



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS ACADÊMICO DO AGRESTE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA – PROFIS – CAA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

Valter Rocha da Silva

Sequência Didática com Tábua de Circuitos Elétricos

Caruaru
2017

VALTER ROCHA DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM TÁBUA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodrigues

Caruaru

2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva CRB/4 - 1223

S586s Silva, Valter Rocha da.
Sequência didática com tábua de circuitos elétricos. / Valter Rocha da Silva. – 2017.
131 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Ernesto Arcenio Valdés Rodrigues.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, 2017.
Inclui Referências.

1. Eletrodinâmica. 2. Física (Ensino médio). 3. Simulação (Computadores) (PE).
4. Didática (Ensino médio). 5. Circuitos elétricos. I. Valdés Rodrigues, Ernesto Arcenio
(Orientador). II. Título.

371.12 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2017-478)

VALTER ROCHA DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM TÁBUA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Aprovada em: 04/12/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodrigues (orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas (examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro Hugo de Figueirêdo (examinador externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha esposa, Ângela Raquel, e aos meus filhos Murilo e Isabelle.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, rendo graças a Deus, por ter me concedido o privilégio de findar esta importante etapa da minha vida profissional. Sem Ele, não haveria êxito nesta empreitada. Agradeço à minha esposa, Ângela Raquel, pela paciência que sempre teve comigo e pelo apoio nas horas mais difíceis.

Agradeço à SBF e à comissão de pós-graduação nacional do MNPEF por todo suporte dado, assim como não posso deixar de mencionar o corpo docente do MNPEF polo UFPE – Campus Caruaru, pela qualidade do curso ofertado e pelo apoio e incentivo ao longo de todo curso. Destaco, em nome de todos os demais docentes, meu orientador, o professor Dr. Ernesto Valdés, pelas importantes contribuições feitas, sem as quais, este trabalho não seria possível.

Agradeço aos colegas mestrandos, que comigo compartilharam muito conhecimento e experiência. Preciso também citar meus pais e irmãos, por sempre acreditarem em mim, bem como agradeço aos meus colegas de trabalho, pelo apoio irrestrito.

Finalmente, agradeço aos meus alunos, especialmente àqueles que tiveram participação direta neste trabalho, e que assim contribuíram significativamente para a realização do produto descrito ao longo destas linhas.

RESUMO

Esta dissertação tem como proposta observar as concepções prévias dos alunos do Ensino Médio acerca dos conceitos de algumas grandezas elétricas (resistência, corrente e potencial), bem como a maneira através da qual esses alunos ressignificam tais conceitos, a partir do uso combinado em sala de aula de um recurso da informática – simulação computacional para circuitos elétricos – e de um experimento físico real – tábua para montagem de circuitos elétricos. Um total de 20 (vinte) estudantes de uma turma de terceiro ano do Ensino Médio da Escola Agamenon Magalhães, na cidade de São Caitano – PE, participaram do projeto, e a partir das respostas dadas por eles nas diversas atividades propostas contidas no produto educacional, que é parte integrante desta dissertação, foram realizadas análises qualitativas e quantitativas. O produto educacional, semelhante a um manual de ensino dos conteúdos relacionados aos conceitos físicos já mencionados traz uma sequência didática onde são sugeridas diversas atividades para realização de uma abordagem pedagógica em sala de aula. Essa abordagem é caracterizada da apresentação do conteúdo feita pelo professor, por intermédio da oralidade, de textos e/ou imagens, exemplos e exercícios propostos. Em seguida, os mesmos conteúdos são trabalhados através do uso de uma simulação computacional PhET de circuitos elétricos e uma tábua de montagem de circuitos elétricos. A abordagem dos conteúdos com o uso de um experimento físico associado a uma simulação computacional equivalente, com tais ferramentas didáticas manipuladas pelos estudantes, permitiu-lhes compreender as relações entre as grandezas físicas, possibilitando aos mesmos buscar explicações acerca dos eventos experimentados, testar suas hipóteses e fazer previsões com base no que fora experienciado. A sequência didática proposta possui viabilidade de aplicação em sala de aula, uma vez que faz uso de materiais de baixo custo e fácil aquisição, além do que pode sofrer adaptações, de acordo com as possibilidades e intenção pedagógica do professor que do produto educacional fizer uso.

Palavras-chave: Eletricidade. Ensino médio. Experimento. Simulação computacional.

ABSTRACT

This dissertation has proposition view the previous conceptions from the high school students around some electric quantities concepts (electrical resistance, electric current, electric potential), as well as to know the way these students resignify such concepts, from a combined use in the classroom of an informatics resource – computer simulation for electric circuits – with a real physical experiment – the wooden board for electric circuits mounting. Twenty students in total from a classroom of the last year from Agamenon Magalhães High School, in São Caitano – PE, participated of the project, and from the answers given for the students in the proposed activities collected in the educational product, that it's part of this dissertation, were made qualitative and quantitative analysis. The educational product, similar to a teaching manual of the contents associated to the physics concepts already mentioned bring a didactic sequence where a variety of activities are suggested to do an pedagogic approach in the classroom. This approach is characterized for the content presentation by the teacher, in a oral way, using texts or images, examples and proposed exercises. In succession, the same contents are done through the use of a PhET computer simulation of electric circuits and a wooden board for electric circuits mounting. The contents' approach using a physics experiment associated with a equivalent computer simulation, with these didactic tools handled by students, allowed them to realize the relation between the physics quantities, enabling the students to seek explanations about the experimented events, to prove their hypothesis and to make forecasts based in the experiments. The proposed didactic sequence has feasibility of application in the classroom, once it use low cost and easy acquisition material, beyond it can be adapted, according to the possibilities and pedagogic intention of the teacher that use the educational product.

Keywords: Electricity. High school. Experiment. Computer simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bateria de limões.	36
Figura 2	Iluminação por dínamo.	36
Figura 3	Aspecto da tela do Educandus.	37
Figura 4	Aspecto da tela do software <i>Crocodile Clips</i> .	38
Figura 5	Aspecto da tela do simulador para circuitos elétricos PhET.	39
Figura 6	Protótipo da tábua de montagem de circuitos elétricos.	40
Figura 7	Tábua para montagem de circuitos elétricos e lâmpadas.	41
Figura 8	Conjunto de pilhas e Recarregador de celular.	41
Figura 9	Ilustração esquemática da tábua.	46
Figura 10	Estudantes manipulando a tábua de circuitos.	46
Figura 11	Tela inicial do <i>KCC</i> – “Kit de Construção de Circuitos”.	48
Figura 12	Ferramentas soltas na área principal do simulador.	49
Figura 13	Circuitos no simulador PhET.	50
Figura 14	Amperímetro.	51
Figura 15	Voltímetro.	51
Figura 16	Multímetro digital.	52
Figura 17	Medida de tensão e corrente elétrica.	52
Figura 18	Multímetro pronto para medir ddp.	53
Figura 19	Circuito em série e medida de ddp da fonte.	54
Figura 20	Medidas de voltagem das lâmpadas.	54
Figura 21	Multímetro pronto para medir corrente.	55
Figura 22	Medida de corrente de circuito em série.	55
Figura 23	Circuito em série no simulador.	56
Figura 24	Esquema.	56
Figura 25	Medições de ddp em circuitos em série com 2 lâmpadas.	58
Figura 26	Circuito em paralelo no <i>KCC</i> .	60
Figura 27	Esquema.	60
Figura 28	Medidas elétricas de circuito em paralelo no <i>KCC</i> .	61
Figura 29	Circuito com resistor.	65
Figura 30	Gráfico de condutor ôhmico.	65
Figura 31	Circuito em série.	66
Figura 32	Circuito em paralelo	66

