

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS MEDIANEIRA**

LEANDRO MARCOS WEIZENMANN

**Uma Sequência Didática para Análise de Circuitos Elétricos a partir das
concepções espontâneas dos estudantes**

**MEDIANEIRA
2019**



Uma Sequência Didática para Análise de Circuitos Elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes

Leandro Marcos Weizenmann

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Reginaldo A. Zara

MEDIANEIRA
Dezembro/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

W436s

Weizenmann, Leandro Marcos

Uma Sequência Didática para Análise de Circuitos Elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes / Leandro Marcos – 2019.

50 f. : il. ; 30 cm.

Texto em português com resumo em inglês

Orientador: Reginaldo A. Zara.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Medianeira, 2019.

Inclui bibliografias.

1. Eletricidade 2. Física - Experiências. 3. Correntes contínuas. 4. Ensino de Física - Dissertações. I. Zara, Reginaldo A. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

CDD: 530.07

Biblioteca Câmpus Medianeira
Fernanda Cristina Gazolla Bem dos Santos CRB: 9/1735



TERMO DE APROVAÇÃO

Uma Sequência Didática para Análise de Circuitos Elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes

Por

Leandro Marcos Weizenmann

Essa dissertação foi apresentada às quinze horas, do dia três de dezembro de dois mil e dezenove, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, Linha de Pesquisa processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física -MNPEF – Polo Medianeira, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Reginaldo Aparecido Zara (Orientador – MNPEF)

Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen (Membro Interno – MNPEF)

Prof. Dr. Fabio Ramos da Silva (Membro Externo – IFPR)

Dedico este trabalho a
meu filho Gabriel Paetzold
Weizenman, que sempre me
apoiou na minha ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Reginaldo A. Zara, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

A vida é consenso entre o negativo e positivo, usamos a eletricidade o negativo e positivo, a vida tem os dois polos negativo e positivo, nem sempre temos escolhas, ou podemos agradar a todos com nossas escolhas
[Cello Vieira](#)

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma Sequência Didática (SD) para a utilização de simuladores computacionais no ensino de conceitos básicos de Eletricidade, em nível do Ensino Médio, explorando as concepções espontâneas ou os conhecimentos prévios dos estudantes. A SD tem uma abordagem essencialmente qualitativa, ou seja, com ênfase nos conceitos físicos e não na expressão quantitativa das grandezas, embora estas últimas possam ser incluídas facilmente. Para a elaboração da SD foram utilizadas três ferramentas facilmente acessíveis: um questionário para levantamento de conhecimentos prévios, um simulador gratuito disponível na plataforma PhET e a montagem de circuitos com pilhas e lâmpadas. A SD foi testada em condições reais de sala de aula, junto aos alunos de uma turma do terceiro ano do Ensino Médio. Durante a execução das atividades previstas na SD pudemos notar que diversas dúvidas que os alunos apresentavam quando preencheram o questionário de levantamento de conhecimentos prévios foram resolvidas, e que a interação com a tecnologia trouxe uma facilidade maior para o entendimento, pois os alunos observaram na simulação o que acontecia nos circuitos e, ao realizar as simulações puderam verificar as diferenças entres os diferentes tipos de circuitos. A execução de atividades laboratoriais permitiu conectar a teoria com situações práticas realizadas, facilitando a compreensão dos conceitos e suas aplicações no cotidiano.

Palavras-chave: Eletricidade, Circuitos de Corrente Contínua, Concepções espontâneas.

MEDIANEIRA
Dezembro/2019

ABSTRACT

In this work we present a Didactic Sequence (DS) for the use of computational simulators in the teaching of basic concepts about Electricity, at the high school level, exploring the spontaneous conceptions or the previous knowledge of the students. The DS has an essentially qualitative approach, that is, an emphasis on physical concepts rather than quantitative expression of quantities, although the latter could be easily included. For the elaboration of the SD, three easily accessible tools were used: a previous knowledge survey questionnaire, a free simulator available on the PhET platform and the assembly of circuits with batteries and lamps. The DS was tested under real classroom conditions with students in a third grade class. During the execution of the activities provided in the DS, we noticed that several doubts that the students express when they completed the previous knowledge survey questionnaire were resolved, and that the interaction with technology brought a greater ease for understanding, as the students observed in the simulation. what happened in the circuits and, when performing the simulations were able to verify the differences between the different types of circuits. The execution of laboratory activities allowed connecting the theory with practical situations, facilitating the understanding of the concepts and their applications in daily life.

Key words: Electricity, Drift Current circuits, Spontaneous Conceptions

MEDIANEIRA
December/2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Página inicial do simulador na versão JAVA.....	19
Figura 2 – Menu simulador.....	19
Figura 3 – Conexão em série de resistências.....	30
Figura 4 – Conexão em série de resistências, especificando queda de tensão...30	
Figura 5 – Conexão em paralelo de resistências.....	31
Figura 6 – Conexão em paralelo de resistências com demonstração da divisão de correntes.....	31
Figura 7 – Conexão mista de resistências.....	32
Figura 8 – Diagrama esquemática para o circuitos montados na atividade de laboratório.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre as concepções alternativas e científicas.....	7
Quadro 2 – Teste SMAr para levantamento de conhecimentos prévios ou concepções espontâneas construído a partir de um extrato do teste SMA.....	22
Quadro 3 – Sugestões de atividades a serem executadas pelos alunos durante a simulação das questões do teste SMAr	25
Quadro 4 – Sugestões para o professor durante a simulação das questões do teste SMAr.....	28
Quadro 5- Material utilizado para montagem do circuito.....	33
Quadro 6 – Respostas dos estudantes ao questionário SMAr.....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA	5
3. Aporte Teórico: A teoria da aprendizagem significativa como suporte para a elaboração do Produto Educacional	10
4. O Produto Educacional.....	16
4.1. Apresentação do Produto Educacional	16
4.2. Visão geral do Produto Educacional	16
4.3. O Produto Educacional - Apresentação Detalhada	17
4.3.1. O Teste SMAr	17
4.3.2. Sobre o Simulador utilizado	18
4.3.3. Montagem experimental.....	20
4.3.4. Público alvo.....	21
4.3.5. Conceitos abordados	21
4.3.6. Aprendizagem esperada	21
4.4. Detalhamento da Sequência Didática	22
4.4.1. Parte I – Levantamento de conhecimentos prévios usando o teste SMAr	22
4.4.2. Parte II – Revisitando o teste SMAr com o auxílio de simulações ...	24
4.4.3. Parte III – Sistematizando os conceitos com Atividades Teóricas e Experimentais	29
5. A APLICAÇÃO DO PRODUTO EM SALA DE AULA.....	37
5.1. Parte I - Aplicação do Teste SMAr	37
5.2. Parte II - Revisitação do Teste SMAr com o uso do simulador	39
5.3. Parte III – Sistematizando os conceitos com Atividades Teóricas e Experimentais	43
5.4. Considerações finais sobre a aplicação do PE	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
7. BIBLIOGRAFIA.....	47

1. INTRODUÇÃO

O acesso à informação e a capacidade de usar a informação de maneira útil e produtiva é um ponto fundamental na vida das pessoas. O conhecimento constitui componente importante não apenas para a construção de uma visão de mundo, mas também para criar pessoas conscientes e ativas na sociedade (BRASIL, 2013). Enquanto os estudantes em geral estão atraídos e até mesmo seduzidos pela tecnologia, de outro lado encontram-se os professores e as suas dificuldades para acompanhar o atual processo evolutivo da educação nesta era dominada pela informação. O professor inserido neste meio vai precisar cada vez mais descobrir como lidar com a informação, se reciclando para conseguir dar conta destes novos desafios da educação. Nesse sentido, o processo de melhoria do ensino passa indiscutivelmente pela formação dos professores, sendo necessário investir na qualidade da formação desse profissional, além da melhoria das condições de trabalho oferecidas, incluindo a informatização das escolas, com equipamentos suficientes para o professor desenvolver as atividades de qualidade. O professor pode acompanhar tais mudanças ao adequar os seus procedimentos e o sistema de avaliação em sala de aula de acordo com a realidade encontrada.

Ao se realizar em múltiplos contextos, a educação precisa acontecer no campo social, a fim de que as experiências possam ser trocadas em um processo de reconstrução significativo. Apesar dos avanços alcançados o Ensino Médio passou a constituir a etapa final da Educação Básica para uma parcela considerável da população, e é nele que se dá o único contato formal com o conhecimento científico. Os conteúdos científicos de modo geral, e os de Física em particular, que são geralmente abordados nesse nível de ensino, estão distantes da verdade de sua construção e muitas vezes não são devidamente relacionados aos fenômenos naturais do cotidiano do aluno e às aplicações tecnológicas (FAZZIO, 2007). Os conhecimentos na maioria das vezes são verificados apenas por meio de fórmulas matemáticas, sendo que a maioria delas não permitem uma verificação direta pelo aluno, seja por observações ou experiências laboratoriais. A partir dessas observações, propõe-se, neste trabalho, a elaboração de uma sequência didática para a utilização de

Simuladores computacionais no ensino de conceitos básicos de Eletricidade, em nível do Ensino Médio. Esta sequência constitui uma ferramenta complementar para o estudo da Física, desde que através dela seja possível a realização de experimentos nos quais os conceitos possam ser qualitativamente discutidos, e cálculos quantitativos com a finalidade de esclarecer e reforçar o conhecimento teórico dos modelos em Física. Por meio da sequência proposta neste trabalho, o professor poderá ter à sua disposição um conjunto de simulações, com dicas de uso, objetivos, conteúdo abordado, facilitando a preparação e execução de suas aulas. Assim, este trabalho é uma contribuição para aqueles professores que desejam elaborar e sistematizar os conteúdos básicos de Eletricidade, tanto na teoria como na experimentação real e virtual, buscando e relacionando os elos entre as novas tecnologias e a formação para o ensino de Física. Constatase, dessa forma, a necessidade de certa orientação pedagógica para a aplicação desses recursos. Em análise, outros trabalhos da área observam apego a teorias de aprendizagem (MOREIRA,2011) como, por exemplo, a teorias sócio interacionista de Vygotsky (1991), para o qual a aprendizagem, por criar processos internos, impulsiona o desenvolvimento, formando uma zona de desenvolvimento proximal. O autor parte do pressuposto de que há, no indivíduo, dois níveis diferentes de desenvolvimento: um efetivo (real) que se refere ao que a criança sabe fazer sozinha, sem nenhum tipo de acompanhamento de outra pessoa; e um proximal, que se caracteriza por aquilo que a criança não consegue, ainda, fazer sozinha, mas obtém êxito se contar com o auxílio de pessoa ou de outros tipos de recursos. A educação, principalmente a formal, deve atuar na zona de desenvolvimento proximal, atribuindo, desta forma, à escola e ao professor, importante função no desenvolvimento do indivíduo.

Já o pesquisador norte-americano David Ausubel argumenta que quanto mais sabemos, mais aprendemos, sendo categórico ao afirmar que "O fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece". Segundo sua teoria de aprendizagem, denominada de Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) (AUSUBEL, 1980, MOREIRA, 1982) aprender significativamente é ampliar e reconfigurar conceitos já existentes na estrutura mental e ser capaz de relacionar e acessar novos conceito.

De acordo com a TAS para que ocorra uma aprendizagem significativa é preciso que exista uma predisposição para aprender (MOREIRA, 2006,

MOREIRA, 1982). Muitas vezes, esta predisposição deve ser estimulada pelo professor através de uma determinada situação de ensino potencialmente significativa que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido. Além disso, é necessário utilizar os conhecimentos prévios do estudante sobre o tema a fim de que o novo conhecimento se relacione de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente.

