralelo de três lâmpadas de resistência elétrica iguais. Nessa simulação experimental, utilizar fios, fonte de tensão (bateria), um amperímetro, três lâmpadas de resistência elétrica iguais e um interruptor como proposto na Figura 14 (do produto educacional). Nesta simulação foram feitos alguns questionamentos sobre essa associação em paralelo de lâmpadas. Como a maioria das respostas para essa questão foram semelhantes, apenas enfatizaremos uma única afirmação, para descrever o que os alunos entenderam sobre esse circuito:

1. Ao fechar o interruptor do circuito, descreva o que acontece com as lâmpadas:

a) acendem ou continuam apagadas;

De acordo com as respostas dos alunos, assim, como o questionamento da simulação anterior, todas as lâmpadas acendem.

b) o brilho apresentado em cada lâmpada é normal! Explique por que isso acontece.

De acordo com as respostas dos alunos, isso ocorre porque a corrente está dividida igualmente nos resistores.

2. Se as lâmpadas apresentarem a mesma resistência elétrica, a corrente elétrica que passa em cada uma das lâmpadas é igual ou diferente? Justifique.

De acordo com as respostas dos alunos, em uma associação de resistores em paralelo, a intensidade da corrente elétrica fornecida pela bateria varia em função da quantidade de resistores associados e da resistência de cada um deles. Desse modo a corrente elétrica será igual para todas as lâmpadas (resistores). Devido a mesma ser dividida igualmente em cada uma delas.

3. Considerando que as três lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica e igual a  $10,0 \Omega$  e, a diferença de potencial igual a  $60,0 \text{ V}$ . Qual a intensidade de corrente elétrica nesse circuito?

De acordo com as respostas dos alunos, eles obtiveram a seguinte resposta:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5,0 \Omega$$

$$i = \frac{U}{R} = \frac{60}{5} = 12 \text{ A}$$

4. No circuito elétrico da Figura 14 (produto educacional) a ddp na bateria é igual  $30,0 \text{ V}$  e a resistência elétrica em cada lâmpada é igual a  $6,0 \Omega$ .

a) Qual a corrente elétrica lida no amperímetro?

De acordo com as respostas dos alunos, eles relataram que a corrente lida no amperímetro era de  $10 \text{ A}$ .

b) Determine a corrente elétrica que atravessa em cada lâmpada.

De acordo com as respostas dos alunos, eles obtiveram a seguinte resposta:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{30}{6} = 5 \text{ A}$$

c) Qual a corrente elétrica total no circuito? Essa corrente elétrica é a mesma lida no amperímetro.

De acordo com as respostas dos alunos, eles obtiveram a seguinte resposta:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = \frac{36}{12} = 3,0 \Omega$$

$$i = \frac{U}{R} = \frac{30}{3} = 10 \text{ A}$$

Evidenciando assim, que a corrente é a mesma calculada pelo amperímetro.

iv. A quarta e última simulação objetivava a construção de Ponte Wheatstone (Associação mista) de quatro resistores e uma lâmpada, com a finalidade de comprovar se a mesma acende ou não através da alteração de resistência. Nessa simulação experimental, utilizar fios, fonte de tensão (bateria), três amperímetros, quatro resistores, uma lâmpada e um interruptor como proposto na Figura 15 (do produto educacional). Assim como nas outras simulações foram feitos alguns questionamentos sobre essa associação de resistores. Como a

maioria das respostas para essa questão foram semelhantes, apenas enfatizaremos uma única afirmação, para descrever o que os alunos entenderam sobre esse circuito:

1. Por que a lâmpada não acende quando o interruptor é fechado?

De acordo com as respostas dos alunos, não passa nenhuma corrente porque a ponte de Wheatstone está em equilíbrio, ou seja, a diferenciação de potencial elétrico é nula, fazendo assim com que nenhuma corrente acenda a lâmpada.

2. Passa corrente elétrica por essa lâmpada? Justifique.

De acordo com as respostas dos alunos, como esse circuito se encontra em equilíbrio. Tanto ele aberto quanto fechado, não existe passagem da corrente elétrica até a lâmpada.

3. Se trocarmos a lâmpada por outra de resistência diferente, ela acenderá? Explique.

De acordo com as respostas dos alunos, não adianta trocar a lâmpada, porque a corrente elétrica que não está passando por ela.

4. A associação de quatro resistores representada na figura 15 (do produto educacional) é denominada ponte de Wheatstone, qual a finalidade dessa associação?

De acordo com as respostas dos alunos, ela é usada para determinar uma resistência elétrica desconhecida.

Diante do exposto, notamos que os alunos fizeram um excelentíssimo trabalho, descrevendo, discutindo e analisando cada parte dos circuitos que foram simulados. Logo, a aplicação do produto educacional obteve resultados satisfatórios.

### **6.3 Avaliação do Produto Educacional**

O pós-teste teve como objetivo a avaliação do produto educacional, abordando 8 questões direcionadas a satisfação e desempenho do mesmo. Suas questões são objetivas e subjetivas, para diferenciar das demais usamos apenas um Q seguido do número da questão. Como Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7 e Q8.

A Q1, questionou aos alunos se antes da execução da atividade com o simulador PhET, eles teriam alguma noção e/ou alguma experiência com essa plataforma virtual ou com outros simuladores. Assim, eles iriam falar sobre suas experiências, caso a resposta fosse positiva. No Quadro 13 temos as respostas dessa questão.

**Quadro 13.** Resposta da Q1: Antes da atividade com o simulador PhET, você já tinha ouvido falar ou teve alguma experiência com essa plataforma virtual ou com outros simuladores? Se sim, como foi sua experiência? O que achou?

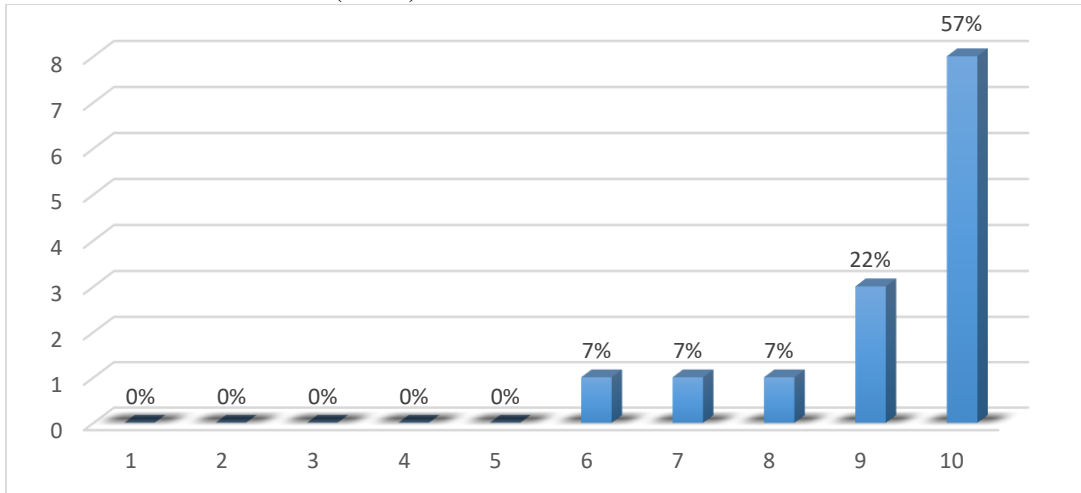
Alunos	Respostas
Aluno 1	Não
Aluno 2	Não
Aluno 3	Nunca ouvi falar, só vi mesmo quando o professor passou o trabalho, eu gostei muito e bem interessante de fazer
Aluno 4	Não tinha experiência.
Aluno 5	Foi diferente, gostei de fazer os experimentos deu pra entender melhor e os conceitos também.
Aluno 6	Nunca ouvi falar
Aluno 7	Não
Aluno 8	Não
Aluno 9	Foi a primeira vez que usei esse simulador, foi muito divertido e aprendi bastante com essa oportunidade.
Aluno 10	Sim, tinha visto com o professor que levou a plataforma até a sala de aula. Achei uma experiência diferente e legal de aprender.
Aluno 11	Não.
Aluno 12	Não, eu não conhecia.
Aluno 13	Não.
Aluno 14	Sobre esse aplicativo eu não conseguir assistir as primeiras aulas que o professor da disciplina de física passou.

Fonte: Dados do autor.

Essa questão nos mostrou que pouco alunos tiveram contato com a plataforma antes da aplicação do produto educacional, evidenciando uma inovação para aulas de física, bem como, mostrando aos alunos outra forma de aprendizado, capaz de tornar as aulas mais dinâmicas.

A Q2, sugeria que os alunos atribuíssem uma pontuação (em uma escala de 0 a 10) utilização dessa atividade com o simulador (PhET) nas aulas de Física. Assim, iríamos verificar o grau de satisfação da aplicação do simulador em sala de aula. As respostas estão ilustradas no gráfico da Figura 25.

**Figura 28.** Resposta da Q2: Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade com o simulador (PhET) nas aulas de Física?



**Fonte:** Frazão, 2021.

As respostas foram satisfatórias, pois 8 (57%) dos atribuíram a nota máxima, enquanto 3 (22%) dos alunos atribuíram a nota 9. Apenas três alunos atribuíram notas medianas 6 (7%), 7 (7%) e 8 (7%). Como não houve saldo negativo, notamos que a utilização da atividade com o simulador (PhET) nas aulas de Física foi bem recebida pela maioria dos alunos e que os mesmos gostaram de participar da mesma.

A Q3 era uma questão de opinião, questionando aos alunos se eles conseguiram aprender os conteúdos de Física através da a plataforma PhET. Bem como, buscava-se que os mesmos indicassem as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física através do uso do simulador. O Quadro 14 apresenta as respostas dessa questão.

**Quadro 14.** Resposta da Questão 3: Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através do uso do simulador? Se sim, indique as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta maneira.

Alunos	Respostas
Aluno 1	Sim, é bem interativo e dá pra ver cada detalhe dos circuitos.
Aluno 2	Sim, tem todos os itens necessários e é bem intuitivo.
Aluno 3	Com o simulador eu aprendi melhor, ele dá um exemplo de como ocorre na associação de resistores, a gente aprender fazendo e vendo de verdade a simulação e bem melhor do imaginar de como pode ser.
Aluno 4	Compreendi um pouco apesar de ter dificuldades com a matéria.
Aluno 5	Sim, vantagem que fazendo os experimentos dá pra entender melhor o assunto e desvantagens tem que ter paciência pra construir os experimentos.
Aluno 6	Sim, é uma maneira mais didática e ilustrativa para o aprendizado.
Aluno 7	Não consegui aprender muito bem dessa maneira.

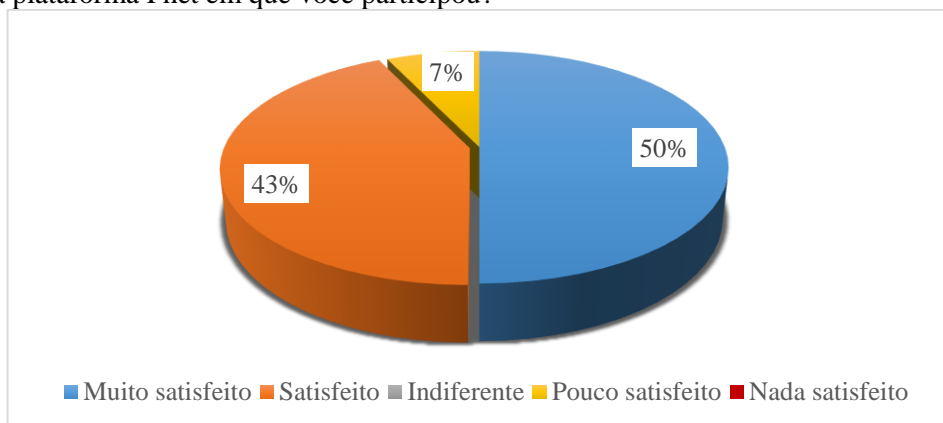
Aluno 8	Sim, foi muito útil nos primeiros simuladores pois eu entendia um pouco do assunto, mas foi complicando.
Aluno 9	Sim. O simulador é divertido, bem interativo e fácil de manusear, além de ser bem eficiente.
Aluno 10	Sim, tinha visto com o professor que levou a plataforma ate a sala de aula. Achei uma experiência diferente e legal de aprender.
Aluno 11	Sim é um pouco diferente do presencial mais é bastante produtivo.
Aluno 12	sim
Aluno 13	Muitas coisas interessantes que eu ainda não tinha visto.
Aluno 14	Sim. O simulador é divertido, bem interativo e fácil de manusear, além de ser bem eficiente.