LISTA DE GRÁFICOS

(Respostas dadas pelos estudantes nas atividades propostas)

Gráfico 1	Fontes de tensão mais eficientes.	70
Gráfico 2	Percepção de diferentes luminosidades.	70
Gráfico 3	Dispositivos com maior luminosidade.	70
Gráfico 4	Motivo da diferença de luminosidade.	71
Gráfico 5	Efeito das ligações em série.	71
Gráfico 6	Motivo da redução da luminosidade.	71
Gráfico 7	Efeito das ligações em paralelo.	72
Gráfico 8	Motivo da maior luminosidade nos dispositivos.	72
Gráfico 9	Relação entre a luminosidade da lâmpada e a tensão da bateria.	72
Gráfico 10	Circunstâncias onde ocorreu maior luminosidade.	72
Gráfico 11	Motivos da redução de luminosidade.	73
Gráfico 12	Consequências das associações em paralelo.	73
Gráfico 13	Motivo da maior luminosidade do circuito em paralelo.	73
Gráfico 14	Ajuda da tábua na aprendizagem dos alunos.	75
Gráfico 15	Ajuda do KCC na aprendizagem dos alunos.	75
Gráfico 16	Facilidade na operação da tábua.	76
Gráfico 17	Facilidade na operação do KCC.	76
Gráfico 18	Nível de compreensão com o uso da tábua.	76
Gráfico 19	Nível de compreensão com o uso do KCC.	76
Gráfico 20	Plataforma que mais ajudou na aprendizagem.	77
Gráfico 21	Nível de satisfação do produto educacional.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Histórico do IDEB de Pernambuco.	35
Tabela 2	Resultados da Atividade de verificação de aprendizagem 1.	74
Tabela 3	Resultados da Atividade de verificação de aprendizagem 2.	74
Tabela 4	Consolidação dos resultados da atividade “Compartilhando significados”.	75

LISTA DE SÍMBOLOS



Fios condutores



Fonte de tensão



Resistor



Amperímetro



Ponto de contato (prego)



Lâmpada



Interruptor



Voltímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física	21
2.1.1	Aprendizagem Significativa de Ausubel	22
2.1.2	Novak e a Aprendizagem Significativa	24
2.1.3	Gowin e o Compartilhamento de Significados	25
2.2	Experimentação no Ensino da Física	27
2.3	Simulações no Ensino da Física	29
2.4	Eletrodinâmica por experimento e simulação	31
3	DESENVOLVENDO O PRODUTO EDUCACIONAL	34
3.1	Público Alvo e Local da Pesquisa	34
3.2	Desenvolvimento do Produto Educacional	36
3.3	Crítérios Estruturantes da Aplicação do Produto	41
3.4	Aplicação do Produto Educacional	43
3.4.1	Conhecendo a Tábua de Montagem de Circuitos Elétricos	44
3.4.2	Conhecendo o KCC (Kit de Construção de Circuitos DC)	47
3.4.3	Realização de Medidas com o Multímetro: do Virtual ao Real	50
3.4.4	Circuitos Elétricos em Série	56
3.4.5	Circuitos Elétricos em Paralelo	60
3.4.6	Finalização das Atividades	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.1	Dados estatísticos	69
4.1.1	Investigando os fenômenos – 1	69
4.1.2	Investigando os fenômenos – 2	72
4.1.3	Atividade de verificação de aprendizagem – 1	74
4.1.4	Atividade de verificação de aprendizagem – 2	74
4.1.5	Compartilhando os significados	75
4.1.6	Avaliando o produto educacional	75
4.2	Análise dos resultados	77

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
5.1	Propostas e perspectivas futuras	80
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICE A – O PRODUTO EDUCACIONAL	86

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência capaz de explicar o *modus operandi* de diversos mecanismos da natureza, e por isso mesmo suas leis e teorias são imprescindíveis à revolução tecnológica crescente que acompanhamos. Esses fatores já seriam suficientes para justificar a presença da Física no ensino médio, entretanto, essa é uma das disciplinas mais temidas pelos estudantes, cujo índice de reprovações é geralmente elevado, o que faz com que a maioria dos estudantes não goste de estudá-la. As Orientações Educacionais Complementares aos PCNEM¹, conhecidas como PCN+, apresentam a Física como um conjunto de competências que permitem aos sujeitos a perceber e lidar com fenômenos naturais e tecnológicos presentes no nosso cotidiano (BRASIL, 2002, p. 56).

Para melhor compreendermos as dificuldades inerentes ao ensino da Física, assim como as possibilidades diante do quadro exposto, devemos levar em conta o comportamento da sociedade no mundo contemporâneo, que é altamente influenciado pelas tecnologias de informação e comunicação (TICs), tão usadas pelos jovens. Tais formas de comunicação, caracterizadas pelo uso de imagens, vídeos, troca de informações em tempo real à distância, são bem mais atrativas do que as aulas tradicionais – professor, quadro, giz. A dificuldade pode gerar uma alternativa. Medeiros (2002, p.77), assinala que nas últimas duas décadas, houve um enorme avanço na utilização da Informática na Educação e um avanço no seu potencial e na sua diversidade de usos.

À luz da revolução tecnológica proporcionada por estudos e pesquisas desenvolvidos na área da Física, bem como a evolução de algumas áreas de conhecimento desta ciência e a descoberta de novos fenômenos, indicam a necessidade de que o ensino de Física também evolua. O uso de antiquadas técnicas de ensino, como a simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, deve dar lugar à busca pela compreensão dos conceitos e fenômenos físicos. Desta forma, o uso de ferramentas das TICs e a realização

¹PCNEM ou Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

experimentos científicos de baixo custo configuram ações potencialmente eficazes para atingir esse objetivo.

O artigo 35 da LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), de 1996, aponta algumas das finalidades dos cursos de Ensino Médio, das quais destacamos neste momento aquela que trata da compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, cuja necessidade dentro de cada disciplina é estabelecer um relacionamento entre teoria e prática. Considerando este fato, não se concebe um ensino de Física onde não seja evidenciada a correlação dos conteúdos curriculares vivenciados com o cotidiano ou o mundo à nossa volta. Assim, um curso de Física para o Ensino Médio precisa oportunizar aos estudantes reflexões acerca do papel social da ciência, em particular o da Física, a fim de que se desenvolva nestes estudantes um pensamento crítico e a capacidade de pesquisar de forma independente.