Nesse sentido, o Produto Educacional (PE) aqui apresentado possui a forma de uma sequência didática (SD) (ZABALA, 1998, LEAL, 2012) relaciona-se com a TAS ao utilizar os conhecimentos prévios ou espontâneos dos alunos para o ensino de conceitos básicos que fundamentam a análise de circuitos elétricos de corrente contínua.

Optamos por trabalhar com o formato de uma SD uma vez que este instrumento corresponde a um conjunto de atividades articuladas planejadas com a intenção de atingir o objetivo didático pretendido. As atividades propostas na SD buscam valorizar e utilizar os conhecimentos prévios dos alunos, incentivar o ensino centrado na problematização com a concomitante promoção de momentos de reflexão nos quais os estudantes possam expressar-se. Além disso, a elaboração da SD prevê a utilização de atividades diversificadas, desafiadoras e com possibilidade de progressão partindo das atividades mais simples para as mais complexas.

Espera-se que ao desenvolver as atividades propostas na SD os alunos possam construir e propor formas de expressar os conceitos sobre circuitos elétricos confrontando suas próprias concepções com observações feitas a partir de simulações e situações experimentais. Para isso, a SD foi elaborada para investigação de circuitos simples cujo procedimento de execução seja facilmente realizado pelos alunos.

A SD tem uma abordagem essencialmente qualitativa, ou seja, com ênfase nos conceitos físicos e não na expressão quantitativa das grandezas, embora estas últimas possam ser incluídas facilmente.

Para a elaboração da SD utilizamos três ferramentas facilmente acessíveis: um questionário para levantamento de conhecimentos prévios (SILVEIRA, 1989), o simulador gratuito PhET (PHET, 2018) e a montagem de circuitos com pilhas e lâmpadas.

No intuito de apresentar o detalhamento do processo de construção, aplicação e avaliação da SD, este texto foi dividido da seguinte forma. Após esta breve introdução, apresentamos no Capítulo 2 os objetivos deste trabalho, acompanhado da justificativa para a sua execução. Tal justificativa é baseada tanto na experiência como docente da disciplina de Física no Ensino Médio quanto na revisão da literatura que trata do processo de ensino de circuitos elétricos. A ênfase da revisão está na apresentação das concepções espontâneas que os estudantes possuem sobre as propriedades físicas de circuitos simples de corrente contínua. No Capítulo 3 nos dedicamos a apresentar a teoria da aprendizagem que dá suporte à proposta de nosso Produto Educacional. Em particular, descrevemos a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS) com ênfase nos aspectos que possuem relação direta e evidente com o Produto Educacional proposto. No Capítulo 4 o Produto Educacional é apresentado de forma detalhada, com destaque às fases de planejamento e construção da Sequência Didática. São apresentadas sugestões de questões a serem abordadas durante a execução das atividades propostas a fim de se possa fazer um encadeamento das ideias e conceitos que se pretende explorar. A aplicação do PE em sala de aula do Ensino Médio é descrita no Capítulo 5, juntamente com uma descrição narrativa das impressões do professor sobre a execução das atividades da SD pelos alunos. Por fim, no Capítulo 6 fazemos nossas Considerações Finais sobre o trabalho.

2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

O trabalho de pesquisa aqui apresentado tem como objetivo utilizar os conhecimentos prévios ou espontâneos dos alunos para o ensino de conceitos básicos que fundamentam a análise de circuitos elétricos de corrente contínua. Para isso foi elaborado um Produto Educacional (PE) na forma de uma Sequência Didática (SD) para investigação de circuitos simples cujo procedimento de execução seja facilmente realizado pelos alunos.

O ponto central do PE consiste em utilizar as tecnologias existentes dos aplicativos gratuitos e simuladores, disponíveis na internet, como ferramenta auxiliar no processo de ensino de Física. A sequência didática proposta tem uma abordagem qualitativa, ou seja, com ênfase nos conceitos físicos e foi desenvolvida utilizando três ferramentas principais:

- um questionário padronizado para levantamento de conhecimentos prévios,
- o simulador gratuito PhET e
- proposta de montagem de circuitos com pilhas e lâmpadas.

Espera-se que os alunos possam construir e propor formas de expressar os conceitos sobre circuitos elétricos confrontando suas próprias concepções com observações feitas a partir de simulações e situações experimentais. Além disso, busca-se estimular o estudante a associar o conteúdo sobre eletricidade estudado na escola com seu papel na vida humana, sua presença no cotidiano e seus impactos na vida social, valorizando o exercício da cidadania no uso consciente da eletricidade

A opção pela abordagem de conceitos sobre eletricidade através da exploração básicos em circuitos de corrente contínua e de associações de resistores justifica-se pelo fato de embora o uso de eletricidade seja corriqueiro, a experiência como professor de física no ensino médio tem mostrado que os estudantes têm dificuldade a associar o conteúdo sobre eletricidade estudado na escola com as atividades cotidianas (GRAVINA, 1994, DORNELES, 2006, LABURÚ, 2009). Embora os fenômenos elétricos nos acompanhem em nossas

atividades diárias, os princípios científicos deste assunto geralmente são carregados de concepções alternativas, muitas vezes distorcidas, em relação à sua natureza e aplicação. Assim, se por um lado o fato de os alunos terem familiaridade com o assunto é benéfico, permitindo ao professor recorrer a situações conhecidas pelos estudantes, por outro lado, suas pré-concepções (GRAVINA, 1994, SILVEIRA, 2011, ANDRADE, 2018) sobre o tema, muitas vezes oriundas de suas observações dos fenômenos seguida de uma interpretação baseada no senso comum, acabam gerando problemas no ensino de conceitos de Física, pois nem sempre os as explicações para fenômenos aparentes observados pelos estudantes convergem com os modelos científicos aceitos atualmente. Essa constatação é descrita por Crespo (2010), quando afirma que

[...] a grande familiaridade do aluno com os conteúdos envolvidos, o que faz com que ele tenha numerosas ideias prévias e opiniões que resultam, de modo geral, úteis para compreender o comportamento da natureza, mas que competem na maioria das vezes com vantagem, com aquilo que é ensinado na escola. (p. 191).

Nesse contexto, o objetivo do ensino deste conteúdo em Física é promover a transformação dos conhecimentos prévios dos estudantes (muitas vezes carregadas de concepções alternativas) em conhecimentos científicos mais elaborados. A reelaboração dos conceitos prévios é muitas vezes permeada por sucessivas reconstruções, sempre presente a relação, muitas vezes antagônicas, entre os conceitos que os estudantes construíram pela vivência com o mundo real e os conceitos científicos veiculados pela escola (CRESPO, 2010).

De acordo com Silveira (1989, 2011), pesquisas em ensino apontaram que alunos e professores apresentam concepções alternativas (CA), isto é, concepções com significados errôneos, em conflito com o conhecimento aceito pela comunidade científica sobre vários temas da Física. Na área de circuitos elétricos simples Silveira apresenta um resumo ilustrativo, na forma de um quadro comparativo contrapondo lado a lado enunciados que descrevem as CA e os enunciados científicos.

Quadro 1: Comparação entre as concepções alternativas e científicas

Concepções sobre corrente elétrica em circuitos simples de corrente contínua	
Alternativas	Científicas
<p>1. A corrente é uma forma de fluído produzido pela fonte ou gerador. A fonte é um depósito deste fluído, liberando-o para o circuito. A fonte produz ou armazena cargas para fornecê-las ao circuito.</p>	<p>1. A corrente elétrica é o movimento "<i>ordenado</i>" das cargas livres que pré-existem nos condutores. A fonte é responsável pelo campo elétrico que, exercido internamente aos condutores do circuito, coloca as cargas livres nos condutores movimento "<i>ordenado</i>".</p> <p>A fonte não produz ou armazena cargas; a fonte libera energia para produzir o movimento "<i>ordenado</i>" das cargas livres que sempre existem nas diversas partes do circuito.</p>
<p>2. A corrente que "<i>saí</i>", que é "<i>emitida</i>" pela fonte (gerador) é uma propriedade exclusiva desta, não sendo afetada pelos demais elementos do circuito.</p>	<p>2 A intensidade da corrente produzida pela fonte não depende apenas da fonte. A parte do circuito externa à fonte também influencia a intensidade da corrente na fonte. A mesma fonte pode produzir correntes elétricas com intensidades diferentes, dependendo do que foi conectado entre seus terminais.</p>
<p>3. A corrente "desgasta-se", "dissipa-se" ao passar por "<i>obstáculos</i>" no circuito (lâmpadas, resistores, etc.), podendo até ser extinta caso passe por muitos "<i>obstáculos</i>". Conforme a corrente vai "<i>passando</i>" pelos "<i>obstáculos</i>", vai se tornando mais fraca.</p>	<p>3 .A corrente conserva-se espacialmente. Não importando quantos elementos exista associados em série, a intensidade da corrente é a mesma em todos eles.</p> <p>Para que a intensidade da corrente elétrica seja diferente em regiões diversas de um circuito, deve existir um ou mais nodos ou <i>divisores de corrente</i> (associações em paralelo) entre essas regiões. Quando isto ocorre, a corrente se divide, entretanto a soma das intensidades da corrente nas diversas</p>

	partes é necessariamente igual à corrente total.
4. A intensidade da corrente elétrica é determinada pelo local em que ela " <i>está passando</i> " e pelos locais onde já " <i>passou</i> ". Ela não pode ser influenciada pelos elementos onde ainda " <i>não passou</i> ".	4. A intensidade da corrente elétrica em uma região do circuito depende de todo o circuito. O circuito é um sistema, isto é, modificando-se uma parte do circuito, altera-se a corrente em outras partes. Somente em situações muito especiais e idealizadas é possível alterar a intensidade da corrente elétrica em uma parte de um circuito sem alterar a intensidade em outras partes.

Fonte: Silveira (2011)

Recentemente, Andrade e colaboradores (2018) investigaram a recorrência das concepções alternativas listadas por Lang sobre corrente elétrica em circuitos simples usando o mesmo questionário para levantamento de concepções e entrevistas com estudantes. Seus resultados confirmam a recorrência de concepções alternativas relatadas na literatura e estabeleceram relações com outras investigações sobre esse fenômeno, como o trabalho de Shipstone e colaboradores (1988), que estudaram essa questão em cinco países europeus, e de Solano e colaboradores (2002) que investigaram a persistência de concepções alternativas sobre circuitos elétricos de corrente contínua em alunos na faixa etária entre 11 e 18 anos.

De forma resumida, Andrade e Colaboradores (2018) relatam a prevalência da ideia de que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante, e que esta essa concepção equivocada gera outras concepções alternativas. Relatam ainda que alguns alunos associam a corrente elétrica a um fluxo de energia, sugerem que concepção do consumo de corrente venha da ideia do consumo de energia em nosso cotidiano e indicam que essas concepções devem ser seriamente consideradas na produção de material didático ou instrucional sobre o tema. Segundo os autores, os alunos não demonstram compreender a correlação entre dispositivos elétricos reais (fios, lâmpadas, baterias, etc) e suas representações gráficas nos circuitos, particularmente a função dos interruptores.

Nesse sentido, o Produto Educacional (PE) parte do levantamento das concepções alternativas sobre eletricidade que, de acordo Andrade e Colaboradores (2018) são recorrentes, para explorar o funcionamento de circuitos elétricos simples e aprofundar a discussão de conceitos sobre eletricidade através de simulações computacionais e práticas laboratoriais. Como o ponto de partida das atividades do produto é o levantamento do conhecimento prévio, expressos pelas concepções espontâneas registradas em um pré-teste, e que as propostas de atividades se levam em conta o conjunto destes conhecimentos prévios, entendemos que o suporte teórico para o desenvolvimento do Produto Educacional é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel. Desta forma, no próximo Capítulo apresentamos uma breve revisão da TAS, com atenção aos aspectos mais relevantes para este trabalho.