Fonte: Dados do autor.

Analisando as respostas dos alunos percebemos que a utilização da plataforma PhET em sala de aula possui mais vantagens do que desvantagens. Devido essa atividade ser incomum aos alunos, despertando um maior interesse pelas aulas, tornando-as mais dinâmicas e contando com a participação ativas dos alunos.

A Q4 era uma questão que objetivava o grau de satisfação a respeito da atividade baseada na plataforma Phet, apresentando 5 alternativas sendo elas: muito satisfeito, satisfeito, indiferente, pouco satisfeito e nada satisfeito. A figura 26 ilustra o grau de satisfação dos alunos.

**Figura 29.** Resposta da Q4: Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade baseada na plataforma Phet em que você participou?



Fonte: Frazão, 2021.

Essa questão mostrou que dos 14 (100%) alunos participantes, 7 (50%) se sentiram muito satisfeitos com a aplicação do PhET em sala de aula, 6 (43%) se sentiram satisfeito com o uso da plataforma, apenas 1 (7%) aluno se sentiu pouco satisfeito com as simulações.

Revelando assim, que esta plataforma desperta interesse no aluno, fazendo com que o mesmo se torne um agente ativo de seu processo de aprendizagem.

A Q5 questionava os alunos se eles tinham encontrado alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos circuitos elétricos, pedindo para que os mesmos relatassem quais foram essas dificuldades. O Quadro 15 apresenta as respostas dessa questão.

**Quadro 15.** Resposta da Questão 5: Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos circuitos elétricos? Se sim, quais foram essas dificuldades?

<b>Alunos</b>	<b>Respostas</b>
Aluno 1	Não.
Aluno 2	Não.
Aluno 3	Não, eu até que fiz bem rápido e só vi os exemplos que o professor deu e fiz, e lá tem a descrição dos instrumentos que usa é muito bom.
Aluno 4	Não.
Aluno 5	Não.
Aluno 6	Não encontrei dificuldades.
Aluno 7	Sim, foi bem difícil construir o circuito elétrico do último simulador.
Aluno 8	Sim, nos últimos simuladores.
Aluno 9	Não.
Aluno 10	Não.
Aluno 11	Não.
Aluno 12	Não, foi de boas.
Aluno 13	Não.
Aluno 14	Não tenho nenhuma dúvida sobre isso.

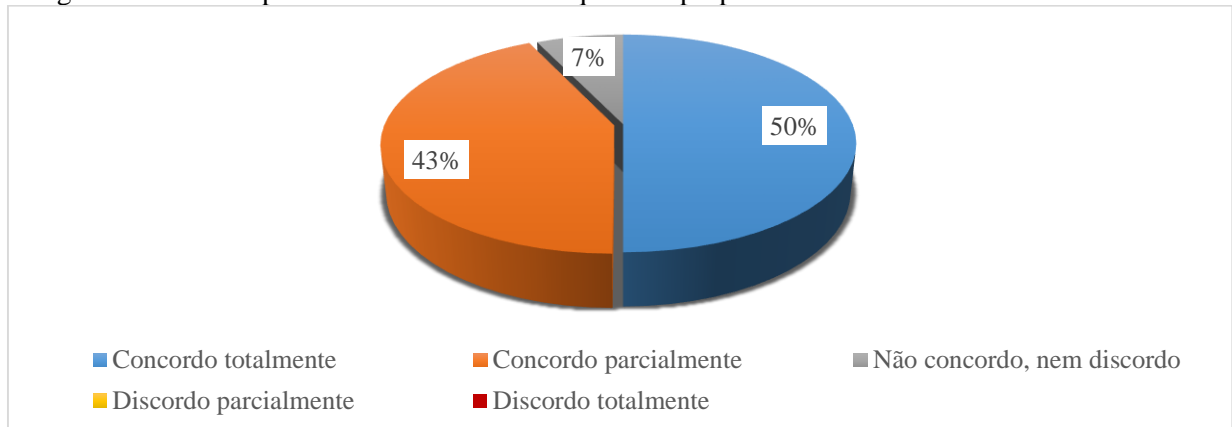
Fonte: Dados do autor.

Somente dois alunos encontraram dificuldades na construção dos circuitos, principalmente na Ponte Wheatstone (Associação mista). Isto é, percebemos pelas respostas que a construção desses circuitos foi bem planejada e que a mesma é bem simples, dependendo unicamente da leitura do roteiro, observação dos exemplos contidos no roteiro e interesse do aluno para construí-lo. Afinal, todas as explicações a respeito da construção e desenvolvimento conceitual estão expostas no roteiro de construção desses circuitos elétricos.

Na Q6 foi questionado aos alunos se eles concordavam que as discussões dentro da sala de aula junto aos seus colegas contribuíram para o esclarecimento das questões propostas durante a atividade. Nessa questão os alunos deveriam escolher dentre as alternativas (concordo totalmente, concordo parcialmente, não concordo, nem discordo, discordo parcialmente,

discordo totalmente) a que mais delimitava com o seu posicionamento. Suas respostas estão ilustradas no gráfico, que corresponde à Figura 27.

**Figura 30.** Resposta da Q6: Você concorda que as discussões dentro da sala de aula junto aos seus colegas contribuíram para o esclarecimento das questões propostas durante a atividade?



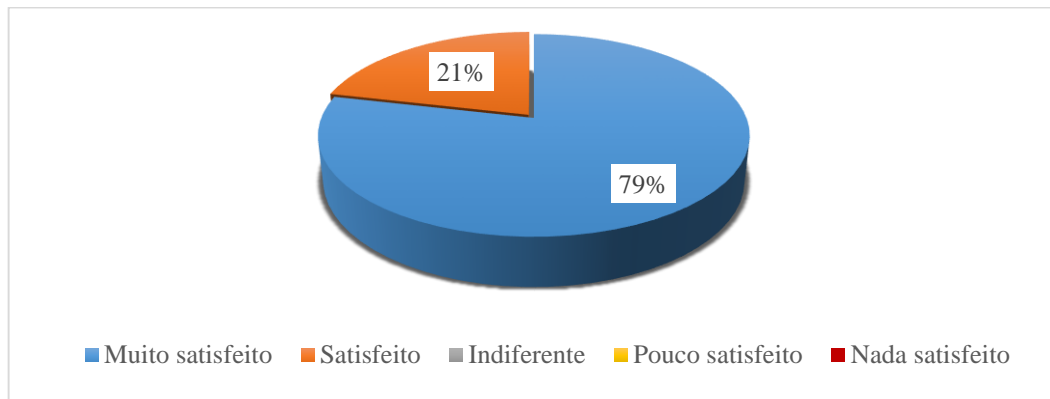
**Fonte:** Frazão, 2021.

Essa questão mostrou que dos 14 (100%) dos alunos participantes, 7 (50%) concordaram totalmente que as discussões dentro da sala de aula contribuíram para o esclarecimento sobre a atividade e sua execução, fazendo com que os mesmos compreendessem os conteúdos sobre os circuitos elétricos, podendo assim responder os questionamentos propostos em cada simulação. Enquanto 6 (43%) alunos concordavam parcialmente que essas discussões ajudaram na construção e entendimento a respeito dos circuitos construídos por eles com o uso da plataforma e apenas 1 (7%) aluno se posicionou de maneira indiferente, nem concordando e tão pouco discordando, sobre esse questionamento. Revelando assim, que a introdução dos conteúdos, como um organizador prévio de seus subsunçores, e a explicação sobre o uso da plataforma tornou essa atividade prazerosa e de fácil utilização, bem como, facilitadora sobre os conceitos de eletrodinâmica.

Na Q7 foi questionado aos alunos como eles se sentiriam se esta forma de atividade fosse realizada outras vezes sala de aula. Nessa questão os alunos deveriam escolher dentre as alternativas (muito satisfeito, satisfeito, indiferente, pouco satisfeito, nada satisfeito) a que mais enquadrava com o seu posicionamento de satisfação em relação a essa atividade se tornasse algo habitual. As respostas para essa questão estão ilustradas no gráfico, que corresponde à Figura 28.



**Figura 31.** Resposta da Q7: Como você se sentiria se esta forma de atividade fosse realizada outras vezes?

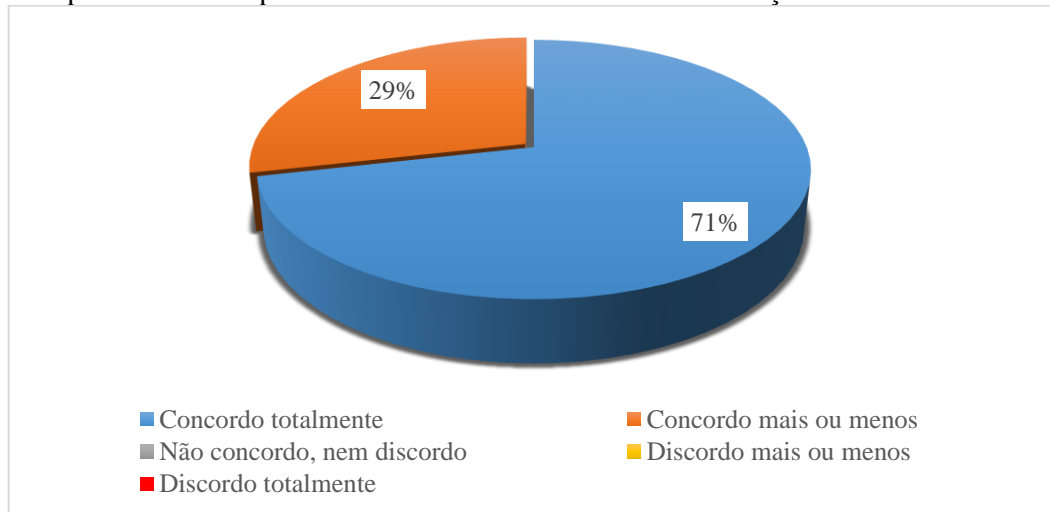


**Fonte:** Frazão, 2021.

Essa questão mostrou 11 (79%) dos 14 (100%) dos alunos participantes, se sentiram muito satisfeito ao saberem que esta metodologia poderia ser implementada em sala de aula diversas vezes. Enquanto 3 (21%) desses se sentiram satisfeitos, concordando que essa atividade deveria ser implementada pelos professores de física. Neste caso, percebemos um gigantesco grau de satisfação desses alunos pelas atividades simuladas, mesmo aqueles que tiveram uma certa dificuldade em utilizar a plataforma ao construírem seus circuitos gostariam que esta atividade fosse realizada com mais frequência. Diante do exposto, percebemos que alcançamos nossos objetivos e que estes alunos obtiveram uma experiência inimaginável.

Por fim, a Q8 questionava aos alunos se eles concordavam que esta atividade tinha contribuído de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados a Associação de Resistores. Nessa questão os alunos deveriam escolher dentre as alternativas (concordo totalmente, concordo parcialmente, não concordo, nem discordo, discordo parcialmente, discordo totalmente) a que mais se enquadrava com o seu posicionamento. As respostas para essa questão estão ilustradas no gráfico, que corresponde à Figura 29.