O desenvolvimento de um trabalho que torne o ensino da física prazeroso, eficaz e significativo, no que diz respeito ao aprendizado dos estudantes, requer dos professores, além do conhecimento do conteúdo partilhado, criatividade na realização de atividades experimentais associadas ao conteúdo formal. Com isso em mente, mesmo que a escola não possua laboratório de física (ou se possuir, que este seja precário ou com poucas ferramentas de trabalho) é possível fazer uso de materiais de fácil aquisição e de baixo custo para incrementar as aulas experimentais de física no ensino médio. Além disso, o uso das TICs em sala de aula pode trazer significativa contribuição para o ensino da Física, haja vista que os jovens em sua maioria dominam o uso dessas plataformas midiáticas, tais como computadores, smartphones e tablets. Há diversos softwares de simulação e animação, bem como aplicativos para smartphones, com cunho educativo, que podem ser baixados gratuitamente da Internet. A utilização dessas tecnologias da informação e comunicação pelos alunos no ambiente escolar tem gerado muita discussão bem como tem servido de objeto de estudo para os educadores, que em boa parte, defendem o uso dessas TICs com propósito educativo (PIRES e VEIT, 2006, p.241).

O uso desses softwares em sala de aula tem se mostrado de grande valia para os professores, uma vez que eles permitem a integração dos conteúdos

escolares com as plataformas digitais, tão familiares aos jovens. Essa interatividade é capaz de contribuir significativamente com o processo de ensino-aprendizagem. Não obstante a isso, a presença de softwares no ensino de física está cada vez mais consolidada, mesmo porque novas tecnologias, informação e telecomunicações são objetos de estudo da física.

Posto isto, o presente trabalho propõe uma sequência didática que permite compreender conceitos pertencentes ao conteúdo de eletrodinâmica, utilizando de forma associada nas aulas, uma atividade experimental e/ou uma atividade apoiada em uma simulação computacional. O produto educacional resultante deste trabalho apresenta uma série de atividades associadas ao conteúdo de eletrodinâmica, que é estudada comumente no terceiro ano do ensino médio, nas quais são utilizadas uma tábua de madeira para montagem de circuitos elétricos e uma simulação computacional PhET (Physics Education Technology Project), disponibilizada gratuitamente na internet pela Universidade do Colorado, que simula virtualmente montagens de circuitos elétricos. Assim, é possível montar circuitos elétricos usando uma fonte de tensão contínua (pilhas, baterias ou um carregador de bateria de celular) e pequenas lâmpadas, tendo como plataforma de montagem a tábua de madeira, e simular virtualmente a mesma montagem realizada na plataforma real.

Vale salientar que a proposta do produto educacional a ser descrito nas próximas linhas, que tem como tarefa a montagem de circuitos elétricos, é toda realizada pelos próprios estudantes, tanto na plataforma de madeira como na simulação computacional. Desta forma, os estudantes tornam-se protagonistas na construção do seu próprio conhecimento, sendo seu professor um facilitador, responsável por mediar a relação entre os alunos e o material educativo, mediante o uso das ferramentas supracitadas.

O panorama deste trabalho é apresentado da seguinte forma, dividido ao longo de 6 partes:

CAPÍTULO 1: Apresenta de forma sucinta as motivações e organização deste trabalho.

CAPÍTULO 2: Traz o referencial teórico, que dá suporte ao desenvolvimento deste trabalho. Neste capítulo, será apresentada uma visão geral do ensino da Física no ensino médio, bem como algumas teorias de

aprendizagem, questões voltadas ao currículo, ao ensino por experimentação e por simulação.

CAPÍTULO 3: Neste capítulo, é apresentada a metodologia empregada na pesquisa. Aqui surgem os atores envolvidos, o ambiente em que ocorre o estudo, o desenvolvimento e aplicação do produto educacional, além de minuciosa descrição dos métodos aplicados na realização da pesquisa e na aplicação do produto.

CAPÍTULO 4: Apresenta os resultados oriundos da aplicação do produto educacional no ambiente escolar, bem como análise qualitativa e quantitativa de tais resultados.

CAPÍTULO 5: Neste capítulo, são relatadas as conclusões do estudo, as contribuições observadas e as novas possibilidades e perspectivas.

APÊNDICE A: Traz o produto educacional, desenvolvido ao longo do curso do Mestrado.

Desta forma, nossa expectativa é que este trabalho alcance o seu objetivo, que é analisar as contribuições trazidas pelo uso das ferramentas aqui descritas, e que o produto educacional aqui desenvolvido torne-se uma ferramenta pedagógica útil para os professores de Física e para uma aprendizagem significativa dos seus estudantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Ensino da Física tem sido constituído ao longo dos últimos anos em um vasto campo de pesquisa, afinal, elementos ou assuntos geradores de uma discussão e debate mais aprofundados nessa área não faltam. As dificuldades enfrentadas pelos professores de Física em suas atividades de docência têm diversas fontes, dentre as quais, podemos citar, as deficiências na sua formação acadêmica, formação específica em outra área que não a Física, infraestrutura escolar precária, ausência de materiais básicos para o desenvolvimento das práticas pedagógicas, inexistência de laboratórios de física nas escolas, deficiências dos estudantes em sua formação básica e que acarretam dificuldades na aprendizagem de Física, indisciplina dos estudantes, e tantos outros fatores que podem ser considerados como a razão do fracasso no ensino da Física.

Na busca por elementos que expliquem como superar as dificuldades inerentes ao processo de ensino-aprendizagem em Física, os pesquisadores têm enveredado na investigação dos currículos, na transposição didática, nos procedimentos metodológicos empregados em situações didáticas, nos ambientes onde ocorre o processo de ensino-aprendizagem, na relação entre os personagens professor, aluno e materiais educativos, dentre outros fatores presentes nos ambientes onde ocorrem ensino e aprendizagem em Física.

As dificuldades e problemas que afetam o sistema de ensino em geral e particularmente o ensino de Física não são recentes e têm sido diagnosticados há muitos anos, levando diferentes grupos de estudiosos e pesquisadores a refletirem sobre suas causas e conseqüências (ARAÚJO & ABIB, 2003, p.176).

Compreender como se relacionam ensino e aprendizagem é uma premissa da didática que nos permite, de acordo com Moura (2001, *apud* CARVALHO, 2009), organizar o ensino a fim de que se melhore a aprendizagem. Carvalho (2009) nos diz que, na ação docente, é preciso incorporar a produção dos últimos 50 anos, realizadas no âmbito da aprendizagem, sobretudo àquelas que tratam de história e filosofia das ciências, cujo potencial de melhorar a compreensão dos conteúdos científicos, auxiliando no ensino e em sua aprendizagem, é bastante significativo.