3. Aporte Teórico: A teoria da aprendizagem significativa como suporte para a elaboração do Produto Educacional

No que tange à teoria de aprendizagem que fundamenta realização deste trabalho, destacamos a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (AUSUBEL, 1980, MOREIRA, 1982, MOREIRA, 2011).

O norte-americano David P. Ausubel iniciou suas investigações na área da aprendizagem na década de 1950, dedicando-se a encontrar métodos de ensino capazes de construir uma educação que fosse realmente significativa para os educandos. Segundo Ausubel “quanto mais sabemos, mais temos o desejo de buscar o aprendido”. Assim quanto mais um indivíduo sabe, quanto maior for seu domínio da técnica de aprendizado, das informações, e/ou do contexto da aprendizagem, maior se tornará seu desejo de continuar aprendendo. Desta forma, o saber é caracterizado por um ciclo sucessivo de aprendizagem.

Na aprendizagem significativa a ação pedagógica está voltada para o aluno que, a seu modo, tenta elaborar o que para ele é pertinente em relação ao informações/conteúdos para fazer essa comparação. Ausubel explica que quando a aprendizagem acontece significativamente, no futuro, quando novos conceitos forem adicionados, será mais fácil para o indivíduo buscar um ponto de ancoragem em sua estrutura cognitiva. Seu conhecimento prévio irá interagir de forma significativa “[...] com o novo conhecimento que lhe é apresentado, provocando mudanças em sua estrutura cognitiva” (SILVA; SCHIRLO, 2014, p.38).

A Teoria de Ausubel abrange a aquisição, o armazenamento e organização das ideias no cérebro do indivíduo que adquire a informação, assimilando-a de acordo com uma hierarquia que vai dos conceitos mais gerais para os conceitos específicos, consolidando uma organização nomeada como estrutura cognitiva, cuja ampliação acontece quando o indivíduo está aprendendo, inserindo e incorporando novas ideias. Desse modo, a aprendizagem significativa se efetiva quando uma nova informação se relaciona

e interage com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento prévio presente na estrutura cognitiva do indivíduo. A nova informação é incorporada de forma não arbitrária e substantiva com as ideias existentes, permitindo a construção do conhecimento. Uma vez aprendido determinado conteúdo o indivíduo consegue explica-lo de uma maneira equivalente, o que não acontece quando a aprendizagem ocorre de maneira mecânica (MOREIRA, 2011), onde novas ideias não conseguem se relacionar de maneira clara e lógica com nenhum dos saberes já existentes na estrutura cognitiva porque apenas foram memorizadas. Dessa maneira, na aprendizagem mecânica as informações são armazenadas na estrutura cognitiva de forma arbitrária, não havendo garantia de que esta nova informação permaneça na estrutura cognitiva do indivíduo.

Tanto na aprendizagem significativa quanto na aprendizagem mecânica, são comuns na formação cognitiva do indivíduo, pois dependendo da motivação apresentada, hora ela aprende de uma forma, hora de outra, como explica Fernandes (2011, p.03):

[...] essas duas formas de conhecer não são antagônicas. Ambas fazem parte de um processo contínuo. Há ocasiões em que é preciso memorizar algumas informações que são armazenadas de forma aleatória, sem se relacionar com outras ideias existentes. No entanto, o processo de aprendizagem não pode parar aí. Outras situações de ensino, assim como a interação com as demais crianças, devem contribuir para que novas relações aconteçam, para que cada um avance e construa seu conhecimento.

Ausubel esclarece que aprendizagem significativa deve se fundar no “subsunçor”, entendido como um conceito, uma ideia ou uma proposição já existente na estrutura cognitiva do indivíduo e, que servirá de ponto de ancoragem para uma nova informação, permitindo-lhe atribuir significado. Quando não há um subsunçor na estrutura cognitiva, o indivíduo recebe a nova informação e sem um ponto de ancoragem, pode ocorrer uma aprendizagem mecânica, que nesse momento será importante pois podem ser criados elementos relevantes na estrutura cognitiva para que possam vir a servir de subsunçores em outro momento (ZOMPERO, 2010).

Assim, na medida que vão sendo estabelecidos elementos relevantes da

nova informação na área que está sendo aprendida, passam a existir na estrutura cognitiva os subsunçores, oferecendo a possibilidades da aprendizagem significativa que conseqüentemente se ampliam e dão ancoragem para novas informações. Muitas vezes, na ausência de subsunçores, o professor também pode utilizar-se dos "organizadores prévios que são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser e do aluno aprendido em si" (MOREIRA, 2011, p.163) e que serve de ligação entre o que o aprendiz já sabe com o que irá aprender. O organizador prévio deve ser algo que está na estrutura cognitiva de todos se tornando um ancorador provisório para facilitar a criação de um subsunçor.

Considerando o professor como o suporte do ensino em torno do processo de aprendizagem ocorre, o ensino e a aprendizagem tem sucesso, quando o professor procura analisar suas atitudes, saberes e habilidades estando aberto a adaptações, quando necessárias, em suas metodologias. Ensinar exige muito do educador, a seleção de meios e estratégias que permitam alcançar a estrutura mental do aprendiz, valorizando seus esquemas cognitivos e tornando viável a construção de uma aprendizagem verdadeiramente significativa (SANTOS, 2011).

Para que o ensino se torne significativo é necessário que as abordagens dos conteúdos ocorram de maneira contextualizada, ao mesmo tempo em que seja estimulada a participação dos alunos. Isso deve ocorrer desde os seus primeiros anos de vida, os mesmos procuram compreender melhor o mundo em que vivem por meio de diversas perguntas e quando ingressam no espaço escolar, o professor se torna o responsável por abordar os conhecimentos de forma crítica e reflexiva.

O professor necessita perceber e aceitar que o aprendiz (aluno) possui conhecimentos próprios e é construtor de ideias e que ele, como docente, é um colaborador para essa construção. Assim, o professor deve levar em conta que o método de ensino não consiste na exposição de um conjunto de opiniões, mas na realização de diversos tipos de trabalhos com enfoques e momentos diferenciados que permitam as observações, experimentações e discussões acerca do que pretende ensinar.

Conforme Santos (2011), é dever do professor perceber e procurar se adequar com suas metodologias de ensino para que quando novos conceitos forem introduzidos, os alunos tenham condições de fazer a ligação do conhecimento que já possui com o que está sendo apresentado para ele. Filatro (2018) nos explica que entre os diversos estímulos recebidos poucos têm relevância, pois, depende muito das experiências que tenham sido vivenciadas até o momento. Por exemplo: Não damos importância à imensa variedade de modelos de carros que visualizamos todos os dias. Mas, a partir do momento em que desejamos adquirir um automóvel, nos interessamos por alguma cor e modelo em específico, facilmente será percebida a quantidade de carros que antes não víamos, porque até o presente momento não tinham relevância. Com isso, a contextualização e a integração dos saberes com situações do cotidiano têm extrema importância para que o conteúdo tenha significado sendo facilmente compreendido e assimilado (BORGES in PAVÃO e FREITAS, 2011).

Na escola devemos considerar que os alunos trazem uma quantidade de variados saberes adquiridos através de sua interação com o meio em que os mesmos vivem. Os professores, devem compreender e valorizar todos esses conhecimentos, como um meio para que o resultado de seu trabalho em sala de aula ocorra com sucesso e consiga o aprendizado esperado.

Todos os alunos, por sua vez, precisam se sentir parte do processo de construção de sua aprendizagem, ter espaço para o diálogo crítico, autonomia e segurança para expor suas opiniões, aprender com os erros, repensar seus valores e compreensões (SANTOS, 2011).

As práticas pedagógicas aplicadas e influenciadas pelo cognitivismo construtivista, são pautadas na apresentação de informações e fatos capazes de ajudar o aluno a entender, preparar e absorver todos os saberes de maneira significativa, aumentando a curiosidade do aluno. Ensinar não pode ter o significado apenas de propagar os conceitos, mas também dar um norte para o aluno no desenvolvimento de suas próprias competências como estudante. Pavão (2008) nos descreve que crianças são curiosas e formulam hipóteses sobre determinados assuntos com muita naturalidade. Se o aluno elabora suas estruturas mentais por meio de aprendizagens significativas, o papel do professor é de proporcionar as situações favoráveis para que com as ferramentas do conhecimento se atinja os objetivos pretendidos. Através da

valorização do conhecimento prévio do educando se consegue estabelecer o vínculo necessário que permeia a teoria e a prática, contextualizando e tornando a aprendizagem mais significativa do que se apenas tivesse memorizado as informações e reproduzindo-as mecanicamente em provas e/ou trabalhos.

Em meio a esse processo, o professor toma para si o papel de facilitador da aprendizagem, com quatro tarefas fundamentais para uma aprendizagem mais significativa (MOREIRA, 2011):

- identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, ou seja, saber o que seu aluno já possui de informação na estrutura cognitiva sobre o conceito a ser introduzido;
- verificar quais são os subsunçores relevantes do conteúdo ensinado que estão na estrutura cognitiva de seu aluno;
- diagnosticar o que o aluno já sabe o que ele possui na estrutura cognitiva para saber;
- entender de onde deve partir seu trabalho sobre determinado conceito

Com base nos pressupostos teóricos elaborados por Ausubel, Moreira (2011) afirma que é preciso estimular os alunos a formularem e operarem com ideias condizentes a sua realidade e, conseqüentemente, observar, conjecturar, experienciar, analisar e discutir através de ações interativas e colaborativas os novos conceitos mediados pelo professor.

Evidencia-se, portanto, que a responsabilidade do professor com seus educandos, ultrapassam as mediações realizadas em sala de aula, uma vez que, o planejamento e a escolha de metodologias diversificadas são indispensáveis para manter a motivação e o desejo dessa criança em continuar aprendendo, consolidando saberes que serão fundamentais para toda a sua vida.

Por fim, para o caso do desenvolvimento deste trabalho, é importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Dizer que a interação é substantiva significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que

aprende. Este conhecimento pode ser um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos ou maiores significados.

Destaque-se ainda que, no âmbito da TAS, a estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente inter-relacionados. Essa hierarquia dinâmica implica que, embora neste conjunto há subsunçores que são hierarquicamente subordinados a outro, os níveis hierárquicos podem mudar se houver uma nova aprendizagem na qual um subsunçor mais geral incorporar outros subsunçores mais específicos, ou seja as hierarquias de subsunçores não são fixas nem mesmo dentro de um mesmo campo de conhecimentos.

Tendo em vista os objetivos deste trabalho de dissertação e, considerando o suporte teórico apresentado, no próximo Capítulo apresentamos o Produto Educacional elaborado.

4. O Produto Educacional

4.1. Apresentação do Produto Educacional

O Produto Educacional (PE) aqui apresentado tem como objetivo utilizar os conhecimentos prévios ou espontâneos dos alunos para o ensino que conceitos básicos que fundamentam a análise de circuitos elétricos de corrente contínua. Espera-se que os alunos possam construir e propor formas de expressar os conceitos sobre circuitos elétricos confrontando suas próprias concepções com observações feitas a partir de simulações e situações experimentais. Para isso, o PE foi elaborado na forma de uma Sequência Didática (SD) para investigação de circuitos simples cujo procedimento de execução seja facilmente realizado pelos alunos. A sequência didática proposta tem uma abordagem qualitativa, ou seja, com ênfase nos conceitos físicos e não na expressão quantitativa das grandezas.