**Figura 32.** Resposta da Q8: Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados a Associação de Resistores?



**Fonte:** Frazão, 2021.

Essa questão mostrou que dos 14 (100%) dos alunos participantes, 10 (71%) desses alunos concordaram totalmente que essa atividade contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado. Enquanto 4 (29%) alunos concordavam parcialmente que através das simulações eles conseguiram apreender de forma significativa. Dessa forma, podemos afirmar que o uso de simuladores possui grandes possibilidades em ser um material potencialmente significativo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho fundamentou-se no desenvolvimento de uma sequência didática (SD) utilizando a plataforma PhET como ferramenta didática na abordagem de circuitos elétricos, no intuito de melhorar a qualidade do ensino da Física no ensino médio, tornando os conceitos sobre circuitos, em especial a Associação de Resistores o mais agradável possível aos alunos. Com isso é possível inferir que o roteiro de atividades simuladas contribuirá para facilitar o trabalho dos professores de Física em sala de aula, e proporcionará aos alunos um ganho real, em termos de aprendizagem.

Nessa pesquisa utilizamos o método qualitativo para os resultados obtidos da SD, que consistiu em analisar todas as respostas dos 3 questionários (pré-teste, questionamentos do roteiro e pós-teste) observando e apreciando cada uma das respostas que foram fornecidas para a coleta de dados. De acordo com as análises oriundas desses questionários constatou-se que os alunos participantes já tinham os conhecimentos prévios, os chamados subsunçores, referentes a lei Ohm e aos circuitos elétricos, tais como associação em série, paralelo e associação mista de resistores, bem como os brilhos das lâmpadas.

Com a aplicação da SD notamos uma mudança no comportamento dos alunos, visto que, os mesmos deixaram de ser apenas espectadores e passaram a participar ativamente de sua aprendizagem. Isso é comprovado pela a motivação, o empenho e a satisfação ao manipularem o simulador e ao construírem os circuitos em busca de soluções para as perguntas dos questionamentos dentro do roteiro, comprovaram ainda a eficiência do PhET ao utilizar essa ferramenta como recurso didático no Ensino de Física. Nesse sentido, percebe-se que a utilização de um simulador PhET contém um potencial de aprendizagem bastante relevante, em virtude da quantidade de respostas satisfatórias.

Verificando os objetos de aprendizagem, por meio do desenvolvimento das simulações computacionais sobre os conteúdos abordados, identificamos através da realização dos experimentos por parte dos alunos que os conteúdos abordados na SD são os mais adequados a metodologia de pesquisa proposta. Visto que, esta metodologia proporcionou ao professor o planejamento e desenvolvimento dos conteúdos sobre os circuitos elétricos de maneira mais dinâmica e menos formal, no qual as simulações tornaram possíveis o aprofundamento dos conteúdos trabalhados em sala de aula (de forma convencional), despertando o interesse dos alunos pela aula, tornando o uso da plataforma PhET uma alternativa metodológica, que pode

ser de trabalhada como atividade complementar as aulas expositivas.

Diante dos resultados, em função das respostas fornecidas pelos alunos, verificamos a importância em relacionar a teoria com a prática no processo de ensino, bem como, a importância em proporcionar momentos em que os alunos possam participar ativamente desse processo. Desse modo, percebemos que a utilização do simulador PhET colaborou como um instrumento de ensino dentro e fora da sala de aula, devido ao mesmo se encontrar disponível de forma gratuita na internet. Com isso, os próprios alunos podem continuar desenvolvendo e investigando sobre os circuitos elétricos e/ou outros conceitos físicos disponíveis em outras simulações disponibilizados por essa plataforma. Por isso, o simulador PhET, torna-se uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento de uma aprendizagem autônoma e significativa.

Dessa forma, podemos concluir que a aplicação da SD de forma híbrida, contribui para promover uma aprendizagem significativa. Levando-se em conta o que foi observado, notamos que o aluno começa aprender inicialmente por recepção, devido às explicações e orientações do professor para construção dos circuitos e explanação dos conteúdos em que os mesmos iria utilizar para a elaboração de seus próprios circuitos. No entanto, ao construir e testarem cada circuito conectando os conteúdos vistos em sala de aula com os existentes dentro do simulador, bem como, com os seus conhecimentos prévios, eles irão aprender por descoberta, testando e avaliando os circuitos que eles mesmos construiram.

Assim, por meio dos resultados obtidos com os instrumentos de coleta de dados percebemos que o uso de simuladores como um recurso auxiliar no ensino de física é uma alternativa válida que aproxima o ensino da teoria com a prática, facilitando assim, a aprendizagem dos conceitos físicos de eletrodinâmica.

Vale ressaltar que os resultados obtidos em cada questão do pós-teste nos mostram a eficiência da aplicação do produto educacional, através das respostas obtidas (resultado qualitativo), determinando uma relevância sobre a qualidade da metodologia de ensino proposta nessa atividade. No entanto, há um grande desafio para um professor utilizar esta tecnologia, devido a carga horária que o mesmo deve cumprir. Entretanto, notamos que a utilização de simuladores no ensino de Física contribui para o sucesso dos alunos em seu processo de aprendizagem, bem como, desejamos que o produto seja apresentado e disponibilizado aos outros professores de Física da escola e/ou de outras instituições para que os mesmos possam inserir as simulações em suas aulas.

Portanto, tendo em vista dos argumentos apresentados até o presente momento, mostraram vários pontos positivos da atividade proposta dentro do processo de ensino e aprendizagem desses alunos. No entanto, não podemos afirmar que essa atividade utilizando simulações no ensino dos conceitos pertencentes a eletrodinâmica por si só é a melhor forma de se promover uma aprendizagem significativa. Tão pouco deve substituir as aulas presenciais ou até mesmo o professor em sala de aula. Logo, ela é uma mais ferramenta que pode auxiliar o professor em suas aulas, se utilizada de forma apropriada, visto que a mesma pode proporcionar bons resultados e despertar o interesse dos alunos em aprender.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. V. *et al.* Uma Aplicação do Software Educacional PheT como Ferramenta Didática no Ensino da Eletricidade. **Informática na Educação (Online)**, v. 18, p. 145-162, 2015.
- AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio: Interamericana, 1980.
- BATISTA, R. da C.; OLIVEIRA, J. E. de.; PILEGI RODRIGUES, S. de F.. Sequência didática: ponderações teórico-metodológicas. In: **Anais do XVIII ENDIPE**. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2016.
- BAYER, A.; NUNES, C. da S.; MANASSI, N. P.. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o Ensino de Estatística na Educação Básica. In: **Anais do XIV CIAEM-IACME**, Chiapas, México, 2015. Disponíveis em: [http://xiv.ciaem-redumate.org/index.php/xiv\\_ciaem/xiv\\_ciaem/paper/viewFile/1316/514](http://xiv.ciaem-redumate.org/index.php/xiv_ciaem/xiv_ciaem/paper/viewFile/1316/514). Acesso em: 08 jun. 2021.
- BEZERRA, D.P. *et al.* A evolução do ensino da física – perspectiva docente. **SCIENTIA PLENA**. vol.5, num. 9. Fortaleza – CE. 2009.
- BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.. **Física, 3: eletricidade: física moderna**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BRAATHEN, P. C.. **Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química**. Revista Eixo. n. 1, v. 1, jan-jun 2012.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Conhecimento de Física**. Brasília: MEC, 1999.
- BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: SEMTEC, 2002.
- BRUINI, E. C. **Aprendizagem significativa**. Brasil escola, 2017. Disponível em: [http://educador.brasilescola.uol.com.br/trabalho-docente/aprendizagem\\_significativa.htm](http://educador.brasilescola.uol.com.br/trabalho-docente/aprendizagem_significativa.htm). Acesso em: 26 jun. 2019.
- CATÁLOGO Icel. Manaus, 2020. Disponível em: <http://www.ichel-manaus.com.br/download/Catálogo%20Icel%20-%20fev%202020%20-%20-%20.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- FABRO, R. R.. Unidade de ensino Potencialmente Significativa no Ensino de Geometria Analítica. **Anais do XXI EBRAPEM**, Pelotas - RS, 2017. Disponível em: [https://wp.ufpel.edu.br/xxiebrapem/files/2018/10/GD3\\_Rafaela\\_Fabro.pdf](https://wp.ufpel.edu.br/xxiebrapem/files/2018/10/GD3_Rafaela_Fabro.pdf). Acesso em: 08 jun. 2021.

FALCHI, L. de F. O.; FORTUNATO, I. Simulador phet e o ensino da tabuada na educação básica: relato de experiência. **RPGE - Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v.22, n.1, p.439-452, 2018. ISSN: 1519-9029DOI: 10.22633/rpge.v22.n.1.2018.10672.

FRAZZON, L. M.. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel**. Revista Pedagógica – Unoense-Chapecó, nº 3, 1999.

FERNANDES, S. A.; FILGUEIRA, V. G.. Por que ensinar e por que estudar Física? O que pensam os futuros professores e os estudantes do Ensino Médio?. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. Vitória – ES, 2009.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S.. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos metodológicos**. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KRASILCHIK, M.. Inovação no ensino das ciências. In: GARCIA, Walter Esteves (Org.). **Inovação educacional no Brasil: problemas e perspectivas**. São Paulo: Cortez; Campinas: Autores Associados, 1980. p. 164-180.

KLAUSEN, L. dos S.. **Aprendizagem Significativa: um desafio**. EDUCERE – Formação de professores, contextos sentidos e práticas. Santa Catarina, 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A.. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LINO DE ARAÚJO, D.. O que é (e como faz) sequência didática?. **Entrepalavras**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 322-334, maio 2013. ISSN 2237-6321. Disponível em: <http://www.entrepalavras.ufc.br/revista/index.php/Revista/article/view/148/181>. Acesso em: 22 maio 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.22168/2237-6321.3.3.1.322-334>.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A.. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

MCKAGAN, S. K. *et al.* *Developing and researching phet simulations for teaching quantum mechanics*. **American Journal of Physics**. 76, no. 4, 2008: 406-417. Disponível em: <https://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=10278&DocID=1780> Acesso em: 21 maio 2021.

MORAES, R. M.. **A aprendizagem significativa de conteúdos de biologia no ensino médio, mediante o uso de organizadores prévios e mapas conceituais**. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação – Mestrado em Educação, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2005.

MOREIRA, M. A. **A aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, A. M. A teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, A. M. **Teorias de Aprendizagem (org)**. EPU: São Paulo, 1999.

MOREIRA, A. M. **A teoria da Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista. *Meaningful Learning Review* – v 1 (3). P. 25 – 46, 2011b.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em ensino de ciências**, São Paulo, v. 10, p. 63-101, 2005.

PASSOS, I. N. G. *et al.* Utilização do software PhET no ensino de química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão. **Revista Observatório**, v. 5, p. 335-365, 2019. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/4626/15353>. Acesso em: 27 maio 2021.

PAZ, F. S. da.; **A prática docente do professor de física: percepções do formador sobre o ensino**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2014.

PELLIZARI, A. *et al.* Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2. n. 1, p. 37-42, jul.2001/jul.2002.

PERETTI, L.; TONIN DA COSTA, G. M.. Sequência didática na matemática. Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai – IDEAU. **REI - Revista de Educação do Ideau**, vol. 8. nº 17. 2013. ISSN: 1809-6220. Disponível em: [https://www.caxias.ideau.com.br/wp-content/files\\_mf/8879e1ae8b4fdf5e694b9e6c23ec4d5d31\\_1.pdf](https://www.caxias.ideau.com.br/wp-content/files_mf/8879e1ae8b4fdf5e694b9e6c23ec4d5d31_1.pdf). Acesso em: 23 maio 2021.