O conteúdo a ser ensinado é uma vertente que merece ser destacada. Responder à clássica pergunta, “*para que serve esse assunto?*”, feita por muitos estudantes, deveria ser fácil de ser respondida. No entanto, muitos professores não se sentem seguros em respondê-las, seja por que não tiveram uma adequada formação, seja pela forma como o conteúdo é apresentado, através dos livros didáticos e/ou outros instrumentos. De acordo com Carvalho (2009), atualmente o ensino necessita conjugar, de maneira harmoniosa, as dimensões conceitual, formativa e cultural da aprendizagem disciplinar. A passagem da concepção de ensino de ciência pura para a concepção de Ciências/Tecnologia e Sociedade se dá pela influência que a dimensão conceitual sofre das mudanças culturais da sociedade (SANTOS, 2001 e GIL, et al., 2002, *apud* CARVALHO, 2009). Ainda dessa reconceptualização do ensino de Ciências, não mais se admite transmitir o conhecimento de uma ciência “fechada”, com conteúdos prontos e acabada (LEDERMAN, 1992, KHALICK e LEDERMAN, 2000, *apud* CARVALHO, 2009). Nesta perspectiva, foi incorporado ao ensino de Ciências o conceito de aculturação científica em detrimento à acumulação de conteúdos científicos com perfil enciclopedista (MATTHEWS, 1994, *apud* CARVALHO, 2009).

Carvalho (2009, p. 3) destaca que:

Um ensino que vise à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de apreenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista, transmitindo uma visão fechada das ciências.

A partir da concepção do ensino de Ciências com vistas para as dimensões conceitual, formativa e cultural, ainda surge a indagação: “*como ensinar?*”. Em decorrência da pergunta anterior, surge outra questão: “Há um método privilegiado?”. Para termos sinalizadas algumas respostas, precisamos visitar as principais escolas filosóficas que estruturaram a Didática das Ciências. No início do século XX, o *positivismo lógico* influenciou significativamente a Didática das Ciências, a partir da formalização de aspectos da natureza das ciências, acerca de suas idéias e senso comum, e que conseqüentemente, delinearam características do ensino das Ciências

(ADÚRIZ-BRAVO et. al., 2002). A supracitada escola filosófica das Ciências é demarcada por uma rigidez acentuada, no tocante à definição daquilo que faz parte da ciência. Podemos entender que, deste prisma, para os positivistas lógicos, há um abismo entre aquilo que pertence à ciência e aquilo que não pertence. Outra linha de pensamento filosófico, o *racionalismo crítico*, surge a partir de críticas ao positivismo lógico, a qual Carvalho (2009, p. 4) assim descreve:

Uma segunda época, dentro do desenvolvimento do pensamento filosófico, surge a partir das obras que marcaram uma crítica ao positivismo lógico, abarcando desde Bachelard, quando em 1938 publicou o livro *A formação do espírito científico*, e Popper com *Alógica das investigações científicas* em 1934, recebendo grande impacto com o livro de Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas* (1962), até a absorção aos finais dos anos 80, por parte da sociologia das ciências, do enfoque historicista iniciado por Kuhn. Essas linhas filosóficas influenciaram diretamente quase a totalidade das pesquisas em ensino de ciências feitas nas últimas décadas, as quais direcionaram para a busca de soluções para o problema da construção racional do conhecimento científico.

Posto isso, entretanto, não há garantia de que haja uma concepção filosófica que garanta uma construção racional do conhecimento científico em sala de aula, sem antes considerarmos três elementos importantes, além do currículo ou conhecimento científico a ser partilhado, e que ainda não foram destacados, a saber: o aluno, o professor e o meio social. Mais adiante, destacaremos como o trabalho de Ausubel e Novak busca integrar esses elementos que interagem entre si em todo evento educacional. Além disso, obras como a de Piaget, cujo protagonismo está no aluno, enquanto construtor do seu próprio conhecimento, atentam-nos da importância da continuidade e da evolução do processo de construção do conhecimento, que deram importantes ferramentas para o entendimento do processo de aprendizagem em sala de aula. Ademais, para Carvalho (2009), a descoberta de que os alunos trazem consigo uma bagagem de conhecimentos já estruturados abalou a didática tradicional, que considerava o aluno como uma *tabula rasa*.

Agora, reportemo-nos ao papel do professor. Cool (1996, *apud* CARVALHO, 2009) aborda a importância da intervenção do professor, através de uma proposta inovadora, que consiste em essência, da criação de condições adequadas para que a dinâmica interna seja orientada segundo as

intenções educativas. Assim, o papel do professor é crucial na implementação de uma proposta educativa com objetivos claros, ao que Carvalho (2009, p. 8) sinaliza:

A Didática e a prática de ensino são duas faces de uma mesma moeda, como o são o ensino e a aprendizagem. Nenhuma mudança educativa formal tem possibilidades de sucesso, se não conseguir assegurar a participação ativa do professor, ou seja, se, de sua parte, não houver vontade deliberada de aceitação e aplicação dessas novas propostas de ensino.

Dito isto, ficamos mais próximos de compreendermos satisfatoriamente o cerne dos problemas a serem enfrentados para o ensino das ciências. No ensino da Física ou qualquer outra ciência, não há como se conceber uma sequência didática padrão que não considere a relação que o currículo tem para com a metodologia, e o olhar do professor frente a estes aspectos e aos alunos.

2.1 Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física

As diversas teorias de aprendizagem são tentativas de interpretar ou compreender como se dá a aprendizagem. Essas formas de enxergar a área do conhecimento denominada aprendizagem podem ser entendidas como diferentes pontos de vista humanos, que buscam uma sistematização processual do modo de aquisição de informações e compreensão de como e porque ocorre a aprendizagem. Moreira (1999) explica que, embora diversas teorias sejam classificadas como teorias de aprendizagem, algumas delas, rigorosamente, não as são. Mesmo que tenham como tema central a aprendizagem, como a teoria piagetiana, a mesma trata-se na verdade de uma teoria do desenvolvimento cognitivo. Também de acordo com Moreira (1999), a teoria dos construtos pessoais de George Kelly, também acabou sendo rotulada como teoria da aprendizagem, ainda que o referido autor não considere essa categorização como um problema.

Moreira (1999, p. 13) dá-nos ainda uma definição de aprendizagem:

“De modo geral, todas essas definições de aprendizagem se referem à aprendizagem cognitiva, aquela que resulta do armazenamento

organizado de informações, de conhecimentos, na memória do que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. Costuma-se distingui-las das aprendizagens afetiva e psicomotora, embora algumas experiências afetivas sempre acompanham aprendizagens cognitivas e estas geralmente estejam envolvidas na aquisição de habilidades motoras. Quer dizer, a distinção é mais uma questão de foco: a aprendizagem cognitiva é a que focaliza a cognição, o ato de conhecer; a aprendizagem afetiva é a que trata mais de experiências tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade; a aprendizagem psicomotora se ocupa mais de respostas musculares adquiridas por meio de treino e prática.”

As teorias de aprendizagem são também categorizadas mediante filosofias ou visões de mundo, a saber:

- *Comportamentalista* (behaviorismo), que foca no aprendizado a partir da observação do comportamento do sujeito, incitado por estímulos externos;
- *Cognitivista* (construtivismo), que dá ênfase aos processos mentais, ao ato de conhecer, atribuir significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação. Ao passo que esse ato de conhecer se consolida através da construção e da (re)estruturação cognitiva do ser que aprende, temos que o construtivismo é uma posição filosófica cognitivista;
- *Humanista*, cujo olhar está centrado no sujeito que aprende, analisando-se nele aspectos sentimentais, atitudinais e intelectuais.