Para desenvolver o PE utilizamos três ferramentas facilmente acessíveis: um questionário para levantamento de conhecimentos prévios, o simulador gratuito PhET (PHET, 2018) e a montagem de circuitos com pilhas e lâmpadas.

O questionário utilizado é aquele proposto e validado por Silveira, Moreira e Axt (conhecido na literatura como Teste SMA) (SILVEIRA, 1989, 2011) e do qual extraímos um subconjunto de questões a serem investigadas no PE. Neste vamos chamar este subconjunto de questões de Teste SMA reduzido – SMAr.

A opção pelo uso do simulador disponível no PhET (PHET, 2018) ocorreu devido à quantidade e ao tipo de ferramentas disponíveis na plataforma, além da facilidade de uso, de forma mesmo o aluno inexperiente com o trabalho com circuitos elétricos possa trabalhar e simular cada situação de forma clara.

Por fim, a proposta de montagem de circuitos simples e o uso de aparelhos de medida, possibilitando a manipulação de componentes eletrônicos básicos e aparelhos de medida permitem aos alunos observar em circuitos reais os fenômenos intuitos ou observados na simulação.

4.2. Visão geral do Produto Educacional

A Sequência Didática que compõe o PE proposto é constituída por três partes:

1. Levantamento dos conhecimentos prévios através da aplicação do questionário SMAr;
2. Simulação dos circuitos propostos no questionário SMAr com o uso do simulador PhET;
3. Montagem experimental e análise do funcionamento de circuitos elétricos similares aos propostos no Teste SMAr.

4.3. O Produto Educacional - Apresentação Detalhada

4.3.1. O Teste SMAr

O teste SMA foi proposto por Silveira, Moreira e Axt (Silveira, 1989) para verificar se alunos de engenharia possuíam concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples. Os autores elaboraram e validaram o teste composto por 14 questões retiradas da literatura ou propostas pelos autores especialmente para o teste. O teste é formado por questões de múltipla escolha, sendo disponibilizadas três alternativas: uma dessas alternativas é coerente com concepções científicas sobre corrente elétrica, enquanto as outras duas são coerentes com concepções alternativas ou espontâneas.

Os circuitos elétricos propostos no teste SMA podem ser compostos por resistores, lâmpadas, interruptores, fontes de tensão, capacitores e elementos ocultos (indicados como “caixa-preta”, na representação do circuito. Ao analisar a viabilidade do uso do teste SMA para composição do nosso PE, optamos por selecionar as questões que envolvem apenas os circuitos formados por resistores, lâmpadas, interruptores e fontes de tensão, eliminando aquelas questões que continham capacitores e elementos ocultos. Além disso, havendo questões que cobriam conceitos similares, optamos por usar apenas uma delas. Com isso, para a composição do PE selecionamos inicialmente 06 questões dentre as 14 do teste SMA original para compor o SMAr a ser apresentado nas próximas Seções (após a aplicação do Produto Educacional, durante o processo de avaliação da aplicação, decidimos por acrescentar mais uma questão do teste SMA ao nosso SMAr, de forma que no PE final o SMAr possui 07 questões). Isto permite nos concentrar em um conjunto menor de situações de maneira que possa dedicar mais tempo à construção de conceitos.

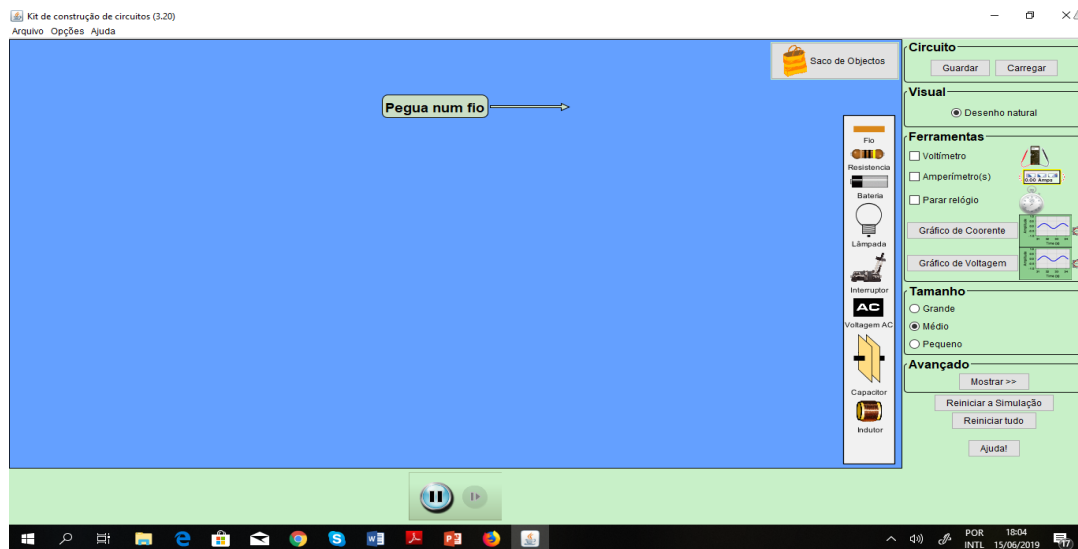
4.3.2. Sobre o Simulador utilizado

Simulações virtuais baseadas em softwares ou aplicativos são úteis para investigar fenômenos ou sensações que muitas vezes não são possíveis de observar nos laboratórios (VALENTE, 1999, VEIT, 2002, DORNELES, 2006). O projeto PhET Interactive Simulations (*Physics Education Technology*) é uma iniciativa da Universidade do Colorado que provê um pacote de simulações auxiliares ao processo de Ensino de Ciências (Física, Química, Matemática, Biologia). Através de simulações interativas o usuário pode investigar conexões entre fenômenos reais e a ciência básica através da formulação e teste de suas próprias hipóteses. O PhET é disponibilizado na Internet através do sítio <http://phet.colorado.edu/index.php> e pode ser livremente utilizado (há uma versão traduzida para o português em https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Para este PE, escolhemos o simulador Kit de Construção de Circuito (AC+DC) da plataforma PhET, traduzidos em português, por serem fáceis de manipular, divertidos e dinâmicos e de uso livre.

O ambiente de simulação disponibilizado pelo PhET pode ser executado diretamente na Internet e acessado em sistemas operacionais que possuem Flash, Java ou HTML5 instalados. De maneira alternativa, alguns de seus componentes podem ser baixados e executados em máquinas locais. No caso deste trabalho escolhemos o simulador Kit de Construção de Circuito (AC+DC) na versão em JAVA, traduzido em português, por ser fácil de manipular, pode ser baixado para o computador dispensando a necessidade de conexão com a Internet, além de contar com a opção de salvar os circuitos montados para uso posterior. Entretanto, as atividades de simulação podem ser efetuadas também com a versão em html5.

No simulador de circuitos utilizado, ao executar a aplicação o aluno vai encontrar uma tela similar à mostrada na Figura 1, onde ele poderá desenvolver montar os circuitos e executar a simulação.

Figura 1 - Página inicial do simulador na versão JAVA



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics.

Ao abrir o simulador aparece uma indicação para pegar um fio e com isso o aluno já tem uma certa noção do que tem que fazer para começar montagem do circuito a ser simulado a partir do menu de componentes disponíveis. Para montar o circuito basta arrastar o componente para a área de trabalho e conectá-los usando fios. As propriedades físicas dos componentes na área de trabalho podem ser ajustadas, a partir de uma aba acessada selecionando o componente que se deseja alterar e clicando sobre ele com o botão direito do mouse.

Figura 2 – Menu simulador

	<p>Circuito: é possível salvar e abrir um circuito por esse simulador</p> <p>Visual: é possível uma visão mais realista ou esquemática e ainda mostrar ou não valores dos componentes</p> <p>Ferramentas: São ferramentas para medição.</p> <p>Voltímetro: temos um voltímetro na área de trabalho;</p> <p>Amperímetro: temos um amperímetro na barra de componentes e podemos ter vários, de acordo com a necessidade;</p> <p>Amperímetro sem contato: Este não é necessário conectar em série, só arrastar e colocar sobre o fio ou componente que deseja medir.</p> <p>Tamanho: é a forma de apresentação da área de trabalho</p> <p>Avançado: altera a resistividade do fio e pode ocultar representação dos elétrons</p> <p>Reiniciar tudo? : utilizado para apagar a área de trabalho inteira;</p> <p>Ajuda: apresenta balões nos componentes para indicar algumas possibilidades</p>
--	---

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics.

Além do menu de componentes para montagem do circuito, há um menu de ferramentas para análise do circuito e controle da simulação. Na Figura 2 representamos o menu de ferramentas, explicando as ferramentas disponíveis no simulador, muito importante para a correta utilização.

Em resumo, após revisar diferentes ferramentas de simulação, optamos por utilizar o Kit de Construção de Circuito (AC+DC) do PhET Interactive simulations, devido a possuir as seguintes características:

- Uso livre;
- Executável em diferentes plataformas;
- Está em constante atualização;
- Pode ser executado diretamente na Internet ou pode ser baixado e usado em máquinas locais (roda sem internet)
- Possui visualização fácil e intuitiva;
- É de fácil utilização;
- Possui bom conjunto de ferramentas e de componentes;
- Permite salvar projetos para utilização posterior.

Para o PE aqui apresentado, este simulador é sugerido para a simulação dos circuitos na Parte II da Sequência Didática.

4.3.3. Montagem experimental

A parte III da Sequência Didática consiste no estudo experimental de circuitos simples, dando ao aluno a oportunidade de manipular componentes eletrônicos simples e operar instrumentos de medida reais.

Para a execução desta atividade foram utilizadas lâmpadas de 3,0 V e pilhas de 1,50V como fontes de tensão. Os circuitos montados incluem associação de geradores (pilhas) e associação de resistores (lâmpadas) em série e em paralelo. Por fim, após a atividade prática os alunos foram instigados a voltar ao uso do simulador para visitar os circuitos experimentais. Este retorno ao simulador permite que situações não executadas na prática possam ser testadas e comparadas, bem como os conceitos acerca das propriedades do circuito (distribuição de corrente elétrica e distribuição de tensão nos componentes) possam ser rediscutidas.

4.3.4. Público alvo

A sequência didática foi desenvolvida para ser aplicada junto as turmas do terceiro ano do ensino médio. Para aplicação piloto desta SD, escolhemos a uma turma do 3º Ano, do Colégio Estadual Tiradentes, localizado no distrito de São José do Itavó – Município de Itaipulândia – Pr.

4.3.5. Conceitos abordados

O PE aqui apresentado está relacionado ao conteúdo de eletrodinâmica, mais especificamente na conceituação e no reconhecimento das propriedades da corrente elétrica em circuitos simples de corrente contínua. Como protótipos de estudo trabalhamos os circuitos com elementos associados série, paralelo e com associações mistas, fazendo observações a partir das simulações e de atividade prática. Avaliamos que para que a SD proposta seja efetiva, o percurso de estudo do aluno deverá cobrir os seguintes conteúdos sobre eletricidade:

- Corrente elétrica;
- Potência elétrica;
- Leis de Ohm;
- Associação de resistores;
- Medidas elétricas.
- Medição prática;
- Comparação entre os resultados teóricos, práticos e os obtidos através dos apps e simuladores.

4.3.6. Aprendizagem esperada

Abaixo relacionamos algumas habilidades que esperamos que o aluno se desenvolva ao executar a sequência.