PIETROCOLA, M.. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis/Brasília: **Editora da UFSC/INEP**, 2001. v. 1. 205p.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres** [recurso eletrônico]: a nova cultura da aprendizagem. Tradução Ernani Rosa. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Artmed, 2008.

PUGLIESE, R. M.. **O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico**. Ciên. Educ., Bauru, v.23, n.4, p. 963-978, 2017.

RONCA, A. C. C.. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas psicol.**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 3, p. 91-95, 1994. Disponível em [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-389X1994000300009&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X1994000300009&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 11 jun. 2021.

RODRIGUES, C. A. F.; MENDES SOBRINHO, J. A. de C.. **O ensino de física na escola média: tendências contemporâneas**. 2004.



SANTOS, R. V. dos. **A utilização do software livre Phet como material de apoio ao professor no processo de ensino-aprendizagem de física.** Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Física, Teresina, 2016.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W.. **Princípios de física.** tradução: Foco traduções. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.. **Física III, Sears e Zemansky:** eletromagnetismo. Tradução Lucas Pilar da Silva e Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

ZABALA, A.. **A prática educativa:** como ensinar. trad. Ernãni E. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtM ed, 1998.

**APÊNDICE A – Pré-teste: Sondagem dos Alunos do Ensino Médio sobre seus conhecimentos prévios antes da aplicação do Produto Educacional (PE)**

Questão 1. Eletrodinâmica é uma área da Física que estuda as correntes elétricas, suas causas e os efeitos. O que você entende por corrente elétrica?

Questão 2. As correntes elétricas tem papel fundamental no mundo contemporâneo, estando presente em diversas situações. Você como estudante acha importante discutir no dia a dia os conceitos de corrente elétrica?

Questão 3. A corrente elétrica é causada por uma diferença de potencial (tensão elétrica). Você conhece algum dispositivo que produz uma diferença de potencial? Cite-os?

Questão 4. Em situações que envolvem o “caminho” por onde se estabelece uma corrente elétrica é denominado circuito elétrico. Marque a alternativa que contém apenas elementos que compõe um circuito elétrico.

- a. ( ) geradores, resistores e capacitores;
- b. ( ) pilhas, lâmpadas e livros;
- c. ( ) geradores, fios e cadernos;
- d. ( ) fios, lâmpadas e dinamômetro.

Questão 5. Na montagem de um circuito elétrico, é comum necessitarmos de um valor de resistência diferente dos valores fornecidos. Outras vezes, a corrente elétrica que vai atravessar o resistor é diferente à que ele pode suportar sem ser danificado. A solução é utilizar uma associação. Cite a diferença entre a associação de resistores (em série, paralelo e mista).

Questão 6. Em relação a um circuito elétrico que contém uma associação em série de três lâmpadas iguais, a intensidade de corrente elétrica é igual em todas elas. Por que essas lâmpadas não apresentam suas luminosidades normais?

Questão 7. Se desligar uma das lâmpadas e observe que as demais se apagam. Então, quando temos vários aparelhos ligados em série, se a corrente em um deles for interrompida, o que acontecerá com a corrente nos demais?

Questão 8. Com relação a um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo de três lâmpadas iguais, por que essas lâmpadas apresentam suas luminosidades normais?

Questão 9. Quando (queima)desligar uma das lâmpadas e observe que as demais continuam acesas. Então, quando temos vários aparelhos ligados em paralelo, se a corrente em um deles for interrompida, o que acontecerá com a corrente nos demais?

Questão 10. Nas instalações residenciais temos um exemplo claro de um circuito elétrico que contém uma associação em paralelo. Por que é conveniente utilizar esse tipo de associação, ao invés de utilizar uma associação em série?

**APÊNDICE B – Pós-teste: Sondagem dos Alunos do Ensino Médio sobre seus conhecimentos após a aplicação do Produto Educacional (PE)**

Q1- Antes da atividade com o simulador PhET, você já tinha ouvido falar ou teve alguma experiência com essa plataforma virtual ou com outros simuladores? Se sim, como foi sua experiência? O que achou?

Q2- Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade com o simulador (PhET) nas aulas de Física?

Q3- Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através do uso do simulador? Se sim, indique as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta maneira.

Q4- Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade baseada na plataforma Phet em que você participou?

- Muito satisfeito
- Satisfeito
- Indiferente
- Pouco satisfeito
- Nada satisfeito
- Outro:

Q5- Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos circuitos elétricos? Se sim, quais foram essas dificuldades?

Q6- Você concorda que as discussões dentro do seu grupo contribuíram para o esclarecimento das questões propostas durante a atividade?

- Concordo totalmente
- Concordo mais ou menos
- Não concordo, nem discordo
- Discordo mais ou menos
- Discordo totalmente
- Outro:

Q7- Como você se sentiria se esta forma de atividade fosse realizada outras vezes? \*

- Muito satisfeito
- Satisfeito
- Indiferente
- Pouco satisfeito
- Nada satisfeito
- Outro:

Q8 - Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados a Associação de Resistores? \*

- Concordo totalmente
- Concordo mais ou menos
- Não concordo, nem discordo
- Discordo mais ou menos
- Discordo totalmente
- Outro:

**APÊNDICE C – Produto Educacional**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**JOÃO DE DEUS CARVALHO FRAZÃO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO SIMULAÇÕES COM A PLATAFORMA  
PHET PARA A APRENDIZAGEM DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES NO  
ENSINO MÉDIO**

**TERESINA  
2022**

**JOÃO DE DEUS CARVALHO FRAZÃO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO SIMULAÇÕES COM A PLATAFORMA  
PHET PARA A APRENDIZAGEM DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES NO  
ENSINO MÉDIO**

Este Produto Educacional compõe o trabalho da Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

**Orientador(a):** Prof(a). Dr(a). Edina Marina de Sousa Luz

**TERESINA  
2022**

## SUMÁRIO DO PRODUTO EDUCACIONAL

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>04</b>
<b>2 PÚBLICO ALVO .....</b>	<b>05</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>06</b>
<b>3.1 Objetivo geral.....</b>	<b>06</b>
<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>06</b>
<b>4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>07</b>
<b>4.1 Considerações sobre o Circuito Elétrico .....</b>	<b>08</b>
4.1.1 Corrente elétrica .....	08
4.1.2 Tensão elétrica.....	09
4.1.3 Resistores elétricos .....	10
4.1.4 A primeira Lei de Ohm.....	12
4.1.5 Associação de Resistores em série .....	13
4.1.6 Associação de Resistores em paralelo .....	14
4.1.7 Associação de Resistores mista .....	15
4.1.8 Instrumentos de medidas em um circuito elétrico .....	17
4.1.8.1 Amperímetro (Alicate amperímetro).....	17
4.1.8.2 Voltímetro.....	17
4.1.8.3 Ohmímetro.....	19
4.1.8.4 Multímetro .....	19
<b>4.2 Simulação .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Desenvolvimento metodológico .....</b>	<b>21</b>
4.3.1 Primeiro momento .....	22
4.3.2 Segundo momento .....	22
4.3.3 Terceiro e Quarto momento.....	22
4.3.4 Quinto Momento .....	23
<b>5 EXPERIMENTOS SIMULADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Simulação 1 .....</b>	<b>23</b>
5.1.1 Procedimento Experimental .....	23
5.1.2 Questionamentos sobre o experimento.....	24
<b>5.2 Simulação 2 .....</b>	<b>25</b>
5.2.1 Procedimento Experimental .....	25
5.2.2 Questionamentos sobre o experimento.....	25
<b>5.3 Simulação 3 .....</b>	<b>26</b>



5.3.1 Procedimento Experimental .....	26
5.3.2 Questionamentos sobre o experimento.....	27
<b>5.4 Simulação 4 .....</b>	<b>28</b>
5.4.1 Procedimento Experimental .....	28
5.4.2 Questionamentos sobre o experimento.....	29
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O produto educacional do presente trabalho, designado “Sequência Didática envolvendo experimentos simples como material potencialmente significativo para a aprendizagem de circuitos elétricos no ensino médio”, tem como finalidade apresentar orientações a professores da educação básica, visando auxiliar na aprendizagem do conteúdo de circuitos elétricos.

Assim, a presente pesquisa tem como objetivo investigar como ocorre o desenvolvimento da aprendizagem dos conteúdos de Física na Educação Básica. Nesse pressuposto, será desenvolvida uma sequência didática com matérias de baixo custo para tratar, especificamente, sobre o conteúdo de circuitos elétricos de corrente contínua com alunos do Ensino Médio (3º ano).

A partir desse pressuposto, para que os alunos possam entender esse assunto é necessário apresentar o conteúdo de forma interativa e experimental, considerando as concepções dos aprendizes, no intuito de despertar o interesse e a curiosidade possibilitando uma aprendizagem significativa dos conceitos de tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica, associação de resistores.

Nesse intuito, o produto educacional em questão ajudará a minimizar as dificuldades de aprendizagem dos alunos acerca do conteúdo e também funcionará como uma alternativa para o trabalho do docente de física, possibilitando um melhor rendimento nas aulas. Pois, colocaremos o aluno como construtor de uma aprendizagem significativa.

Ao final desse processo espera-se que os alunos compreendam a importância do estudo de circuitos elétricos, sendo verificável que corresponde a uma necessidade de aprender não apenas os conceitos teóricos, mas também entender como ocorre a aplicabilidade do assunto em situações cotidianas.

Ao que se refere ao docente, o produto educacional neste trabalho, propõem-se auxiliar no trabalho do professor de física que deseja promover uma nova experiência para os educandos, afim de que estes compreendam a física com um novo olhar, tornado por sua vez as aulas mais motivadoras e dinâmicas.

## **2 PÚBLICO ALVO**

O produto educacional do presente trabalho, designado “Sequência Didática envolvendo experimentos simples como material potencialmente significativo para a aprendizagem de circuitos elétricos no ensino médio”, tem como finalidade apresentar orientações a professores da educação básica, visando auxiliar na aprendizagem do conteúdo de circuitos elétricos.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Aplicar um ambiente virtual simulado via PhET, Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual, na abordagem dos conteúdos voltados a associação de resistores de um circuito elétrico no intuito de melhorar a qualidade da aprendizagem da Física no ensino médio.

#### 3.2 Objetivos específicos

- I. Identificar as dificuldades dos alunos na realização de experimentos simulados e sua articulação com o conteúdo relacionado a associação de resistores de um circuito elétrico;
- II. Possibilitar e orientar os Professores de Física do Ensino Médio, através de uma Sequência Didática, a empregarem experimentos simulados na resolução de situações-problema sobre circuitos elétricos de corrente contínua (DC);
- III. Verificar o desenvolvimento cognitivo dos alunos sobre o Circuito Elétrico de corrente contínua e os significados produzidos sobre a proposta da Sequência Didática.

## 4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesse produto educacional, vamos explicar como desenvolver simulações através do site PhET, seguindo várias atividades de uma sequência didática orientada por experimentos simples, para que os professores possam usar em suas aulas, onde os mesmos poderão fazer alterações de acordo com a realidade escolar ao qual os seus alunos estarão inseridos.

Visto que, segundo Zabala (1998), uma sequência didática (SD) pode ser compreendida como um conjunto de atividades que são planejadas seguindo uma estrutura ordenada em um sistema articulado que formam as unidades didáticas para a realização de determinados objetivos educacionais, no qual o professor pretende alcançar com seus alunos, delimitando um início, um meio e um fim para todas as atividades propostas. Assim, o professor organizará várias atividades sistematicamente, apresentando inicialmente um teste diagnóstico para avaliar as habilidades de seus alunos, verificado os seus conhecimentos prévios adquiridas, ajustando as demais atividades e os exercícios previstos na SD quando foram necessárias.