A partir dessas concepções filosóficas, emergem diferentes teorias da aprendizagem, dentre as quais, abordaremos de forma um pouco mais aprofundada, a *aprendizagem significativa*, da perspectiva de Ausubel, por essência, cognitivista/construtivista, e do ponto de vista de Novak, aproximando o termo do humanismo. Também destacaremos a visão de Gowin acerca dos significados e como eles são compartilhados.

2.1.1 Aprendizagem Significativa de Ausubel

A essência da *aprendizagem significativa*, na perspectiva ausubeliana, é cognitivista/construtivista, ou seja, enfatiza os processos mentais do ato de conhecer e a forma como se estrutura a informação no sujeito que aprende. O objetivo dessa teoria, esclarecendo melhor, é entender a construção do

conhecimento no ser, a partir da estrutura cognitiva preexistente, à qual Ausubel nomeou *subsunçor*. Moreira (1999, p. 153) descreve da seguinte forma:

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor*, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *conceitos* ou *proposições relevantes*, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos.

Um contraponto à aprendizagem significativa, definido por Ausubel como *aprendizagem mecânica* (ou automática), caracteriza-se pelo fato de o indivíduo ter contato com uma nova informação, sem que esta interaja – ou pouco interaja – com algum conceito que preexista na estrutura cognitiva do sujeito pensante (Moreira, 1999). Neste tipo de aprendizagem, esta nova informação é armazenada arbitrariamente na estrutura cognitiva.

Baseando-se no conceito de aprendizagem significativa, o produto educacional presente neste trabalho leva em conta as estruturas cognitivas previamente existentes nos estudantes. Por exemplo, quando apresentamos ao educando, em uma das atividades do produto educacional, o conceito de *resistência elétrica*, acreditamos que o estudante abrigará essa nova informação em uma estrutura preexistente em seu cérebro, ao considerarmos que o estudante compreenda previamente o significado independente do termo “resistência”, como sendo algo que dificulta ou que tenta impedir que alguma ação aconteça. Assim, tendo também o estudante uma breve noção do que venha a ser eletricidade, em um primeiro contato com o termo “resistência elétrica”, esperamos que haja uma acomodação desse novo conhecimento na estrutura cognitiva preexistente no estudante. De maneira análoga, podemos imaginar o que ocorre quando é apresentado o conceito de corrente elétrica ao estudante, dado que o estudante conceba o termo “corrente” como algo relativo a curso, percurso, ou aquilo que corre.

2.1.2 Novak e a Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa ausubeliana, como já exposto anteriormente, é uma teoria cognitivista/construtivista. Joseph D. Novak, colaborador de David P. Ausubel na formulação desta teoria, entretanto, vê a aprendizagem significativa como parte integrante de uma teoria de aprendizagem mais ampla. De acordo com Moreira (1999), Novak parte da premissa de que a educação é um conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) que contribuem para o engrandecimento (empowerment) do indivíduo para lidar com as situações cotidianas. Assim, é estabelecida por Novak uma estrutura teórica de aprendizagem mais ampla: a *teoria da educação* (NOVAK, 1981, apud MOREIRA, 1999).

Para Novak, segundo Moreira (1999), sua teoria da educação leva em conta que as pessoas pensam, sentem e fazem. Assim, um evento educativo é caracterizado por uma troca de significados e sentimentos entre professor e aluno. Ainda de acordo com Moreira (1999), Novak defende a existência de cinco elementos que estão envolvidos em qualquer fenômeno educativo . São estes os elementos: *aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação*. Em relação à proposta original de Schwab (1973), que relacionava os eventos educativos a quatro elementos, originalmente chamados “lugares comuns”, a saber, a aprendizagem, o ensino, o currículo e o meio, Novak introduziu a *avaliação*.

“[...] porque, muito do que acontece no processo de ensino – aprendizagem – conhecimento – contexto, depende da avaliação ou, como propõe Novak, muito do que acontece na vida das pessoas depende da avaliação (MOREIRA, 1999, p. 168)

A observância das relações entre os elementos ou lugares comuns de um evento educativo nos permite compreender de forma mais clara como pode ocorrer aprendizagem significativa de um novo conhecimento. Lembremo-nos que para que ocorra aprendizagem significativa, o novo conhecimento deve estruturar-se em significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. É necessário ainda clarificar, como propõe Moreira (1999), que aprender significativamente não é sinônimo de aprendizagem correta. O aprendiz pode

ter tido uma aprendizagem significativa, e, no entanto, os novos significados atribuídos aos conceitos pelo aprendiz podem divergir daqueles significados compartilhados pela comunidade. Assim, cabe ao professor identificar, através da externalização pelo aluno do significado por ele aprendido, se aquele é de fato, o mesmo significado que o professor pretende compartilhar.

Por isso mesmo, notamos a importância do elemento “avaliação” nos processos educativos. Sem a avaliação, o professor não tem como diagnosticar e corrigir possíveis distorções que ocorrem no processo de ensino e aprendizagem. Assim como Novak, acreditamos que a avaliação é parte indissociável do processo educativo; ela não garante que o estudante partilhará dos mesmos significados pretendidos pelo professor, mas dará ao professor a possibilidade de repensar os métodos usados e traçar novas estratégias didáticas. Na sequência, falaremos brevemente das contribuições de Gowin à teoria da aprendizagem significativa, especialmente no tocante à forma como os significados são compartilhados.

2.1.3 Gowin e o Compartilhamento de Significados

Na seção anterior, tratamos essencialmente de como a aprendizagem significativa, da perspectiva de Novak, é parte integrante de uma *teoria da educação*, que leva em conta o que as pessoas pensam, sentem e fazem, além da existência de elementos – aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação – intrínsecos aos eventos educativos. Nas próximas linhas, procuraremos de forma breve, trazer a contribuição de D. Bob Gowin à teoria da aprendizagem significativa, sobretudo como se dá o processo de compartilhar significados.

Moreira (1999, p. 169) nos diz que a ideia fundamental da teoria de Novak implica em uma ação de partilha de significados e sentimentos entre professor e aluno, sendo que o objetivo dessa partilha ou troca é a aprendizagem significativa de um novo conhecimento contextualmente aceito pela comunidade. Isso significa que o professor, ao apresentar o material educativo, espera que os estudantes internalizem aquele conhecimento e o compreendam no mesmo contexto que a comunidade de usuários compartilha. Assim, quando um professor de Física compartilha com os seus estudantes o conceito de

corrente elétrica, sua expectativa é que os estudantes compreendam-na como sendo um fluxo ordenado de cargas elétricas em um condutor, devido à diferença de potencial elétrico entre as extremidades desse condutor e que tais cargas podem, ao entrar em contato com outros dispositivos, converter energia elétrica em outras formas de energia úteis (térmica, mecânica, luminosa, etc.).