- Identificar em uma dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la;
- Diferenciar os processos físicos ocorridos na Eletrodinâmica;
- Identificar a distribuição das correntes elétricas entre os componentes de um circuito;

- Interpretar as associações e as medidas elétricas;
- Reconhecer os conteúdos de Eletrodinâmica em seu cotidiano;
- Desenvolver o hábito de registrar os dados em relatório ao final da sequência didática;
- Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

4.4. Detalhamento da Sequência Didática

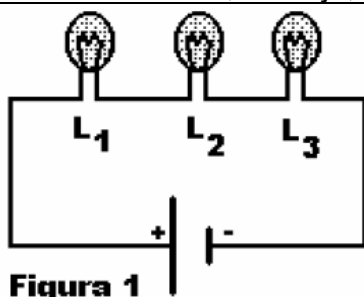
Para esta etapa foi aplicado o questionário de conhecimentos prévios abaixo, onde os alunos responderam utilizando-se do conhecimento que já possuíam, o questionário foi respondido em sala de aula, conseguindo desta maneira mapear as dificuldades de cada um para interpretar os circuitos elétricos dispostos no questionário abaixo:

4.4.1. Parte I – Levantamento de conhecimentos prévios usando o teste SMAr

Como citado anteriormente, o questionário para levantamento de conhecimentos prévios ou concepções espontâneas dos alunos é baseado no teste SMA (Silveira, 1989). De fato, o questionário que utilizamos é um conjunto de 07 questões extraídas do teste SMA e que estão elencadas a seguir.

Quadro 2 – Teste SMAr para levantamento de conhecimentos prévios ou concepções espontâneas construído a partir de um extrato do teste SMA.

Nas questões abaixo, todas as lâmpadas são iguais. O brilho de uma lâmpada é proporcional à intensidade da corrente elétrica que passa por ela, sendo que quanto maior a corrente elétrica mais intenso é o brilho. As baterias são consideradas ideais, ou seja, não possuem resistência elétrica.



No circuito da figura 1 pode-se afirmar que:

- L_1 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_3 .
- L_3 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_1
- as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

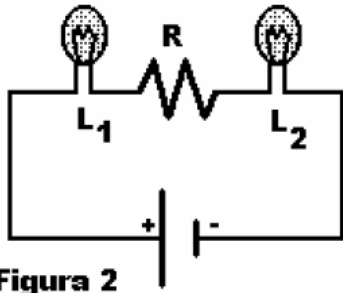


Figura 2

- 2) No circuito da figura 2, R é um resistor
Neste circuito:
- L_1 e L_2 têm o mesmo brilho.
 - L_1 brilha mais do que L_2 .
 - L_2 brilha mais do que L_1 .

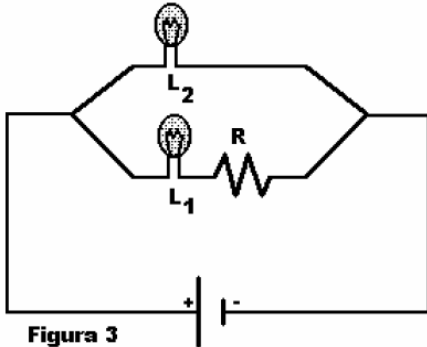


Figura 3

- 3) No circuito da figura 3, R é um resistor
Neste circuito:
- L_1 tem o mesmo brilho de L_2 .
 - L_2 brilha mais do que L_1 .
 - L_1 brilha mais do que L_2 .

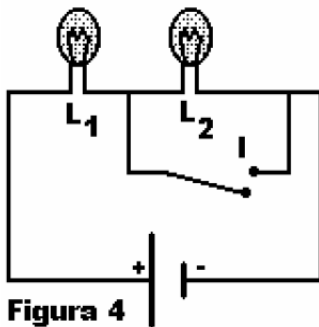


Figura 4

- 4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:
- aumenta o brilho de L_1 .
 - o brilho de L_1 permanece o mesmo.
 - diminui o brilho de L_1 .

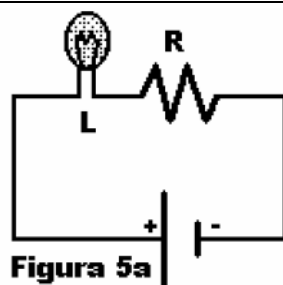


Figura 5a

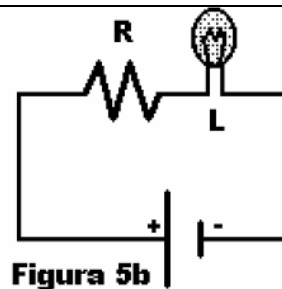
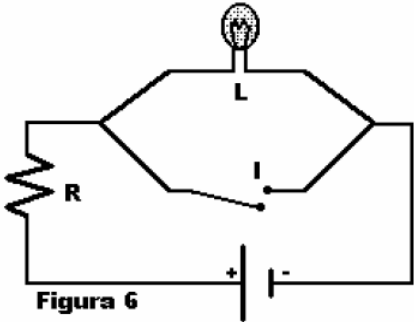
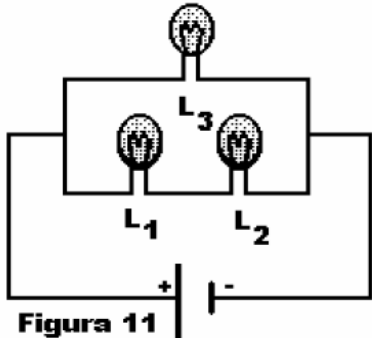


Figura 5b

- 5) Nos circuitos 5a e 5b a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:
- L brilha mais no circuito 5a.
 - L brilha igual em ambos circuitos.
 - L brilha mais no circuito 5b.

<p>6) No circuito da figura 6, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:</p>	
 <p>Figura 6</p>	<p>a) L continua brilhando como antes. b) L deixa de brilhar. c) L diminui seu brilho mas não apaga.</p>
 <p>Figura 11</p>	<p>No circuito da figura 11:</p> <p>a) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L_3. b) L_1 brilha mais do que L_2 e do que L_3. c) L_1, L_2 e L_3 brilham igualmente.</p>

Fonte: Silveira (2011)

4.4.2. Parte II – Revisitando o teste SMAr com o auxílio de simulações

Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, foi realizado aula prática-computacional com os alunos, utilizando o simulador PhET. Nessa aula foram propostas a mesmas questões respondidas pelos alunos no teste de levantamento de conhecimentos prévios, mas nesse caso, as questões deveriam ser respondidas a partir das observações feitas a partir da simulação. Assim, os alunos usaram o simulador do PhET para montar os circuitos sugeridos na questão.

Ao utilizar o simulador pode-se explorar as concepções explicitadas no teste variando alguns parâmetros e explorando as características do circuito.

Quadro 3 – Sugestões de atividades a serem executadas pelos alunos durante a simulação das questões do teste SMAR

Questão	Orientações para execução da atividade de simulação
01	<p>1. Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Aumente gradativamente o valor da tensão da fonte. Observe e descreva o que acontece com o brilho das lâmpadas;b) Observe a quantidade e o sentido do movimento dos portadores de carga através do circuito. Observe e descreva o que acontece com a quantidade e o sentido do movimento dos portadores de carga <p>2. Inverta a polaridade da fonte de tensão e:</p> <ul style="list-style-type: none">a) observe o sentido do movimento dos portadores de carga e descreva o que acontece quando a polaridade da fonte é invertida;b) observe o brilho das lâmpadas e descreva o que acontece quando a polaridade da fonte é invertida;c) Observe e descreva a quantidade de portadores que parte/chega do terminal da fonte;
02	<p>1. Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte. Aumente gradativamente o valor de R:</p> <ul style="list-style-type: none">d) Efetue uma descrição comparativa do brilho das lâmpadas;e) Descreva as mudanças nos brilhos das lâmpadas com o aumento de R;f) Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito com o aumento de R.

03	<p>1. Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte. Aumente gradativamente o valor de R:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Efetue uma descrição comparativa do brilho das lâmpadas; b) Descreva as mudanças nos brilhos das lâmpadas com o aumento de R; c) Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do ramo do circuito que contém L2 com o aumento de R. d) Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do ramo do circuito que contém L1 e R com o aumento de R. e) Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito com o aumento de R.
04	<p>1. Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito quando a chave I está aberta; b) Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito quando a chave I está fechada; c) Observe e descreva a mudança de brilho da lâmpada L1 quando a chave I passa de aberta a fechada; d) Observe e descreva a mudança de brilho da lâmpada L2 quando a chave I passa de aberta a fechada;
05	<p>1. Mantenha os valores das resistências R e das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte:</p>

	<p>a) Observe e faça uma descrição comparativa da quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo de cada circuito.</p> <p>b) Inverta a polaridade da fonte de um dos circuitos e faça uma descrição comparativa da quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo de cada circuito.</p>
06	<p>1. Mantenha os valores das resistências R e das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte. Selecione o valor da resistência R e da lâmpada iguais aos utilizados no circuito 5b.</p> <p>a) Faça uma descrição comparativa entre o circuito com a chave I aberta com aquele do circuito 5b.</p> <p>b) Observe e faça uma descrição comparativa do brilho da lâmpada, da quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito com a chave I aberta e fechada.</p>
07	<p>1. Mantenha todas as lâmpadas idênticas.</p> <p>a) Observe e descreva comparativamente o brilho das lâmpadas no ramo do circuito que contém L1 e L2 .</p> <p>b) Observe e descreva comparativamente o brilho da lâmpada L3 com o brilho das lâmpadas no ramo do circuito que contém L1 e L2 .</p> <p>c) Observe e descreva comparativamente a quantidade e a velocidade dos portadores de carga que passam pelo ramo da lâmpada L3 quantidade e a velocidade dos portadores de carga que passam no ramo do circuito que contém L1 e L2.</p>

Fonte: Os Autores

Quadro 4 – Sugestões para o professor durante a simulação das questões do teste SMAR.

Questão	Aspectos que podem ser explorados
01	<ol style="list-style-type: none">1. Reafirmar que as lâmpadas possuem sempre brilhos iguais entre si;2. Observar que a intensidade do brilho é diretamente proporcional à tensão da fonte;3. Explorar a concepção alternativa de que a corrente elétrica é consumida ao passar por um dispositivo;4. Explorar a notação de corrente real e corrente convencional nos circuitos de corrente contínua.5. Explorar o princípio de conservação da carga elétrica que flui pelo circuito.6. Introduzir o uso de instrumentos de medida (voltímetro e amperímetro) disponíveis no simulador.
02	<ol style="list-style-type: none">1. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre o funcionamento de outros componentes do circuito;2. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre as grandezas físicas concernentes ao circuito evidenciando que a mudança em um ponto do circuito afeta o comportamento em todos os outros pontos.3. Utilizar o princípio da conservação da carga elétrica para introduzir o conceito de associação de componentes em série.
03	<ol style="list-style-type: none">1. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre o funcionamento de outros componentes do circuito;

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre as grandezas físicas concernentes ao circuito evidenciando que a mudança em um ponto do circuito afeta o comportamento em todos os outros pontos. 3. Utilizar o princípio da conservação da carga elétrica para introduzir o conceito de associação de componentes em paralelo.
04	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explorar o fato de que a corrente elétrica não é uma propriedade exclusiva do gerador; 2. Explorar o conceito de curto circuito.
05	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explorar o princípio de conservação da carga elétrica que flui pelo circuito em contraste com a concepção alternativa de que a corrente elétrica é consumida ao passar por um dispositivo.
06	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explorar o princípio de circuito.
07	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explorar o funcionamento de lâmpadas associadas em série e em paralelo, através da análise do visual do brilho relativo.