Em relação a utilização da SD, o autor CAVALCANTI, RIBEIRO, BARRO (2018, p. 860) discorre o seguinte,

compreendidas como planejamentos de ensino elaborados por etapas, que abordam temáticas que contemplam conteúdos de diversas disciplinas, considerando os aspectos pedagógicos relativos ao ensino e aprendizagem pode ser uma maneira de minimizar a fragmentação do conteúdo.

A sequência didática foi planejada em 5 momentos, etapa por etapa, indo de acordo com os objetivos que desejamos alcançar, envolvendo atividades propostas sobre a associação de resistores em um circuito elétrico, bem como, a importância do uso do PhET no ensino de Física, através de simulações computacionais. Onde essas simulações são definidas como ambientes interativos e animados muito semelhantes aos jogos virtuais, no qual os alunos aprendem por meio de uma exploração examinando e executando todas as atividades no próprio *software* (MCKAGAN *et al*, 2008).

Tendo em vista que em no nosso dia a dia presenciamos a importância da corrente elétrica no desenvolvimento de aparelhos eletrônicos e, do uso da eletricidade em nossas residências, que é a representação de um circuito elétrico. É importante dispor para

aprendizagem dos alunos que existe uma variedade de circuitos elétricos, dos mais simples aos mais complexos.

Para que os alunos possam entender as aplicações dos circuitos elétricos é necessário apresentar o conteúdo de forma interativa e experimental, através de um ambiente virtual e simulado, considerando as concepções dos mesmos, no intuito de despertar o interesse e a curiosidade deles sobre o assunto proposto, possibilitando uma aprendizagem significativa desses conceitos.

#### 4.1 Considerações sobre o Circuito Elétrico

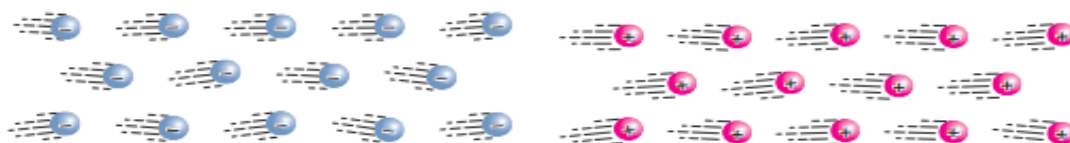
Nessa seção, apresentaremos definições e conceitos sobre os elementos que constituem um circuito elétrico. Diante disso, faremos algumas considerações a respeito da corrente elétrica, resistores, lei de Ohm, associação de resistores, os fundamentos de um circuito elétrico e instrumentos utilizados para a medição em circuitos elétricos, mostrando a importância da corrente elétrica no desenvolvimento tecnológico e no nosso cotidiano.

##### 4.1.1 Corrente elétrica

A eletrodinâmica é a área da Física que trata do estudo das cargas elétricas em movimento, ou seja, as correntes elétricas, seus efeitos e suas causas. As correntes elétricas tem uma importância significativa no mundo moderno, ela está presente em automóveis, aparelhos eletrônicos, instalações elétricas e etc. O fluxo de cargas elétricas através de condutores, gases e soluções eletrolíticas constitui uma corrente elétrica, ou seja, corrente elétrica é o movimento ordenado de portadores de cargas elétricas com direção e sentido preferencial.

Na figura 1, temos uma ilustração de corrente elétrica, o movimento de elétrons ou íons negativos e íons positivos.

**Figura 1:** Movimento de elétrons ou íons negativos e íons positivos.



**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016, p. 93.

A intensidade de corrente elétrica ( $i$ ) é definida, pela razão entre a quantidade de carga elétrica resultante que atravessa a área da seção transversal de condutor pelo intervalo de tempo que isso ocorre.

$$i_m = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \text{ (definição de corrente elétrica)} \quad (1)$$

Onde:

$\Delta Q$  é a carga elétrica resultante que atravessa a seção do condutor;

$\Delta t$  é o intervalo de tempo;

$i$  é a intensidade média de corrente elétrica.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida de corrente elétrica é o coulomb por segundo, denominado de ampère (A):

$$1 \text{ coulomb por segundo} = 1 \text{ C/s} = 1 \text{ ampère} = 1 \text{ A.}$$

#### 4.1.2 Tensão elétrica

A Tensão elétrica, também chamada diferença de potencial (ddp), é uma grandeza física que mede a voltagem de um circuito entre dois pontos. Isto é, a tensão é a tendência necessária para movimentar uma carga elétrica de um ponto A para um ponto B.

O potencial de um determinado ponto que pertence a um campo elétrico é encontrado dividindo o trabalho pelo valor da carga. Vale ressaltar, que esse valor é sempre medido em relação a um ponto de referência. A diferença de potencial (tensão) pode ser calculada a partir da seguinte equação:

$$U = V_A - V_B = \frac{T_{AB}}{q} \text{ (definição de tensão elétrica)} \quad (2)$$

Sendo,

U: a diferença de potencial (V);

$V_A$ : o potencial no ponto A (V);

$V_B$ : o potencial no ponto B (V);

$T_{AB}$ : o trabalho da força elétrica para deslocar uma carga de um ponto A para um ponto B (J);

q: carga elétrica (C).

Sua unidade de medida no SI é o Volt (V), em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (1745-1827). Sendo equivalente ao potencial de transmissão de energia (medido em Joules) dividido pela carga elétrica (medida em Coulombs) entre dois pontos distintos

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$$

Isso quer dizer que 1 J de trabalho será realizado para que uma carga elétrica de 1 C se desloque entre os seus terminais através de uma diferença de potencial de 1 V.

#### 4.1.3 Resistores elétricos

Os resistores são dispositivos elétricos que compõem circuitos elétricos diversos, usados para controlar a passagem de corrente elétrica em circuitos elétricos, convertendo energia elétrica em energia térmica (Efeito Joule). Além disso, a presença dele possibilita a alteração da ddp, ou seja, ele é responsável pela redução ou queda do potencial elétrico.

Podemos calcular a resistência desses dispositivos através da Equação adiante:

$$R = \frac{U}{i} \text{ ou } U = Ri \text{ (definição da resistência)} \quad (4)$$

Essa expressão é conhecida como lei de Ohm, onde:

U é a tensão, ou a diferença de potencial (ddp);

R é a resistência elétrica do circuito;

i é a intensidade média de corrente elétrica.

Os resistores que obedecem a primeira lei de ohm ( $R=U/I$ ) lei são chamados de ôhmicos ou lineares. Onde a intensidade (i) da corrente elétrica é diretamente proporcional a sua diferença de potencial (ddp).



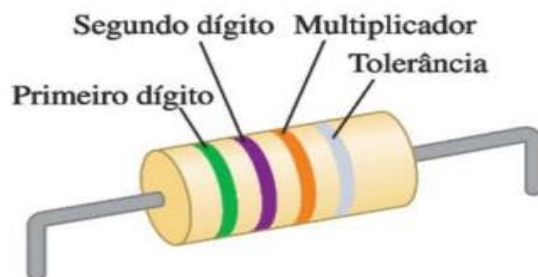
No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida da resistência elétrica é chamada de ohm, homenagem ao físico George Simon Ohm, cujo símbolo é ômega ( $\Omega$ ), que pode ser entendido como a relação entre a tensão de um volt e uma corrente de um ampère.

$$1 \text{ ohm} = 1 \Omega = 1 \text{ volt por 1 ampère} = 1 \text{ V/A.}$$

Isto é, uma resistência elétrica de 1 ohm, provocará uma queda de tensão de 1 volt a cada 1 ampère que passar pelo circuito. Nesse sentido, quando a resistência aumenta para uma tensão fixa, a corrente diminui, mas se a resistência diminui, a corrente aumenta.

Os resistores são elementos de circuito que consomem energia elétrica, eles geralmente são geralmente cilindros com dimensões de alguns milímetros de diâmetro e de comprimento, e possuem fios que saem de suas extremidades. Os resistores podem ser encontrados em diversos objetos de nosso pessoal, como no chuveiro elétrico, nas lâmpadas e outros. Sua resistência, normalmente, pode ser marcada sobre os resistores através de um código de cores (com três ou quatro faixas coloridas) próximo de uma das extremidades, como podemos notar na Figura 3.

**Figura 3.** Resistor com uma resistência de 5,7 k $\Omega$  e precisão (tolerância) de  $\pm 10\%$ .



**Fonte:** YOUNG; FREEDMAN, 2015, p. 154.

A Figura 3 ilustra a combinação de cores verde-violeta-vermelho que possui uma resistência igual a  $57 \times 10^2 \Omega$  ou 5,7 k $\Omega$ . Para mais detalhes sobre a composição sobre os códigos de cores para resistores, a Tabela 1 adiante, destaca as informações sobre as faixas de cores presentes em um resistor.

**Tabela 3.** Código de cores para resistores

Cor	Número	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	$1^1$	
Marrom	1	$10^1$	
Vermelho	2	$10^2$	
Laranja	3	$10^3$	
Amarelo	4	$10^4$	
Verde	5	$10^5$	
Azul	6	$10^6$	
Violeta	7	$10^7$	
Cinza	8	$10^8$	
Branco	9	$10^9$	
Ouro		$10^{-1}$	5%
Prata		$10^{-2}$	10%
Sem cor			20%

**Fonte:** SERWAY; JEWETT JR, 2014.

A Tabela 3, ilustra a função das cores presentes em um resistor, que é determinar o valor da resistência de um resistor sem a necessidade de utilizar aparelhos de medição. Analisando tanto a Tabela 1 quanto a Figura 3, notamos que as duas primeiras faixas (começando com a faixa mais próxima de uma das extremidades) indicam o primeiro e o segundo dígito, já a terceira faixa mostra o fator de multiplicação em potência de 10, por fim a quarta faixa, quando existe, indica o valor da precisão ou tolerância do resistor.

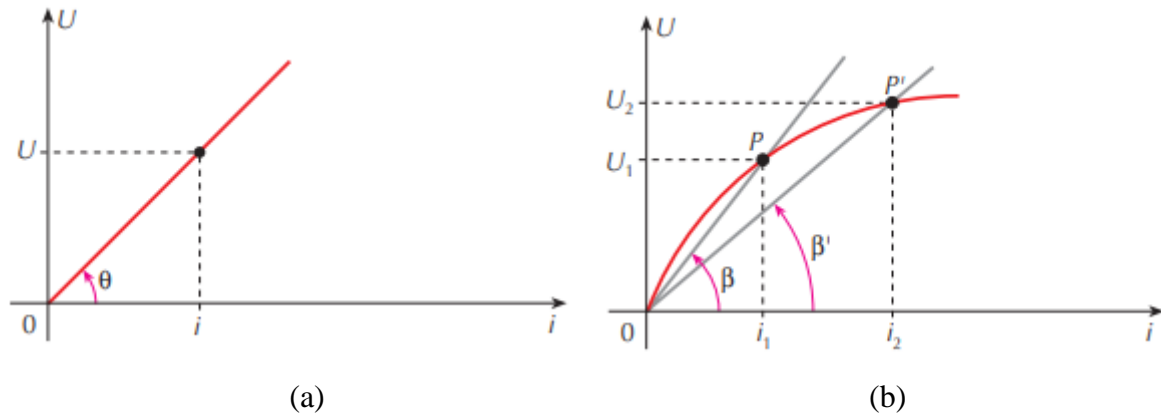
#### 4.1.4 A primeira Lei de Ohm

A Equação (4) é chamada de primeira lei de Ohm, mas o verdadeiro significado dessa lei consiste na indicação de uma proporcionalidade direta (para alguns materiais) de  $U$  (tensão) com  $i$  (corrente). Visto que essa equação define apenas a resistência ( $R$ ) para qualquer condutor que obedeça ou não à lei de Ohm, fornecendo uma relação importante entre a tensão, a corrente e a resistência.