Gowin é bastante conhecido por seu Vê epistemológico ou “Vê de Gowin”. Tal instrumento heurístico foi:

“[...] inventado para ilustrar elementos conceituais e metodológicos que interagem no processo de construção do conhecimento ou nas análises de conferências ou documentos que apresentam um dado conteúdo de conhecimento” (NOVAK e GOWIN, 1984, p. 19).

Nossa abordagem ao trabalho de Gowin, nesse momento, restringir-se-á a relação triádica entre professor, aluno e materiais educativos, este último correspondente ao currículo. Para Gowin, uma situação de ensino-aprendizagem é caracterizada pelo compartilhar significados entre professor e aluno, acerca dos materiais educativos curriculares.

Segundo Moreira (1999), cada um dos pares: professor – materiais educativos, professor – aluno, aluno – aluno (professor – professor) e aluno – materiais educativos, pode estabelecer uma relação educativa ou degenerativa. A relação educativa é estabelecida de modo a pertencer à relação triádica, enquanto que a relação degenerativa é autocontida, interferindo na concretização da relação triádica. Assim, compreendemos que, se alguma das relações paritárias acima citadas são demasiadamente evidentes, ofuscam o terceiro elemento da relação triádica, interferindo assim no principal objetivo dessa relação tripartite: compartilhar significados.

O ensino se consuma quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno. (GOWIN, 1981, *apud* MOREIRA, 1999, p. 178).

Sendo assim, cabe ao professor solicitar que os estudantes apresentem os significados por eles compreendidos ou assimilados, a fim de que seja observado se houve aprendizagem significativa ou não, e se houve, é preciso verificar se trata-se do mesmo significado partilhado pela comunidade de

usuários daquele conhecimento. Esse *feedback* objetiva, portanto, garantir o compartilhar significados, na medida em que o aluno partilha do mesmo significado pretendido pelo professor, acerca de certo conhecimento.

O produto educacional que é parte integrante desta dissertação tem, por objetivo, permitir que os estudantes compartilhem significados, a partir das relações que ocorrem entre os estudantes, o professor, e os materiais educativos, apresentados a partir de duas plataformas de ensino: um simulador computacional PhET para circuitos elétricos; e um conjunto de instrumentos de montagem de circuitos elétricos, composto por uma plataforma rústica – tábua para montagem de circuitos elétricos – e seus respectivos elementos acessórios, como fios, lâmpadas, fontes de tensão e medidores elétricos. Nossa expectativa é que os estudantes partícipes deste estudo atinjam a aprendizagem significativa com relação aos conceitos básicos de um curso de eletrodinâmica próprio do ensino médio, compartilhando assim os significados destes conceitos dentro do contexto da comunidade de físicos, que compartilham tais conhecimentos científicos.

2.2 Experimentação no Ensino da Física

A ciência Física procura explicar a natureza e seus fenômenos, propriedades das relações entre objetos da natureza, comportamento destes elementos e seus respectivos efeitos. Em suma, a Física busca compreender desde o comportamento das partículas elementares da matéria até as entidades de maior estrutura do cosmos, ou melhor, o comportamento do universo como um todo. Para que essa compreensão ocorra, a Física se utiliza de uma linguagem – a matemática.

Já relatada, no início deste capítulo, uma gama de dificuldades inerentes ao ensino da Física, destacamos neste momento a dificuldade de compreensão dos fenômenos físicos, acarretada por um ensino baseado excessivamente em aspectos teóricos, que também é caracterizado por pouca contextualização e conhecimento matemático insuficiente dos alunos. Ademais, as atividades experimentais têm sido, em muitos casos, negligenciadas das aulas de física, mesmo sendo em algumas circunstâncias necessárias para compreensão do fenômeno físico estudado.

Gaspar (2005) defende que os objetivos da atividade experimental devem estar bem definidos, não devendo ser entendida como mais um item no repertório que o professor dispõe para ensinar determinado conteúdo, ou seja, os experimentos não devem ser um elemento acessório da atividade teórica.

Araújo e Abib (2003, p.177) destacam o consenso do potencial da experimentação para a aprendizagem significativa, reconhecendo, entretanto que ainda há uma forte abordagem tradicional nos materiais de apoio aos professores. Há também uma diversidade de significados que essas atividades podem assumir em diferentes contextos.

A análise do papel das atividades experimentais desenvolvida amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas idéias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos (ARAÚJO & ABIB, 2003, p.177).

Apresentar um conteúdo físico, associado a uma atividade experimental que o contextualiza, possibilita então uma aprendizagem significativa, quando esta relação entre o aluno e o material educativo é adequadamente mediada pelo professor. Essa mediação, caracterizada por certa liberdade do aluno em manipular o experimento, exige que o professor estimule seu aluno a buscar e formular hipóteses, testá-las e expô-las, a fim de que, em não havendo congruência de significados, o professor encontre novas estratégias, com vistas para que haja convergência dos significados compartilhados pela comunidade e pelo aluno. Assim, acreditamos que a proposta deste trabalho constitui uma ferramenta que permite aos estudantes construir seu próprio conhecimento acerca de alguns conceitos de eletricidade, através da manipulação da tábua para montagens de circuitos elétricos e de seus respectivos elementos acessórios.

2.3 Simulações no Ensino da Física

Em uma sociedade cada vez mais envolvida por novas tecnologias de informação e comunicação, onde as crianças desde a mais tenra idade já manipulam com certa habilidade telefones celulares (smartphones), e na qual grande parcela da população jovem e adulta participa assiduamente – em muitos casos, manifestando grande grau de dependência – de diversas redes sociais, não estar familiarizado com tais tecnologias pode fazera sociedade categorizar uma pessoa assim como retrógrada, rejeitá-la no convívio social, ou mesmo dificultar seu ingresso no mercado de trabalho, que em alguns setores está automatizado e requer mão de obra especializada para operar equipamentos tecnologicamente sofisticados e informatizados.

Assim como no restante da sociedade, as tecnologias da informação e comunicação estão presentes nos ambientes escolares, e mais ainda no cotidiano dos alunos. Apresentações de slides, através de um projetor e um computador, uso de vídeos de documentários ou outros temas relativos à aula, uso de simulações e animações para ajudar a explicar fenômenos físicos, emprego de robótica educacional, produção de vídeos pelos professores e até mesmo pelos alunos, criação de blogs e páginas de internet ou comunidades/grupos em redes sociais são instrumentos cada vez mais usados nas salas de aula, com a finalidade de apresentar e discutir conteúdos escolares. Medeiros (2002, *apud* OPPENHEIMER, 1997) assinala que diversas ondas tecnológicas, desde o início do século XX, “*tem assolado a educação com promessas e perspectivas mirabolantes*”.

Já em 1922, Thomas Edison, referindo-se ao cinema, afirmava que “as figuras em movimento estão destinadas a revolucionar o nosso sistema educacional. Em poucos anos, elas suplantarão amplamente, senão inteiramente, o uso de livros didáticos.” (OPPENHEIMER 1997, *apud* MEDEIROS, 2002, p. 78).