Fonte: Os Autores

4.4.3. Parte III – Sistematizando os conceitos com Atividades Teóricas e Experimentais

A terceira parte da SD busca sistematizar e organizar os conceitos trabalhados na Parte II abordando o conteúdo em três etapas concatenadas: formalização teórica acerca das propriedades físicas em circuito simples. montagem experimental com medições das grandezas físicas de interesse e simulação e exploração dos circuitos montados experimentalmente.

Na discussão teórica é feita uma apresentação sobre os tipos de circuitos elétricos classificados de acordo com a forma de conexão dos

elementos do circuito (em série, paralelo e misto) usando como referência o livro texto. Nesta etapa também é feita uma apresentação e discussão das equações necessárias para determinar a distribuição de corrente elétrica e a tensão elétrica nos elementos para cada tipo de associação, traçando comparações com as atividades de simulação.

Neste trabalho a ênfase foi dada às propriedades elétricas que se manifestam em circuito simples de corrente contínua, em especial naqueles onde os elementos resistivos aparecem associados em série, em paralelo em ou associações mistas, ou seja, com ramos em série e outros ramos em paralelo. Para fins de completeza, na próxima Seção apresentamos um breve resumo sobre as principais propriedades destes circuitos que podem ser exploradas com o Produto Educacional aqui apresentado.

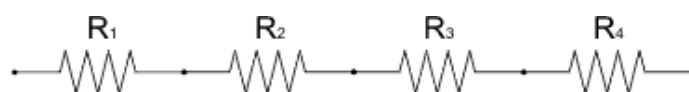
4.4.4. Teoria Básica das associações de resistores

4.4.4.1. Associação de Resistores em Série

Um resistor é um dispositivo que possui dois terminais. Embora não tenha polaridade definida, por motivo de simplicidade podemos dizer que possui em terminal de entrada de corrente elétrica e um terminal de saída, pelo qual a corrente deixa o dispositivo após percorrê-lo.

Em uma associação de resistores em série, o terminal de saída de um resistor é conectado ao terminal de entrada do resistor seguinte, conforme mostrado na Figura 3. Deste modo, a corrente elétrica que entra no primeiro resistor da associação deve percorrer todo o ramo até sair pelo terminal de saída do último resistor, ou seja, neste ramo, há apenas um caminho possível para que a corrente elétrica flua.

Figura 3 – Associação de resistores em série.



Como existe apenas um caminho para a passagem da corrente, o princípio da conservação da carga elétrica exige que a intensidade da corrente

seja a mesma em todos os resistores que compõem a associação. Assim, seja U_i a tensão elétrica entre os terminais do resistor R_i e i a intensidade da corrente elétrica que percorre a associação. A relação entre estas três grandezas é dada por

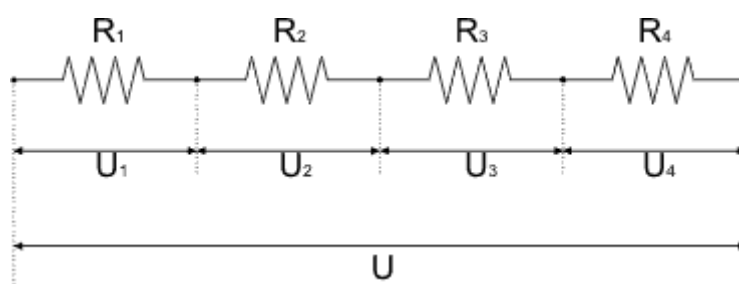
$$U_i = R_i i.$$

Da mesma forma, seja U_T a tensão elétrica entre os terminais de entrada e saída de uma associação de n resistores e R_T a resistência elétrica total da associação, a relação entre as três grandezas é dada por

$$U_T = R_T i$$

e, como U_T deve ser $U_T = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ então $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Conexão em série de resistências, especificando queda de tensão.



Como o Produto explora a componente visual associada ao brilho, de lâmpadas incandescentes, é instrutivo também discutir o conceito de potência dissipada no resistor, salientando que, quanto maior a potência dissipada pelo resistor da lâmpada, maior o brilho, ou seja, a transformação de energia elétrica em outra forma de energia diretamente proporcional à potência dissipada no elemento em estudo.

A Potência Elétrica é expressa da taxa de conversão de energia elétrica em outras formas de energia e pode ser dada por

$$P_i = U_i i_i$$

onde P_i é a elétrica dissipada pelo i -ésimo dispositivo, quando está submetido a uma tensão elétrica U_i entre seus terminais de entrada e saída enquanto é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i .

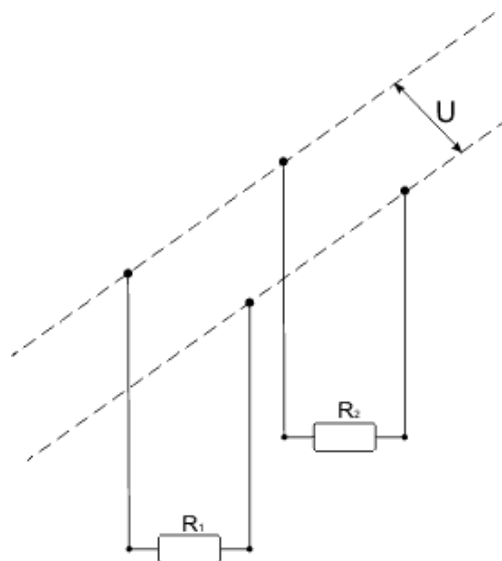
Com isso, no Produto, pode-se explorar:

- A variação da potência mantendo-se a corrente elétrica de intensidade i fixa e variando a tensão elétrica;
- A variação da potência mantendo-se a tensão elétrica e variando a corrente.

4.4.4.2. Associação de Resistores em Paralelo

Em uma associação de resistores em paralelo, o terminal de saída de um resistor é conectado ao terminal de saída de outro resistor enquanto o terminal de entrada do primeiro resistor é conectado ao terminal de entrada do outro resistor formando um arranjo com terminais comuns aos dois resistores, conforme mostrado na Figura 5. Deste modo, a corrente elétrica que chega na junção comum de terminais de entrada (que é chamada de nó) pode se dividir sendo que uma parte dessa corrente percorre um resistor enquanto a outra parte percorre o segundo resistor recompondo-se ao atingir o nó de terminais de saída.

Figura 5 – Associação de dois resistores em paralelo ilustrando as conexões entre seus terminais.



Um nó pode ser formado por um número n de junções de terminais, ou seja, uma combinação de n resistores, formando n caminhos que a corrente elétrica pode percorrer ao dividir-se em n partes. De todo modo, o princípio da conservação da carga elétrica exige que a intensidade da corrente seja a mesma ao recompor-se no nó de saída da associação. Assim, seja U_i a tensão elétrica entre os terminais do resistor R_i e i_i a intensidade da corrente elétrica que percorre a este resistor. A relação entre estas três grandezas é dada por

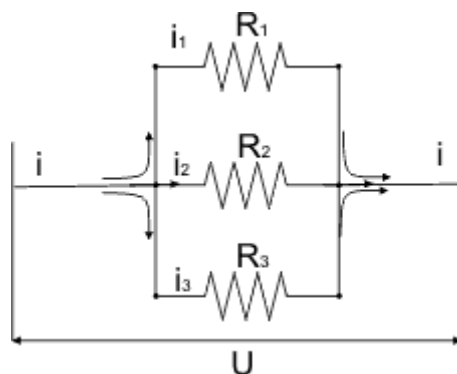
$$U_i = R_i i_i.$$

Como os terminais de entrada e saída da associação são comuns a todos os resistores, a tensão elétrica U_T entre os terminais de entrada e saída da associação de n resistores em paralelo coincide com U_i e, sendo R_T a resistência elétrica total da associação, a relação entre as três grandezas é dada por

$$U_T = R_T i$$

na qual i deve ser $i = i_1 + i_2 + \dots + i_n$, o que leva a $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6– Conexão em paralelo de resistores a tensão e o comportamento da corrente nas junções



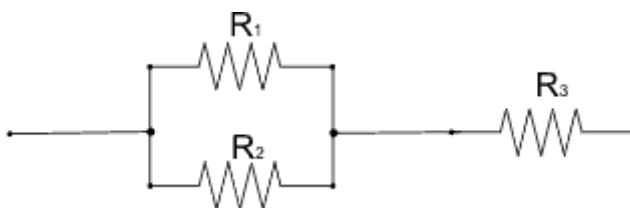
Como o Produto explora a componente visual associada ao brilho, de lâmpadas incandescentes, é instrutivo também discutir o conceito de potência dissipada nos resistores de deste tipo de associação, salientando que, quanto maior a potência dissipada pelo resistor da lâmpada, maior o brilho, ou seja, a

transformação de energia elétrica em outra forma de energia diretamente proporcional à potência dissipada no elemento em estudo aplicando-se os mesmos conceitos citados anteriormente.

4.4.4.3. Associação de Mista de Resistores

Na associação de resistores, pode-se reconhecer combinações internas identificando subcombinações em série ou em paralelo, como ilustrado na Figura 7, na qual temos claramente uma associação em paralelo de dois resistores a qual está ligada em série com um terceiro resistor, resultando em uma combinação mista em um mesmo circuito.

Figura 7 – Conexão mista de resistências.



Neste caso, ao identificar as diferentes combinações, suas propriedades podem ser investigadas aplicando os conhecimentos sobre circuitos série e paralelo em cada uma das combinações, até que todo o circuito tenha sido avaliado.

Desta forma, após discutir os princípios teóricos fundamentais, podemos retornar para a descrição da aplicação do PE, lembrando que na atual etapa da aplicação etapa também são feitos exercícios de análise de circuitos, com ênfase na tensão elétrica nos elementos do circuito e na intensidade da corrente que circula.

A análise teórica feita deve também incluir a discussão sobre a potência fornecida ou consumida pelos elementos do circuito. A discussão da potência deve enfatizar dois pontos principais: o princípio da conservação da energia e a relação entre a potência dissipada e o brilho de uma lâmpada incandescente.

A etapa de montagem de circuitos elétricos tem por objetivo que os alunos trabalhem em duplas, sendo que cada dupla monte um circuito, obtenha medidas das grandezas de interesse (corrente e tensão elétrica nos elementos) e apresente os resultados na forma de um relatório. Segue abaixo material utilizado para montar o circuito.

Quadro 5- Material utilizado para montagem do circuito

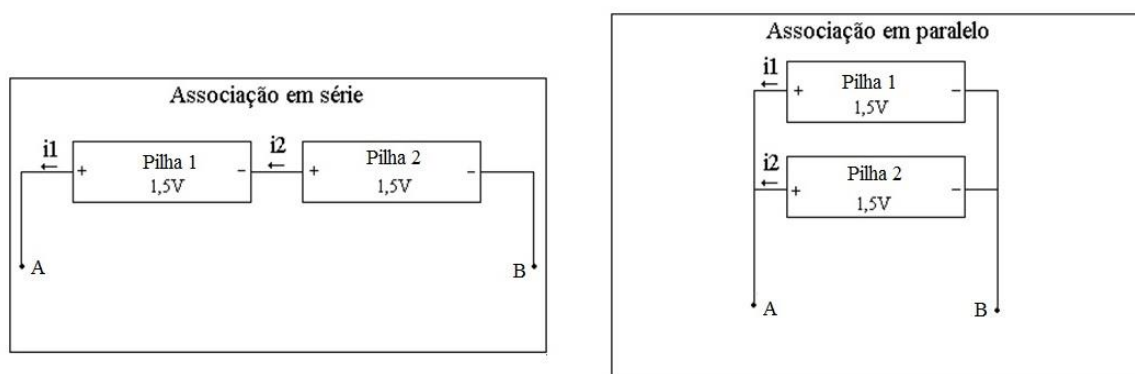
Item	Observações
Pedaço de fio condutor	Fios condutores para conexão.
Pilhas	2 pilhas comuns, de 1,5 V cada.
Lâmpada de lanterna	Recomenda-se lâmpadas incandescentes de 3V.
Fita adesiva	Fita adesiva para fixação dos elementos
Aparelho multitestete	Aparelho digital para medida de corrente e tensão elétrica.