As leis de Ohm são consideradas fundamentais para a eletricidade, mas diferente das demais leis Físicas, ela não é uma lei fundamental da natureza, apenas um comportamento válido, sob certas condições, determinando a relação entre a corrente elétrica em um condutor sendo a mesma diretamente proporcional à diferença de potencial (tensão ou ddp) ao qual o mesmo está sendo aplicada.

Para um resistor que obedece à primeira Lei de Ohm, possuem uma resistência ( $R$ ) constante sob uma ampla faixa de tensões, sendo chamados de ôhmicos e os que não obedecem são chamados de não-ôhmico. Seu gráfico relaciona a diferença de potencial ( $U$ ) entre os terminais de um resistor com a intensidade de corrente ( $i$ ) possui relações lineares, ou seja, é um segmento de uma reta, como o representado na Figura 3a. Para resistores que não obedecem à lei de Ohm, a curva característica passa pela origem, mas não é uma reta (figura 3b). Esses resistores não ôhmicos são denominados condutores não lineares. adiante.

**Figura 3:** Curva característica de um resistor ôhmico (a). Curva característica de um resistor não ôhmico (b).

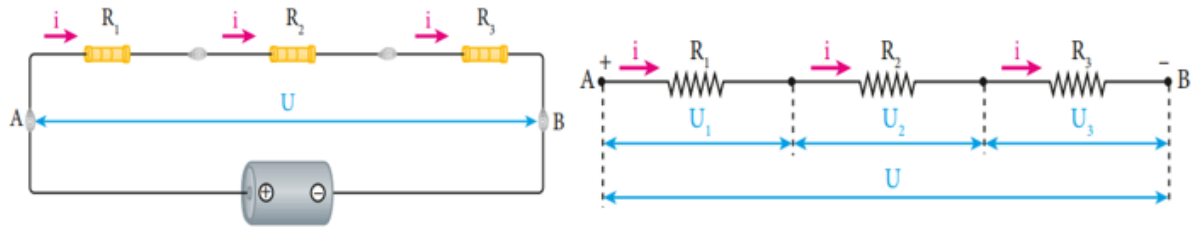


**Fonte:** RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2009, p. 135.

#### 4.1.5 Associação de Resistores em série

A associação de resistores é bastante comum em circuitos elétricos, essa associação é feita quando queremos alcançar uma resistência em que somente um resistor não é suficiente para alcançá-la, apresentando três tipos específicos de associação: em série, em paralelo e mista (combinação de resistores em série e em paralelo). Quando dois ou mais resistores são conectados juntos dizemos que estão associados em série. Como mostrado na Figura 5, adiante, apresentado três resistências ligadas em série a uma fonte ideal de força eletromotriz.

**Figura 4:** Associação de Resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) em série.



**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016, p. 114.

Em uma associação em série de resistores, como indicado na Figura 4, temos um resistor equivalente é igual à soma de todos os resistores que compõem essa associação. Para calcularmos a resistência equivalente usamos a seguinte equação:

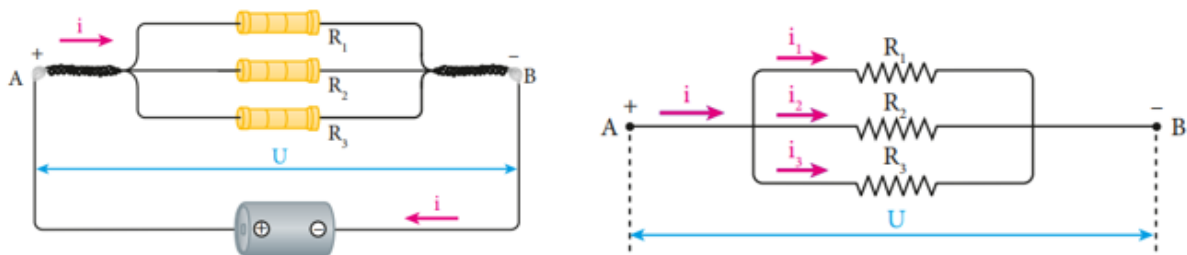
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (5)$$

Observe que a  $R_{eq}$  (resistência equivalente) desse tipo de sempre será maior que qualquer uma das resistências individuais.

#### 4.1.6 Associação de Resistores em paralelo

Quando dois mais resistores estão associados em paralelo, eles estarão interligados de tal maneira que fiquem todos submetidos à mesma a tensão ( $U$ ), onde a soma das correntes que atravessam esses resistores é igual à resistência do resistor equivalente ( $R_{eq}$ ).

**Figura 5:** Associação de Resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) em paralelo.



**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016, p. 115.

Nesse tipo de associação, como indicado na Figura 4, temos um resistor equivalente que podemos encontrar através da seguinte equação:

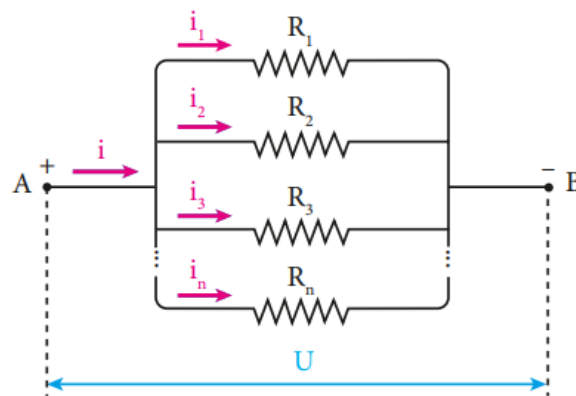
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \quad (6)$$

Observe que a  $R_{eq}$  (resistência equivalente) desse tipo de sempre será maior que sempre será menor que o resistor de menor resistência da associação. Visto que, que o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências dos resistores associados em paralelo.

#### 4.1.7 Associação de Resistores mista

A associação mista acontece quando um mesmo circuito ligações de resistores em série e resistores em paralelo, conforme mostrado na Figura 6 a seguir:

**Figura 6:** Associação de Resistores ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_n$ ) mista.



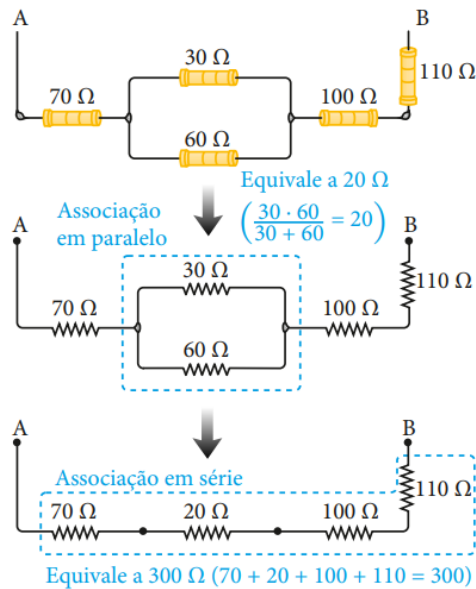
**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016, p. 116.

Para calcular a resistência total de um circuito, deve-se primeiro calcular a resistência equivalente dos resistores em paralelo, como mostrado na figura 7 a seguir, em posse desse resultado, iremos considerá-lo como se essa nova resistência fosse de um resistor em série com os demais.

Quando temos apenas dois resistores associados em paralelo, podemos reescrever a equação (6) da seguinte maneira:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left( \frac{\text{produto das resistências}}{\text{soma das resistências}} \right) \quad (7)$$

**Figura 7:** Exemplo do cálculo da resistência equivalente de uma Associação de Resistores mista.



**Fonte:** BISCUOLA; VILLAS BÔAS; DOCA, 2016, p. 116.

Na Figura 7, temos um exemplo de uma associação mista de resistores onde dois resistores em paralelo um com  $30\ \Omega$  e outro com  $60\ \Omega$ , através da equação (7) obtemos um valor a  $20\ \Omega$  para a resistência equivalente dessa associação. Em seguida, realizemos o cálculo da resistência equivalente somando todos os resistores em série juntamente com o resultado obtido pela resistência equivalente da associação em paralelo para obtermos o resultado da resistência total desse circuito, que possui uma resistência equivalente total a  $300\ \Omega$ .

#### 4.1.8 Instrumentos de medidas em um circuito elétrico

Os instrumentos elétricos de medida são equipamentos sobre várias tipos grandezas físicas que estão envolvidas num circuito elétrico, geralmente são utilizados em laboratórios de ensino. Com os equipamentos apropriados podemos fazer medidas sobre a corrente elétrica, a voltagem e a resistência elétrica de um circuito.

#### 4.1.8.1 Amperímetro (Alicate amperímetro)

Antes de falar sobre esse instrumento, devemos mencionar o galvanômetro que é um instrumento típico para medir correntes de baixa intensidade. Contudo, quando vamos medir correntes de intensidades elevadas, é mais comum utilizarmos um amperímetro, pois um amperímetro sempre mede a corrente que passa através dele, dependendo unicamente do intervalo de medida. Além disso os amperímetros podem ser do tipo analógico ou digital, onde cada um deles possui uma forma diferente de apresentar a corrente ao utilizador.

Em outras palavras os Amperímetros consistem em galvanômetros adaptados a medições de escala maiores que esses instrumentos convencionais. Contudo os amperímetros devem ser colocados conectado em série para realizar medições da intensidade das correntes adequadas, que ocorre da mesma forma que com o galvanômetro. Contudo, vale ressaltar que resistência elétrica do amperímetro desse muito pequena, praticamente zero.

Na figura 8, apresentamos um Alicate Amperímetro com a escala de medição de corrente (AC) entre 60 a 1000 A.

**Figura 8:** Alicate amperímetro.



**Fonte:** <https://www.tecnoferramentas.com.br>. Acesso em 21 jun. 2021.

O Alicate amperímetro, apresentado na Figura 8, substitui o multímetro (instrumento que falaremos a seguir) por sua eficiência, além do seu uso ser bem mais simples e seguro do que esse equipamento. Por falar nisso a grande maioria dos multímetros não possuem a capacidade de realizar medição das intensidades de correntes elétricas muito elevadas, sendo

necessário seccionar o circuito para fazer essa medição. Nesse caso em específico torna-se inviável medir corrente elétrica com um multímetro.

#### 4.1.8.2 Voltímetro

Vale ressaltar que o mesmo galvanômetro básico que é utilizado para medir a corrente de um circuito também pode ser usado para medir a voltagem (que é mais conhecida como medida de diferença de potencial) de um circuito elétrico. Contudo, um instrumento destinado a medir voltagens denomina-se voltímetro, no qual esse equipamento sempre mede a diferença de potencial entre dois pontos, onde seus terminais são conectados sobre eles. A Figura 9 apresenta um Voltímetro digital.

**Figura 9:** Voltímetro.



**Fonte:** <https://www.globovet.com.br>. Acesso em 21 jun. 2021.

Assim como no caso dos amperímetros, existem também dois tipos de voltímetros os analógicos e os digitais. Vale ressaltar que ambos os instrumentos são muito utilizados nos laboratórios, contudo, o voltímetro digital possibilita uma melhor leitura sobre o valor da voltagem como também a certeza do que está sendo medido.

#### 4.1.8.3 Ohmímetro

Um método alternativo para medir uma resistência consiste em usar um galvanômetro mediante um arranjo chamado ohmímetro. Um ohmímetro é um instrumento eletrônico usado



para medir a resistência elétrica de um material ou circuito eletrônico que é conectado em série com um resistor e com uma fonte de tensão (geralmente uma pilha). A Figura 10 apresenta um Megômetro Digital, que consiste em um Ohmímetro capaz de medir resistências elevadas.