Particularmente no ensino da Física, apresentar os conceitos aos alunos, alguns deles com alto nível de abstração, não tem sido tarefa simples para os professores. Na tentativa de resolver esse dilema, os professores têm buscado usar ilustrações que tentam explicar processos dinâmicos, e até

mesmo usam nas aulas recursos gestuais. Tais instrumentos não têm sido de grande eficiência (MEDEIROS, 2002, p. 79).

Desse modo, contrastando com as dificuldades acima mencionadas, as simulações surgem como um recurso potencialmente eficaz para o aprendizado dos alunos, pois permitem observar virtualmente um fenômeno físico que seria de difícil reprodução em laboratório ou de ser ilustrado através de imagens (ou sequência de) estáticas. A possibilidade de se alterar os parâmetros físicos retratados nas simulações também configura um estreitamento na relação entre o aluno e o material educativo.

As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos. Elas podem ser bastante úteis, particularmente quando a experiência original for impossível de ser reproduzida pelos estudantes (RUSSEL, 2001, *apud* MEDEIROS, 2002, p. 79).

Medeiros (2002) alerta-nos, entretanto, que as simulações computacionais não têm o mesmo status epistemológico e educacional que os experimentos reais, e que o uso em demasia de simulações pode comunicar concepções opostas àquelas pretendidas pelo professor.

É preciso estar em alerta para o fato de que essa arma poderosa pode servir, paradoxalmente, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que a das figuras estáticas. Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes (MEDEIROS, 2002, p. 81).

Tomando-se então os devidos cuidados, seja alertando quanto ao uso recorrente das analogias ou ao uso de modelos teóricos que buscam representar uma fatia da realidade – tarefa esta que cabe ao professor – o uso de simuladores computacionais pode trazer ganhos para a aprendizagem, pois através do uso dessas ferramentas, os estudantes podem ter uma visão aproximada da realidade de que tratam os fenômenos físicos analisados. Na impossibilidade ou dificuldade de se construir um aparato experimental real, os simuladores computacionais se apresentam como alternativas interessantes dentro do processo de ensino-aprendizagem, pois permitem não apenas

analisar os fatores que interferem nos fenômenos físicos estudados, mas também manipular essas variáveis, permitindo assim que os alunos construam o significado físico de tais fenômenos, relacionando causa e efeito.

2.4 Eletrodinâmica² por Experimento e Simulação

Nesta seção, nosso objetivo é apontar para o alvo deste trabalho, que descreve uma sequência didática que usa um aparato experimental, a tábua para montagem de circuitos elétricos e seus componentes, aliado a um simulador computacional PhET, com objetivo semelhante ao da tábua citada anteriormente. O que foi exposto nas seções 1.2 e 1.3 nos leva a crer que o uso de experimentos e simulações computacionais no ensino da Física pode contribuir de maneira significativa para o aprendizado dos estudantes, seja quando trabalhados de forma independente junto ao conteúdo estudado (conteúdo + simulação ou conteúdo + experimento real), seja quando usados de forma integrada (conteúdo + simulação + experimento real), como é proposto em algumas das atividades sugeridas em nosso produto educacional.

A partir do que foi dito nas seções anteriores, acerca das características inerentes às atividades experimentais e às simulações computacionais educacionais, podemos inferir que ambas as propostas são úteis na abordagem dos conteúdos de Física, de modo que para o ensino médio, experienciar o fenômeno físico, seja através de uma experiência real ou virtual, não é apenas útil, mas essencial para a aprendizagem significativa do conhecimento em questão. Mas então, qual seria a forma mais adequada de experienciar os fenômenos físicos: experimento real ou simulação computacional? Acreditamos, a partir da nossa leitura dos referenciais e nossa vivência na educação, que o experimento real é mais vantajoso, uma vez que os estudantes que reproduzem uma situação didática através de um aparato experimental observam fisicamente, em escala reduzida ou sistema simplificado, um recorte da realidade que se aproxima do macrossistema físico.

²Ao longo da desta dissertação, quando for citado o termo “eletrodinâmica”, far-se-á menção à nomenclatura comumente usada pelos autores dos livros didáticos de física para o ensino médio.

Medeiros (2002, p. 80) assinala que há diferenças significativas entre o ato de experimentar através de uma experiência real e de uma simulação computacional, e que se não forem observadas tais diferenças, corre-se o risco de obter resultados opostos aos objetivos educacionais intencionados. A partir dessa leitura, podemos inferir que é preferível uma abordagem dos conceitos físicos associando-os a experimentos reais ao invés de simuladores computacionais. Haveria então alguma vantagem em usar simuladores? Em quais circunstâncias usá-los? Medeiros (2002, p 83), aponta que:

Embora sejam os experimentos reais os indispensáveis juízes e a base para a construção do conhecimento, eles são, por vezes, altamente complexos e de difícil realização e compreensão. A complexidade de uma simulação, por outro lado, pode convenientemente ser adequada às necessidades reais dos estudantes e da situação de aprendizagem pretendida.

Podemos ainda acrescentar o fato de que em muitas escolas não há um laboratório de física, ou quando ele existe, há escassez de recursos e instrumentos para realização das atividades mais simples. Assim, os simuladores computacionais surgem como alternativa a esse problema, mesmo porque, como já dito por Medeiros (2002), há experimentos de alta complexidade, que são simplificados com o uso de simuladores. Essa vantagem dos simuladores, entretanto, deve ser observada com cautela. Até que ponto as simplificações afetam a compreensão do conceito físico? É necessário que o professor esteja atento a essas possibilidades, a fim de que não haja distorções no conhecimento que se pretende compartilhar.

Lembremos que o produto educacional que desenvolvemos está baseado em construção de circuitos elétricos em uma plataforma real e em outra virtual. Medeiros (2002) nos apresenta a seguinte situação:

Frequentemente e de forma bastante simplificada, resistores e lâmpadas são assumidos como tendo, ambos, um comportamento linear, embora a lâmpada, certamente, não o tenha, o que pode tornar-se óbvio mesmo quando os mais simples experimentos reais sejam realizados. Em simulações, entretanto, lâmpadas são vistas frequentemente variando o seu brilho como ilustrações fascinantes da lei de Ohm. Seria de questionar-se se a aplicação da lei de Ohm para um componente não linear, como uma lâmpada, não seria algo um tanto peculiar ou mesmo um modo desnecessário de tratarem-se os fundamentos da Física. Seria de se perguntar o que um estudante

teria a aprender de um tipo de simulação como esta. Seria isso uma boa Física ou seria isso mesmo Física? (MEDEIROS, 2002, p. 82).

O autor acima citado, a partir do exposto, nos leva a refletir sobre importantes aspectos das simulações computacionais. É preciso ter em mente que uma simulação é um modelo simplificado da realidade, e por mais parâmetros que sejam nela empregados, ainda assim, não corresponderá a um retrato fiel da realidade.