Fonte: Os Autores

Os alunos receberam instruções sobre o procedimento de montagem de circuito em série e em paralelo bem como orientações de utilização de um aparelho multitestete para medidas de tensão e corrente elétrica nos elementos do circuito.

Além da associação de lâmpadas em série em paralelo, os alunos foram instruídos a testar a associação de pilhas em série e em paralelo, e observar o efeito sobre a corrente elétrica e tensão elétrica nos dispositivos. A Figura 3 mostra o esquema sugerido aos alunos, com associação de pilhas em série e em paralelo.

Figura 8 – Diagrama esquemático para o circuitos montados na atividade de laboratório.



Fonte: Autores

Diferentes circuitos podem ser construídos conectando ramos de circuito entre os pontos A e B indicados na Figura. Neste caso, sugere-se que sejam conectados entre os pontos A e B ramos de circuito formados por:

- Uma lâmpada;
- Duas lâmpadas associadas em série;
- Duas lâmpadas associadas em paralelo;

Após a montagem de cada circuito é feita a introdução das medidas das grandezas de interesse, no caso a tensão elétrica entre os terminais das lâmpadas e a corrente elétrica que flui através da lâmpada.

OBS: Ressalta-se neste ponto que a introdução à utilização de instrumentos de medida pode ter sido feita durante a fase de simulação de circuitos de forma que pode ser feita uma revisão das formas de conexão dos instrumentos ao circuito e aos cuidados com a escolhas das escalas adequadas para a execução das medidas.

Após a efetuação das medidas retoma-se a análise dos circuitos com base nos coletados com ênfase:

- Na distribuição da corrente elétrica nos elementos do circuito;
- Na distribuição de tensão entre os terminais dos elementos do circuito;

- Na relação entre a potência dissipada e o brilho das lâmpadas.

Para a terceira etapa sugere-se o retorno ao simulador, com a exploração dos circuitos montados na atividade prática a partir das simulações. Nesta etapa aspectos não explorados na prática podem ser testados de forma que o aluno possa, a partir de um circuito conhecido, propor e testar suas próprias hipóteses acerca do funcionamento do circuito ou elaborar e analisar circuitos mais complexos.

No próximo Capítulo apresentamos uma descrição narrativa da aplicação do Produto Educacional em um ambiente real de sala de aula. Neste caso, o PE foi aplicado junto a uma turma composta de 13 alunos do 3^o Ano do Ensino Médio, do Colégio Estadual Tiradentes, Município de Itaipulândia – Pr.

5. A APLICAÇÃO DO PRODUTO EM SALA DE AULA

Conforme citamos no Capítulo anterior, para aplicação piloto desta SD, escolhemos a uma turma do 3^o Ano, do Colégio Estadual Tiradentes, localizado no distrito de São José do Itavó – Município de Itaipulândia – Pr. As atividades do PE foram desenvolvidas no segundo semestre de 2018 e contou com a participação de 13 alunos.

Neste Capítulo apresentamos uma descrição da aplicação do PE elaborado, ilustrando com alguns dados coletados da produção dos alunos durante o processo de aplicação da sequência didática. Não é nossa intenção mensurar o aprendizado ou o grau de evolução conceitual atingido pelos alunos participantes, mas mostrar como o PE pode ser aplicado.

5.1. Parte I - Aplicação do Teste SMAR

De acordo com a proposta do PE, a primeira atividade foi a aplicação do questionário para levantamento de conhecimentos prévios. Neste caso o SMAR foi entregue impresso e cada aluno respondeu as questões de forma individual, em qualquer tipo de consulta.

Os resultados obtidos através do questionário SMAR mostram que os alunos do terceiro ano da Colégio Estadual Tiradentes possuem muitas concepções com significados errôneos, sendo desta maneira, importante abordar o assunto ensinado aos alunos de maneira mais intensificada, esclarecendo dúvidas e contrapondo os erros advindos da concepção

O Quadro apresenta a quantidade de respostas assinaladas para cada questão, referente aos 13 alunos da turma do terceiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Tiradentes. No quadro, as respostas corretas estão sublinhadas e em negrito.

Quadro 6 – Respostas dos estudantes ao questionário SMAR

Questão	Quantidade de alternativas assinaladas		
01	A (2)	B (3)	<u>C (8)</u>
02	<u>A (9)</u>	B (1)	C (3)
03	A (5)	<u>B (5)</u>	C (3)
04	<u>A (4)</u>	B (5)	C (4)
05	A (5)	<u>B (5)</u>	C (3)
06	A (5)	<u>B (4)</u>	C (4)

Fonte: Os Autores

Podemos observar que nem uma das questões teve acerto de todos os alunos e que vários deles não possuem as concepções bem claras quanto ao conteúdo. Em geral, as respostas dadas pelos alunos enquadram-se nas concepções alternativas elencadas por Silveira, listada no Quadro 1.

Considerando este cenário, observamos que para trabalhar os conceitos sobre eletricidade, não podemos nos concentrar apenas nas respostas corretas apontadas pelos alunos no teste de avaliação de conhecimentos prévios. É necessário analisar a distribuição de respostas às questões, como apresentado no Quadro 6 e também proceder uma análise qualitativa sobre os erros cometidos, observando a recorrência em certos tipos de erros possam sugerir aspectos conceituais que precisam ser enfatizados. Isto é necessário pois são sobre estes subçunsores que as demais atividades do PE devem trabalhar.

Para exemplificar, podemos observar que na questão 01, as alternativas (a) e (b) são qualitativamente semelhantes no sentido que testam a noção de que a carga elétrica é consumida ao passar pelos dispositivos (no caso, as lâmpadas), sendo que a opção pela alternativa (a) ou (b) depende apenas do sentido atribuído à corrente elétrica ao longo do circuito. Verifica-se neste caso, que a opção (incorreta) por cada uma delas é equivalente na amostra. O conteúdo da questão 02 bem como a distribuição de alternativas assinaladas assemelha-se à questão 01, o que reforça a conclusão acerca dos eventuais erros cometidos. Ressalta-se ainda que, considerando a amostra das 06 questões, que apenas as questões 01 e 02 tiveram número de acertos superior ao da soma das alternativas incorretas.

5.2. Parte II - Revisitação do Teste SMAR com o uso do simulador

Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, foi realizada aula prática-computacional com os alunos, utilizando o simulador PhET. Nessa aula foram propostas as mesmas questões respondidas pelos alunos no teste de levantamento de conhecimentos prévios, mas nesse caso, as questões deveriam ser respondidas a partir das observações feitas a partir da simulação. Além da resposta à questão objetiva do questionário, foi solicitado aos alunos a manipulação da simulação para observar algumas grandezas sugeridas, conforme descrito no PE. Estas observações deveriam ser descritas, de forma qualitativa pelos alunos, através da solução de proposições descritivas. Assim, os alunos usaram o simulador do PhET para montar os circuitos sugeridos na questão, de acordo com as orientações recebidas por escrito e que estão descritas no PE.

Apresentamos a seguir uma descrição das observações dos alunos durante a execução da atividade:

- **Questão 1:** Quando montaram o circuito sugerido, os alunos facilmente visualizaram através do simulador PhET que a resposta correta é que as três lâmpadas possuem o mesmo brilho. Neste caso, lembramos que

tivemos 5 alunos que haviam respondido de forma errada sobre as lâmpadas.

- **Questão 2:** Quando montaram o circuito sugerido ficou claramente representado que o brilho das lâmpadas é o mesmo. Questionando os 4 alunos que haviam errado a questão no teste SMAr, estes comentaram da dificuldade de enxergar isso somente com a teoria, afirmando que quando o circuito é montado do simulador facilita a observação.
- **Questão 3:** Nesta questão os alunos conseguiram observar claramente que a lâmpada L2 brilha mais do que a L1, devido à resistência ligada em série com esta. No teste SMAr tivemos 8 erros nas respostas dos alunos. Quando questionados os mesmos declararam ainda não conseguirem explicar como a resistência podia diminuir a intensidade de brilho da lâmpada.
- **Questão 4:** Os alunos puderam observar no simulador que quando a chave está aberta as duas lâmpadas brilham igualmente e ao fechar a mesma a lâmpada conectada em paralelo com a chave desliga, devido à resistência pela chave ser menor. Questionando os alunos observamos que como houveram 9 erros a ideia de resistência ainda não está clara entre os alunos. Isto ressalta a importância de colocar em prática este conceito para esclarecer e tirar dúvidas. Para isso o simulador ajudou muito, pois os alunos observaram as mudanças no fluxo da corrente quando alteramos o circuito, fortalecendo o conceito de resistência e circuito. Com uso do simulador os alunos puderam observar como a lâmpada se comporta em diferentes casos.
- **Questão 5:** Neste caso referente os alunos notaram logo que independente da posição da resistência as lâmpadas possuem a mesma intensidade luminosa. Essa simulação fortaleceu o conceito de elementos em série no circuito entre os alunos, bem como contribuiu com a discussão sobre o (não) consumo de corrente pelos dispositivos.

- **Questão 6:** Quando começaram a realizar a simulação, os alunos logo lembraram do caso da questão 4 e comentaram que a lâmpada iria apagar, e confirmaram essa hipótese através da simulação. Apesar dos erros no questionário de conhecimento prévios, logo conseguiram identificar o que acontece no circuito, relacionando com situações similares já vistas. De forma simplificada, podemos dizer que esse é um indício de que houve uma aprendizagem significativa.

Nas respostas que os alunos apresentaram à parte qualitativa, é possível perceber que as observações feitas vão de encontro aos conceitos que a SD pretende abordar. Abaixo, citamos alguns exemplos destas descrições qualitativas.

Na questão 1, por exemplo, ao serem instigados a observar o circuito quando a tensão da fonte é aumentada, tivemos repostas como:

“Aumentou a circulação de corrente com o aumento da tensão. Colocando 100 Volts as lâmpadas brilham muito mais, os portadores de movimentam mais rápido. Ao inverter a polarização os portadores também mudam de sentido. As lâmpadas brilham como antes (mais com mais tensão).” ./

“Aumenta a corrente com o aumento da carga. As lâmpadas brilham mais, a corrente circula mais rápido. Ao inverter a polaridade a corrente muda de sentido, as lâmpadas brilham como antes, iguais.”

Na questão 2, para a qual as lâmpadas estão em série com um resistor, ao serem questionados sobre o efeito do aumento da resistência sobre os brilho das lâmpadas, tivemos repostas como:

“aumentando a resistência no circuito o brilho das lâmpadas diminui. A velocidade dos portadores diminui conforme for aumentando a resistência.”

“Com o aumento da resistência no circuito, as lâmpadas diminuem o brilho, a velocidade também diminui conforme for aumentando a resistência.”

Já na questão 3, para a qual as lâmpadas estão em paralelo entre si e uma delas está em série com um resistor, ao serem questionados sobre o efeito do aumento da resistência sobre o brilho das lâmpadas:

“Com o aumento da resistência o brilho diminui. No ramo da L2 os portadores vão mais devagar e a lâmpada brilha menos. No ramo onde não tem resistência os portadores vão o dobro mais rápido e a lâmpada brilha mais. Com o aumento de R os portadores são mais lentos.”