**Figura 10:** Megômetro Digital Faixa 200M-2000MOhm.



**Fonte:** <https://www.tecnoferramentas.com.br>. Acesso em 21 jun. 2021.

A Figura 10 apresenta um Megômetro Digital que possui uma faixa de 200M-2000MOhm. Através desse aparelho conseguimos medir o valor de uma resistência que varia entre essa escala. Vale ressaltar que um multímetro, outro aparelho que tem capacidade de medir a resistência do resistor, além de medir os valores de voltagem, corrente elétrica e outros. Para realizar essa medida basta conectar as ponteiros do multímetro nos terminais do resistor.

#### 4.1.8.4 Multímetro

O multímetro é o aparelho responsável por realizar a medição de diversas grandezas elétricas e até mesmo as não-elétricas utilizando os seus sensores, um exemplo seria medir a temperatura usando um termopar.

**Figura 11:** Multímetro Digital.



**Fonte:** <https://www.amazon.com>. Acesso em 21 jun. 2021.

Destacamos ainda, que os multímetros possuem diversas funções além das tradicionais como medir a voltagem, resistência, corrente de circuitos elétricos, podemos encontrar em um multímetro avançado, opções para medir a frequência, a temperatura, a capacitância e a indutância por exemplo, além de mostrar os gráficos em sua tela digital.

## 4.2 Simulação

A plataforma PhET (*Physics Educacional Technology*) será utilizada no desenvolvimento da aprendizagem e apropriação dos conceitos sobre a associação de resistores de um circuito elétrico por parte dos alunos, possibilitando a eles a interação entre a teoria e a prática, motivando-os e proporcionando aulas mais dinâmicas. Esse *software* foi desenvolvido pela Universidade do Colorado, sua disponibilização é feita através de um site na internet ([https://PhET.colorado.edu/pt\\_BR](https://PhET.colorado.edu/pt_BR)) que totalmente gratuito e de fácil acesso, trazendo diversas simulações de alta qualidade para várias áreas de atuação da ciência, que podem ser baixadas gratuitamente por esse site.

Além desse *software* ser de uso gratuito, o mesmo apresenta diversas simulações para os conteúdos de Física que são apresentados cientificamente corretos e ainda não apresentam limitações para o seu uso, podendo as mesmas serem usadas diretamente no site ou instalada no computador. Vale ainda destacar, que todas as simulações presentes no portal no PhET são testadas antes de serem publicadas, através de uma equipe que planeja, desenvolve e avalia o aprofundamento dos conteúdos existentes nas mesmas, verificando se todas as explicações fornecidas estão corretas.

Visto que as simulações possuem diversos tamanhos e formatos. Mesmo que tenham inúmeras maneiras de definir uma simulação na literatura, podemos defini-la como um ambiente de risco controlado e extremamente realístico, no qual os alunos podem praticar comportamentos e experimentar os impactos de suas decisões.

Nesse caso, podemos decompor a simulação da seguinte maneira

- a) **Realístico**: devido ao fato que as simulações simulam a realidade. Possuindo, alguns elementos de realismo, apesar de que não seja totalmente realista, no entanto é uma das componentes chaves da simulação.
- b) **Risco controlado**: como esse tipo de método é voltado para demonstrações de experimentos virtuais, não há riscos de manuseá-lo.
- c) **Comportamentos de prática**: esse um elemento-chave da simulação é a capacidade de praticar e aplicar o que o aluno aprendeu em um ambiente virtual.

Vale ressaltar que uso da simulação pode substituir ou auxiliar uma determinada prática experimental, principalmente quando há uma complexibilidade no manuseio desses experimentos práticos ou no caso onde os materiais possuem um alto custo no mercado. Como estes simuladores reproduzem virtualmente um experimento que traz em sua concepção um fenômeno real, os mesmos possibilitam que os alunos possam explorar os propostos através do experimento virtual, modificando os parâmetros e variáveis desse modelo, fazendo uma comparação entre as medidas realizados nos experimentos e as noções e concepções acerca do fenômeno físico estudado em sala de aula.

Neste sentido, o simulador PhET possibilita aos professores um maior dinamismo em sala de aula. Visto que os mesmos, podem mesclar as aulas teóricas com as práticas, usando essa metodologia para tornar o aprendizado de seus alunos mais interativa. Além disso, os simuladores reproduzidos por esse *software* (ou site) possuem a capacidade de motivar os alunos fazendo com os mesmos participem das aulas de forma ativa, possibilitando a eles a manipulação e verificação dos resultados de um fenômeno físico, possibilitando a análise de como o mesmo ocorre. Nesse sentido, o uso do Portal PhET como um recurso didático, desperta a curiosidade dos alunos, por ser algo diferente e inovador, levando os mesmo a uma evolução de aprendizagem sobre os conteúdos voltados a associação de resistores de um circuito elétrico.

No entanto, podemos ainda observar os conhecimentos prévios que serão apresentados por alguns alunos sobre esses conteúdos, no qual podemos classificá-los como subsunçores e

outros não. Possibilitando aos alunos os questionamentos sobre esses conhecimentos, possibilitando assim a reestruturação dos mesmos em sua estrutura cognitiva, estabelecendo assim um conhecimento mais aprofundado.

### **4.3 Desenvolvimento Metodológico**

A Sequência Didática será desenvolvida em seis momentos, distribuídos em 12 horas-aulas:

#### **4.3.1 Primeiro Momento**

Esse momento será dividido em duas partes, na primeira parte será aplicado um questionário inicial/pré-teste, com o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos assuntos, corrente elétrica, tensão, resistores e associação de resistores e elementos presentes em um circuito elétrico. Na segunda parte do momento será apresentado a plataforma PhET. Esse momento deverá acontecer no máximo em duas aulas, cada uma delas contendo 50 minutos.

#### **4.3.2 Segundo Momento**

Este momento será apresentado os conceitos de corrente elétrica e seus efeitos, resistência elétrica, lei de ohm, associação de resistores, além de informar os elementos que constitui um circuito elétrico. Esse momento acontecerá com um total de quatro aulas, sendo que em duas aulas (50 minutos cada uma delas), inicialmente para os conteúdos sobre corrente elétrica, resistência elétrica e lei de ohm. Enquanto, as duas últimas aulas para este momento serão apresentados os conceitos sobre associação de resistores em série, paralelo e mista.

#### **4.3.3 Terceiro e Quarto Momento**

Esse momento, será feito inicialmente uma discussão geral de acordo as respostas dadas pelos alunos em relação as questões abordadas no pré-teste e, em seguida propomos aos alunos que façam os experimentos relacionados ao assunto para facilitar a visualização e o entendimento do mesmo. Estes experimentos serão desenvolvidos em quatro aulas, seguindo os roteiros experimentais, descritos na seção 5.

#### 4.3.4 Quinto Momento

Neste último momento será aplicado o questionário final/pós-teste, os estudantes irão discorrer se ao estudar o conteúdo de maneira mais contextualizada e interativa, com a simulação de experimentos na plataforma Phet, pode produzir uma melhora na aprendizagem. Esse momento terá duração de duas horas aulas.

A referida pesquisa será feita em turmas do 3º ano do ensino médio, em uma instituição pública da rede de educação do Estado do Piauí. Este produto propõe-se a servir de auxílio aos professores de Física do ensino médio, que desejam utilizar-se da sequência didática como forma de auxílio no processo de aprendizagem dos estudantes.

## 5 EXPERIMENTOS SIMULADOS

### 5.1 Simulação 1

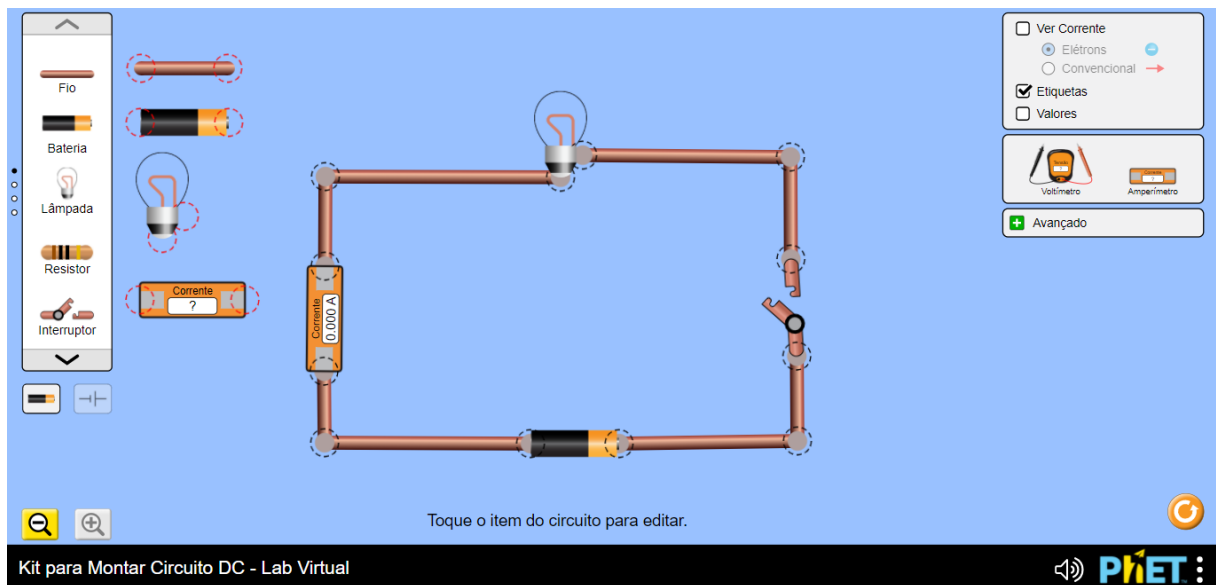
Verificar a relação de proporcionalidade da intensidade da corrente elétrica e a diferença de potencial.

#### 5.1.1 Procedimento Experimental

Acesse a página do simulador PhET ou baixe o simulador em seu computador ou smartphone, em seguida monte a simulação de acordo com a figura a seguir;

Utilize na simulação experimental uma fonte de tensão (bateria), um amperímetro, um resistor (lâmpada) de resistência igual a 10,0 ohm e um interruptor;

**Figura 12.** Verificar a lei de Ohm ( $U = R \cdot i$ )



Fonte: Frazão, 2021

### 5.1.2 Questionamentos sobre o experimento:

1. Mantendo a resistência elétrica da lâmpada constante, você deve variar a tensão elétrica da bateria de 0 V a 40 V (de 10 V em 10 V), anotando na tabela 2 a seguir os valores da intensidade de corrente elétrica lidos no amperímetro.

**Tabela 2.** Verificação da Lei de Ohm: Razão entre a tensão e corrente

Tensão (V)	Corrente elétrica (A)

**Fonte:** Frazão, 2021.

a) De acordo com os valores coletados na tabela 1 a corrente elétrica é diretamente proporcional a tensão elétrica? Justifique.

---



---

b) Em sua opinião lâmpada é considerada um resistor ôhmico. Caso seja, construa o gráfico da tensão versus corrente para essa resistência.

c) Usando a lei de Ohm, qual é a resistência elétrica dessa lâmpada?