“A lâmpada L2 tem o brilho diminuído conforme fomos aumentando a resistência. Os portadores vão mais devagar e a lâmpada no ramo onde não tem resistência brilha mais.”

Na questão 4, para a qual as lâmpadas estão em série entre si e uma delas (L2) está em paralelo com um interruptor, ao serem questionados sobre o efeito do acionamento do interruptor sobre o brilho das lâmpadas:

“Os portadores não se movimentam onde tem a chave aberta. As lâmpadas brilham iguais. A lâmpada L2 apaga com a chave fechada. Os portadores passam pela chave e vão mais rápido. O brilho da lâmpada L1 aumenta e diminui conforme movimentamos a chave. L2 acende e apaga conforme abrimos e fechamos a chave.”

De maneira geral, as respostas dadas pelos alunos apresentam caráter essencialmente descritivo dos fenômenos observados durante a simulação. Neste sentido, nossas observações sobre o andamento das atividades indicam a necessidade da interferência do professor a fim de que essa descrição possa evoluir assumindo um caráter interpretativo, reforçando a interação deste conhecimento observacional com os conceitos relevante que se pretende ensinar. Ressaltamos que essa interferência, de acordo com o PE proposto, é mais intensa na parte III da Sequência didática, dedicada à sistematização dos conceitos.

5.3. Parte III – Sistematizando os conceitos com Atividades Teóricas e Experimentais

Nesta parte da SD buscou-se sistematizar e organizar os conceitos trabalhados na Parte II abordando o conteúdo em três etapas:

- Formalização teórica acerca das propriedades físicas em circuito simples;
- Montagem experimental com medições das grandezas físicas de interesse;
- Simulação e exploração dos circuitos montados experimentalmente.

Na discussão teórica foi feita uma apresentação sobre os tipos de circuitos elétricos classificados de acordo com a forma de conexão dos elementos do circuito (em série, paralelo e misto) usando como referência o livro texto e as atividades de simulação desenvolvidas anteriormente. Nesta etapa também foi feita a apresentação e discussão das equações necessárias para determinar a distribuição de corrente elétrica e a tensão elétrica nos elementos para cada tipo de associação, traçando comparações com as atividades de simulação. A discussão sobre potência enfatizou o princípio da conservação da energia e a relação entre a potência dissipada e o brilho de uma lâmpada incandescente. O tempo empregado para esta etapa foi de 02 aulas de 50 minutos.

Nesta etapa também foram propostos exercícios de análise de circuitos, com ênfase na tensão elétrica nos elementos do circuito e na intensidade da corrente que circula para que os alunos resolvessem.

Na etapa de montagem de circuitos elétricos os alunos trabalharam em duplas, montando o circuito proposto e fazendo as medidas das grandezas de interesse (corrente e tensão elétrica nos elementos).

Para a execução dessa etapa foram empregadas 03 aulas de 50 minutos.

Na terceira etapa utilizamos o simulador PhET para realizar e detalhar os circuitos elétricos, série, paralelo e misto trabalhados na parte experimental, realizando atividades equivalentes àquelas da montagem prática. Nesta etapa

os alunos também tiveram tempo para testar outras configurações de circuitos. O tempo empregado nesta etapa de foi 03 aulas de 50 minutos.

5.4. Considerações finais sobre a aplicação do PE

A aplicação da sequência didática descrita no PE aqui apresentado ocorreu dentro do cronograma proposto, contando com a participação efetiva de 13 alunos do ensino médio do Colégio Estadual Tiradentes. Em geral, os alunos não tiveram dificuldades com a execução das atividades propostas. Nossa observação da execução das atividades sugere que o uso de computadores como um recurso auxiliar no ensino de física é uma alternativa válida que aproxima o ensino da teoria dos alunos, facilitando a aprendizagem de conceitos físicos. Para o professor, as simulações são uma maneira de deixar suas aulas mais dinâmicas, de modo que é possível aprofundar os conteúdos trabalhados na sala de aula.

Na turma do terceiro ano do Colégio Estadual Tiradentes podemos notar grande diferença na motivação dos alunos. Com isso podemos concluir que a utilização de simuladores contribui para o aprendizado dentro da sala de aula ao menos pelo aspecto motivacional. Desta forma, considerando que existem muitos simuladores gratuitos na internet, o uso deste tipo de ferramenta como auxiliar ao estudo deve ser cada vez mais incentivada pelos professores. A introdução de softwares de uso intuitivo como o PhET facilita a manipulação dos alunos e amplia o seu interesse nos conteúdos abordados. Durante a execução das atividades pudemos notar que diversas dúvidas que os alunos apresentavam quando preencheram o questionário de levantamento de conhecimentos prévios foram resolvidas, e que a interação com a tecnologia trouxe uma facilidade maior para o entendimento, pois os alunos observaram na simulação o que acontecia nos circuitos e, ao realizar as simulações puderam verificar as diferenças entres os diferentes tipos de circuitos. A execução de atividades laboratoriais permitiu conectar a teoria com situações práticas realizadas, facilitando a compreensão dos conceitos e suas aplicações no cotidiano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que a aplicação da sequência didática, dentro das 8 aulas propostas, contribui para promover uma aprendizagem significativa. Os resultados obtidos com os instrumentos de coleta de dados sugerem que o uso de computadores como um recurso auxiliar no ensino de física é uma alternativa válida que aproxima o ensino da teoria dos alunos, facilitando a aprendizagem de conceitos físicos. A utilização das novas tecnologias da informação e da comunicação na Educação provoca uma reflexão sobre o processo de ensino-aprendizagem atual. Encontrar alternativas para tornar as aulas de Física mais agradáveis e motivadoras, proporcionando assim uma melhor aprendizagem aos alunos, é um desafio constante para todos os professores dessa disciplina. A prática de um ensino estritamente restrito à sala de aula, centrado em um professor que se pressupõe o único dono do saber, está totalmente ultrapassado. Nos dias atuais, o conhecimento avança na direção de um processo aberto de aprendizagem em que grande parte dos atores envolvidos possui oportunidades semelhantes de acesso às informações disponíveis na rede informatizada de comunicações.

Nesse contexto, o objetivo da produção de materiais de suporte ao ensino como o Produto Educacional apresentado nesta dissertação é facilitar esse processo. Assim, neste trabalho foi apresentada uma proposta de sequência didática com ênfase na aplicação das novas tecnologias, e que ao mesmo tempo, parte das concepções ou dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Dentre as várias possibilidades de uso da informática no ensino de Física, optou-se pela utilização de simulações computacionais por acreditar que esta valoriza a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo que compreendam melhor os modelos físicos. A tarefa do professor como educador é ser um facilitador da aprendizagem e para isso poderá utilizar vários recursos e, entre eles as simulações têm se mostrado ferramentas poderosas. Os simuladores proporcionam um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento, melhorando o processo de aprendizagem. Contudo, ressaltamos que as simulações devem ser usadas como um recurso extra, à disposição do professor e nunca substituir

a prática experimental. Cabe aos professores unir as duas abordagens de ensino, conseguindo aprofundar melhor os conceitos teóricos em cada conteúdo. Devemos como professores, ter o bom senso de planejar e selecionar os assuntos abordados juntamente com as simulações com os quais vai trabalhar.

Para o professor, as simulações são uma maneira de deixar suas aulas mais atuais e motivadoras, de modo que é possível aprofundar os conteúdos trabalhados na sala de aula. Na turma do terceiro ano do Colégio Estadual Tiradentes, onde aplicamos o Produto Educacional desenvolvido, pudemos notar uma diferença significativa na atitude dos alunos frente às atividades, o que acreditamos que tenha forte influência no aprendizado do tema.

Por fim, esperamos que o uso do Produto Educacional apresentado possa ser útil a outros professores para que procedam a investigação de circuitos simples através de uma sequência didática cujo procedimento de execução seja facilmente realizado pelos alunos.

7. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, F. A. L. de, et al. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 40, n.3, e3406, 2018

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D.; e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução ao português, de Eva Nick *et al.*, da segunda edição de Educational psychology: a cognitive view. 623 p. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BORGES, R. M. R. Iniciação Científica nas séries iniciais. PAVÃO, A. C.; FREITAS, D.(org). **Quanta Ciência há no ensino de Ciências**. São Carlos: EduFSCar, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica*. Conselho Nacional da Educação. *Câmara Nacional de Educação Básica*. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica / Ministério da Educação**. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CRESPO, Miguel Ángel Gómez; POZO, Juan Ignacio. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências**: do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DORNELES, Pedro F. T; ARAÚJO, Ives S.; VEIT, Eliane A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte 1- circuitos elétricos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 487-496, (2006) Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/050704.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

FAZZIO, A., et al. **Física para um Brasil competitivo**: Estudo encomendado pela Capes visando maior inclusão da Física na vida do país. Brasília: Sociedade Brasileira de Física, (2007).Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaCapes.pdf> Acesso em 11/11/2018.

FERNANDES, E. **David Ausubel e a aprendizagem significativa**. Publicado em NOVA ESCOLA Edição 248, 01 de Dezembro de 2011.

FILATRO, A. **Teorias e abordagens pedagógicas**. São Paulo: Editora Senac Edição 1, 2018.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio Grande, v. 16, p.110-119,1994. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2016.

LABURÚ, Carlos Eduardo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.i], v. 26, n. 1, p.24-47, abr. 2009.

LEAL, T. F.; et al. Por que trabalhar com sequências didáticas? In: FERREIRA, A. T. B.; ROSA, E. C. S. (Orgs.). **O fazer cotidiano na sala de aula: a organização do trabalho pedagógico no ensino da língua materna**. Belo Horizonte: Autêntica, p. 147-174, 2012.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, (p.77-86). São Paulo: 2002.

MIRANDA, R. M.; BECHARA, M. J. Uso de simulações em disciplinas básicas de mecânica em um curso de licenciatura em física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. p. 1-12.

MIRANDA, M. S.; ARANTES, A. R.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, p. 1-10. 2011

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, ed. Ampliada. 2011

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

PhET, Projeto PhET Simulações Interativas, Universidade de Colorado Boulder, https://phet.colorado.edu/pt_BR/, Consultado em 2018.

SANTOS, J. dos N. **Ensinar Ciências**: reflexões sobre a prática pedagógica no contexto educacional. Blumenau: Nova Letra, 2011.

SHIPSTONE D. M. ,et al. A study of students' understanding of electricity in five European countries, **International Journal of Science Education**, 10:3, 303-316, 1988

SILVA, S. de C. R. da; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social . **Rev. Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

SOLANO, F. et al . **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 24, n. 4, p. 460-470, 2002 .

SILVEIRA F.L., MOREIRA M.A., AXT R, Validação de um teste para verificar se aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples, **Cienc. Cult.** 41, 1129 (1989).

SILVEIRA F.L. Um teste para verificar se o respondente possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples, *In Física no ensino médio: falhas e soluções*. Org: Rocha Filho, J. B. Porto Alegre : Edipucrs, p. 61-67, 2011

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *Revista online Ciência & Cognição*, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

VALENTE, J. A. **Informática na Educação**: uma questão técnica ou pedagógica? Pátio, Ano 3, No 9 (21-23). Porto Alegre: 1999.

VASCONCELOS, F. H. L. *et al.* A utilização de software educativo aplicado ao ensino de física com o uso da modelagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005. p. 1-4.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre, Artmed, 1998.

ZOMPERO, A. de F; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Rev. Ensaio | Belo Horizonte | v.12 | n.03 | p.31-40 | set-dez | 2010.**

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.