2. O que acontece com o brilho da lâmpada: quando a tensão elétrica aumenta e quando a tensão elétrica diminui?

---



---

## 5.2 Simulação 2

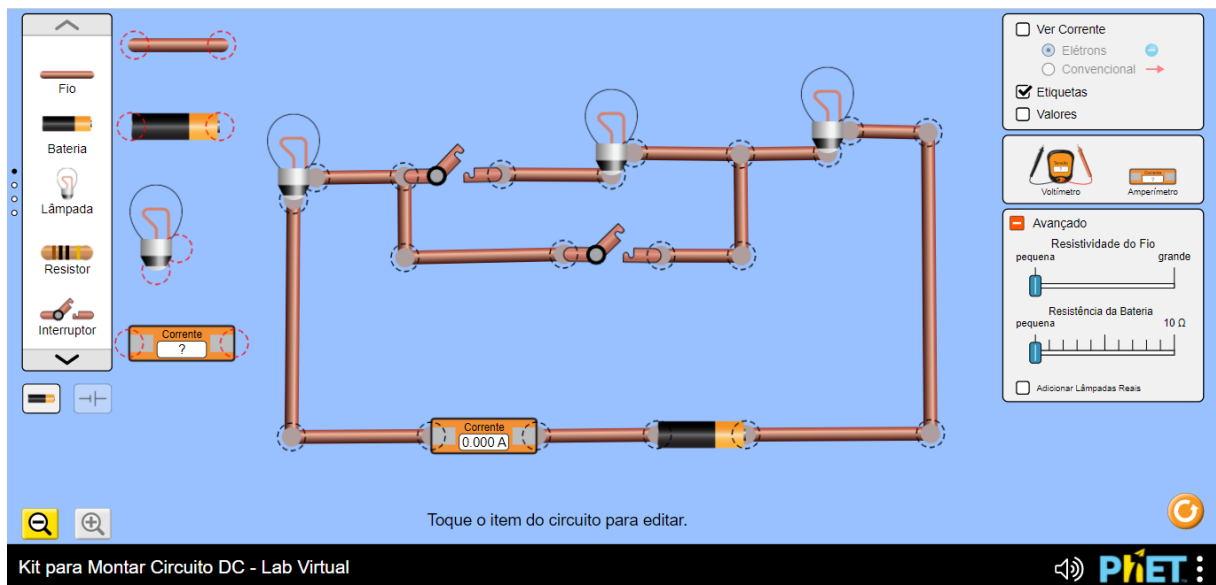
Associação em série de três lâmpadas de resistência elétrica iguais e curto-circuito.

### 5.2.1 Procedimento Experimental

Acesse a página do simulador PhET ou baixe o simulador em seu computador ou smartphone, em seguida monte a simulação de acordo com a figura a seguir;

Nessa simulação experimental, utilizar fios, fonte de tensão (bateria), um amperímetro, três lâmpadas de resistência elétrica iguais e dois interruptores como proposto na Figura 13.

**Figura 13.** Associação em série de lâmpadas



**Fonte:** Frazão, 2021

### 5.2.2 Questionamentos sobre o experimento:

1. Ao fechar o interruptor que está em cima que une as três lâmpadas, mantendo o interruptor de baixo aberto, verifique se essas lâmpadas:

a) acendem ou continuam apagadas;



b) o brilho nas lâmpadas é igual ou diferente? Justifique.

---

---

c) o brilho apresentado em cada lâmpada, entretanto é menor que o normal! Por que isso acontece.

---

---

2. Ao fechar os dois interruptores, o que acontece com a lâmpada do meio, e como se chama esse desvio. O brilho nas lâmpadas das extremidades aumenta ou diminui. Explique.

---

---

---

3. Considerando que as três lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica e igual a  $10,0 \Omega$  e, a diferença de potencial igual a  $60,0 \text{ V}$ . Qual a intensidade de corrente elétrica nesse circuito?

### 5.3 Simulação 3

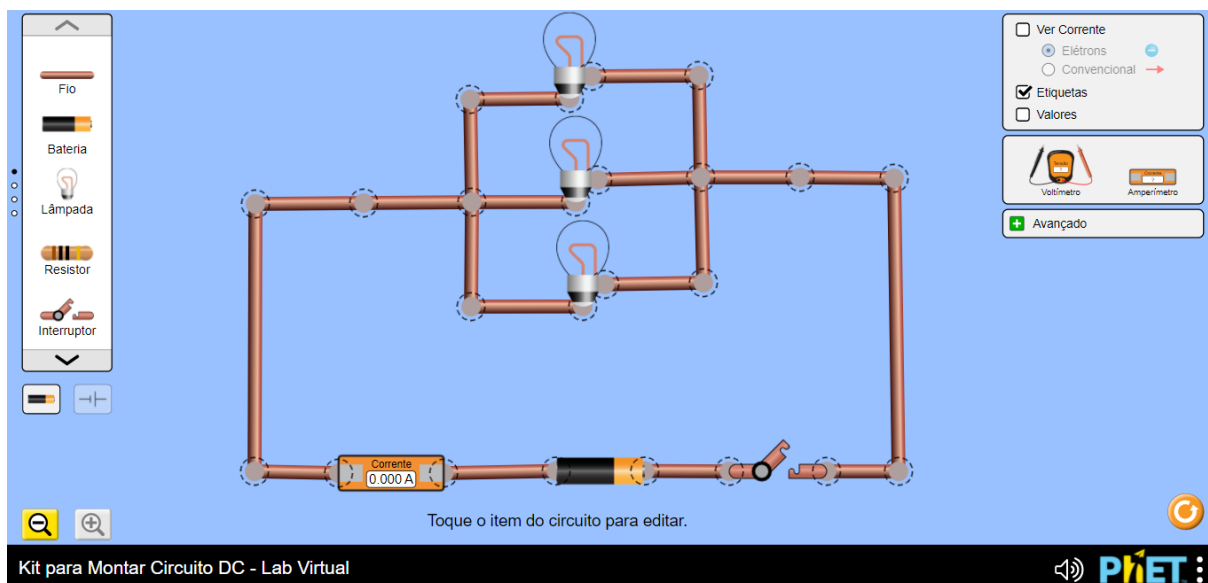
Associação em paralelo de três lâmpadas de resistência elétrica iguais.

#### 5.3.1 Procedimento Experimental

Acesse a página do simulador PhET ou baixe o simulador em seu computador ou smartphone, em seguida monte a simulação de acordo com a figura a seguir;

Nessa simulação experimental, utilizar fios, fonte de tensão (bateria), um amperímetro, três lâmpadas de resistência elétrica iguais e um interruptor como proposto na Figura 14.

**Figura 14.** Associação em paralelo de lâmpadas



**Fonte:** Frazão, 2021

### 5.3.2 Questionamentos sobre o experimento:

1. Ao fechar o interruptor do circuito, descreva o que acontece com as lâmpadas:

a) acendem ou continuam apagadas;

---

b) o brilho apresentado em cada lâmpada é normal! Explique por que isso acontece.

---



---

2. Se as lâmpadas apresentarem a mesma resistência elétrica, a corrente elétrica que passa em cada uma das lâmpadas é igual ou diferente? Justifique.

---



---



---

3. Considerando que as três lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica e igual a  $10,0 \Omega$  e, a diferença de potencial igual a  $60,0 \text{ V}$ . Qual a intensidade de corrente elétrica nesse circuito?

4. No circuito elétrico da Figura 14 a ddp na bateria é igual 30,0 V e a resistência elétrica em cada lâmpada é igual a  $6,0 \Omega$ .

a) Qual a corrente elétrica lida no amperímetro?

---

b) Determine a corrente elétrica que atravessa cada lâmpada.

c) Qual a corrente elétrica total no circuito? Essa corrente elétrica é a mesma lida no amperímetro.

#### 5.4 Simulação 4

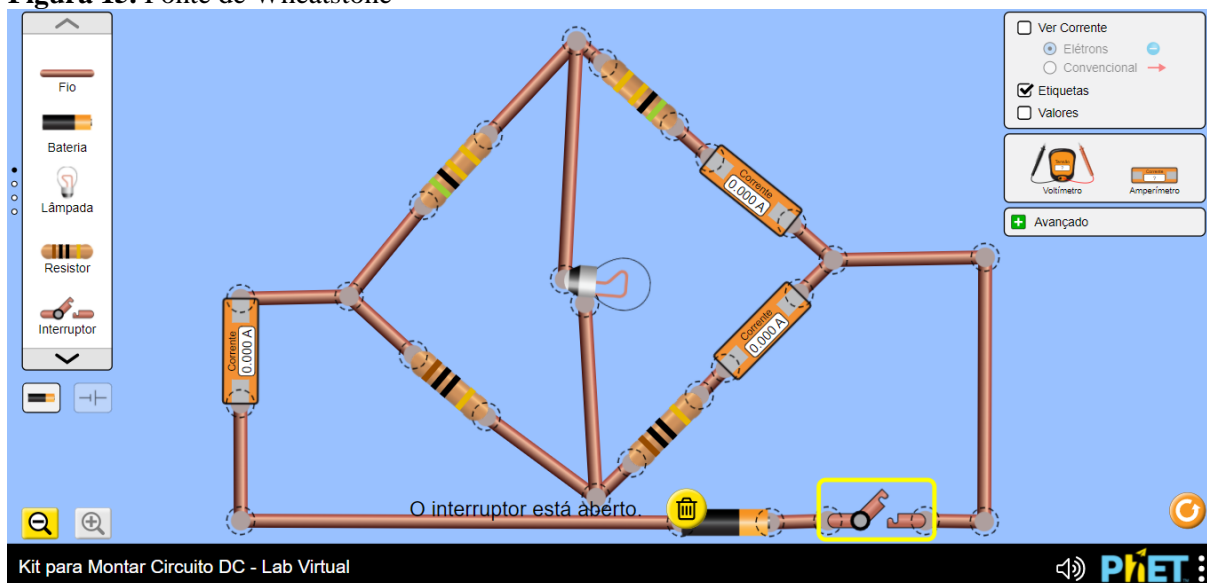
Ponte Wheatstone (Associação mista) de quatro resistores e uma lâmpada, com a finalidade de comprovar se a mesma acende ou não através da alteração de resistência.

##### 5.4.1 Procedimento Experimental

Acesse a página do simulador PhET ou baixe o simulador em seu computador ou smartphone, em seguida monte a simulação de acordo com a figura a seguir;

Nessa simulação experimental, utilizar fios, fonte de tensão (bateria), três amperímetros, quatro resistores, uma lâmpada e um interruptor como proposto na Figura 13.

**Figura 15.** Ponte de Wheatstone



Fonte: Frazão, 2021

#### 5.4.2 Questionamentos sobre o experimento:

1. Por que a lâmpada não acende quando o interruptor e fechado?

---



---

2. Passa corrente elétrica por essa lâmpada? Justifique.

---



---

3. Se trocarmos a lâmpada por outra de resistência diferente, ela acenderá? Explique.

---



---

4. A associação de quatro resistores representada na figura 15 é denominada ponte de Wheatstone, qual a finalidade dessa associação?

---



---

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. V. *et al.* Uma Aplicação do Software Educacional PheT como Ferramenta Didática no Ensino da Eletricidade. **Informática na Educação (Online)**, v. 18, p. 145-162, 2015.
- BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.. **Física, 3** : eletricidade : física moderna. 3. ed. -- São Paulo: Saraiva, 2016.
- CAVALCANTI, M. H. S.; RIBEIRO, M. M.; BARRO, M. R. Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 24, n. 4, p. 859-874, 2018.
- GASPAR, A.. Compreendendo a física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.
- KAPP, K. M.; BLAIR, L.; MESCH, R.. **The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice**, San Francisco: Wiley, 2013.
- MCKAGAN, S. K. *et al.* Developing and researching phet simulations for teaching quantum mechanics. **American Journal of Physics**. 76, no. 4, 2008: 406-417. Disponível em: <https://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=10278&DocID=1780> Acesso em: 17 jun. 2021.
- PASSOS, I. N. G. *et al.* Utilização do software PhET no ensino de química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão. **Revista Observatório**, v. 5, p. 335-365, 2019. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/4626/15353>. Acesso em: 27 maio 2021.
- RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES. P. A. de T.. **Os Fundamentos da Física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W.. **Princípios de física**. tradução: Foco traduções. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.. **Física III, Sears e Zemansky**: eletromagnetismo. Tradução Lucas Pilar da Silva e Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.
- ZABALA, A.. **A prática educativa**: como ensinar. trad. Ernãni E. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtM ed, 1998.