Desse modo, nos acautelamos em nosso produto educacional, no sentido de alertarmos os professores, e conseqüentemente seus alunos, que dele podem fazer uso. O simulador PhET de circuitos elétricos, que neste trabalho é empregado, peca na simplificação dos condutores, onde todos são apresentados como ôhmicos, de modo que, se não for feito este alerta na realização das atividades propostas, especialmente a que trata de condutores ôhmicos e não ôhmicos, os alunos podem construir uma concepção errônea a respeito da linearidade dos condutores elétricos. Ainda assim, acreditamos que, tomando-se os cuidados necessários, o uso dessa simulação em conjunto com o experimento real pode trazer significativas contribuições à aprendizagem dos conteúdos vivenciados nas atividades propostas.

3 DESENVOLVENDO O PRODUTO EDUCACIONAL

3.1 Público-Alvo e Local da Pesquisa

O desenvolvimento de uma sequência didática, como a proposta no presente trabalho, além de tempo e dedicação, exige alguma vivência e experiência docente relacionada ao conteúdo abordado, estudo de uma bibliografia própria do tema e trabalhos semelhantes, campo e sujeitos da pesquisa que apresentem alguma dificuldade inerente ao tema, criação, aplicação e ajustes de um protótipo de produto educacional, que seja apresentado como forma alternativa de combate às dificuldades elencadas pelo criador/desenvolvedor do produto, bem como a avaliação de todo o processo.

Desde o ano de 2009 até o ano de 2017, atuando como professor de Física no ensino médio em uma escola da rede estadual de educação de Pernambuco, temos observado que os estudantes têm a curiosidade necessária para aprender, mas não um ferramental que propicia uma aprendizagem significativa dos conceitos de Física. Durante esse período, dedicamo-nos quase que exclusivamente a turmas que cursavam o 3º ano do ensino médio, e em consequência disso, lidamos com uma variada quantidade de situações envolvendo o conteúdo *eletricidade*.

Os alunos partícipes do nosso estudo, todos residentes no município de São Caitano, agreste pernambucano, frequentam, em regime de tempo integral, a Escola de Referência em Ensino Médio Agamenon Magalhães, no mesmo município. Sua faixa etária está situada entre 16 e 18 anos. Os mesmos, em sua maioria, frequentaram escolas públicas durante a maior parte de sua vida estudantil, bem como, também em maioria, são oriundos de famílias de baixa renda.

No cotidiano de uma escola pública, de uma cidade do interior de uma Unidade Federativa como Pernambuco, nos deparamos com situações em que os estudantes não têm uma base formativa sólida, que lhes permita avançar adequadamente nos estudos. A tabela a seguir, com resultados comparativos do IDEB nos ajuda a compreender a desvantagem dos estudantes oriundos de escolas públicas em relação aos de escolas privadas, além do decréscimo dos

resultados à medida que os estudantes evoluem em escolaridade. O IDEB³ (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica) é um indicador usado pelo MEC a fim de aferir o fluxo escolar e o desempenho obtido nas avaliações externas aplicadas pelo INEP nas escolas e redes de ensino de todo o Brasil. A meta é que o Brasil atinja até o ano 2022 a nota 6,0, correspondente ao índice de um sistema educacional comparável ao de países desenvolvidos.

Tabela 1 – Histórico do IDEB de Pernambuco.

	2011	2013	2015
5º ano – escolas públicas	3,9	4,1	4,6
5º ano – escolas privadas	5,7	6,2	6,2
9º ano – escolas públicas	3,2	3,4	3,8
9º ano – escolas privadas	5,4	5,7	5,6
12º ano ⁴ – escolas públicas (estaduais)	3,1	3,6	3,9
12º ano – escolas privadas	5,5	5,2	4,9

Fonte: <http://www.ideb.inep.gov.br/resultado>

Analisando a evolução do IDEB no 12º ano e comparando tais índices com as outras etapas de escolaridade, a partir da tabela 1, podemos nos questionar sobre os motivos que fazem a última etapa da educação básica apresentar os piores resultados educacionais. Conforme aponta documento do MEC (BRASIL, 2017, p.21), podemos identificar alguns dos fatores que podem ter relação com os baixos resultados do IDEB no ensino médio. De acordo com o referido documento, em 2015, o índice de aprovações no ensino médio em todo o Brasil foi de 81,7%, frente a 85,7% e 93,2% apresentados, respectivamente, pelo ensino fundamental anos finais e ensino fundamental anos iniciais. Há também um alto índice de alunos fora da faixa etária adequada para o ensino médio. Em 2015, o percentual de alunos com distorção idade-série era de 28% para o ensino médio, contra 26,3% do ensino fundamental anos finais e 12,4% do ensino fundamental anos iniciais.

Assim, percebemos que o fato de ter sido aluno de escola pública, aliado ao histórico de baixos indicadores educacionais típicos do ensino médio,

³Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/ideb>. Acesso em 9 de outubro de 2017.

⁴ Na tabela, o 12º ano de escolaridade corresponde ao 3º ano do ensino médio.

implica em uma maior chance de insucesso no desenvolvimento escolar dos estudantes do lócus onde se desenvolveu o projeto, e que tais resultados demonstram que nossa inquietação com relação ao rendimento escolar dos nossos alunos pode ser comprovado estatisticamente. Todos esses elementos nos motivaram ainda mais a desenvolver um produto educacional que propiciasse um avanço na compreensão dos fenômenos físicos e conceitos relacionados à eletricidade.

3.2 Desenvolvimento do Produto Educacional

Compreendendo a necessidade de os alunos desenvolverem competências para lidar com equipamentos elétricos e compreenderem o princípio de funcionamento dos mesmos, como preconizado pelos PCNEM (BRASIL, 1999) e PCN+ (BRASIL, 2002), resolvemos buscar formas alternativas de apresentar o conteúdo eletricidade, ou mais especificamente, de *eletrodinâmica*.

A partir do ano de 2011, quando passamos a lecionar em turmas do 3º ano do ensino médio, percebemos que as avaliações e atividades desenvolvidas junto aos alunos nos apresentavam um quadro de não compreensão dos estudantes acerca de conceitos básicos da eletrodinâmica, tais quais: corrente elétrica, resistência elétrica, voltagem, funcionamento de aparelhos elétricos e circuitos elétricos, dentre outros.

Assim, em 2011, buscamos alternativas, como o desenvolvimento de experimentos realizados pelos alunos, onde foram montados circuitos elétricos com geradores eletroquímicos (limões) e geradores eletromecânicos, demonstrados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 – Bateria de limões.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 2 – Iluminação por dínamo.



Fonte: Arquivo do autor.

Já em 2012, pesquisamos por simuladores computacionais que permitissem a construção de circuitos elétricos virtuais. Essa busca foi motivada por um trabalho que já desenvolvíamos há algum tempo em sala de aula, com um software, o *Educandus*⁵, que contém diversas aulas apresentadas em formato de slides, e alguns desses slides possuem animações de fenômenos físicos, conforme ilustra a figura 3. A rede de educação do estado de Pernambuco, assim como outras redes de ensino, é parceira da empresa detentora do referido software. Algumas das animações no *Educandus* têm parâmetros que podem ser alterados, outras, não.

Figura 3 – Aspecto da tela do *Educandus*.



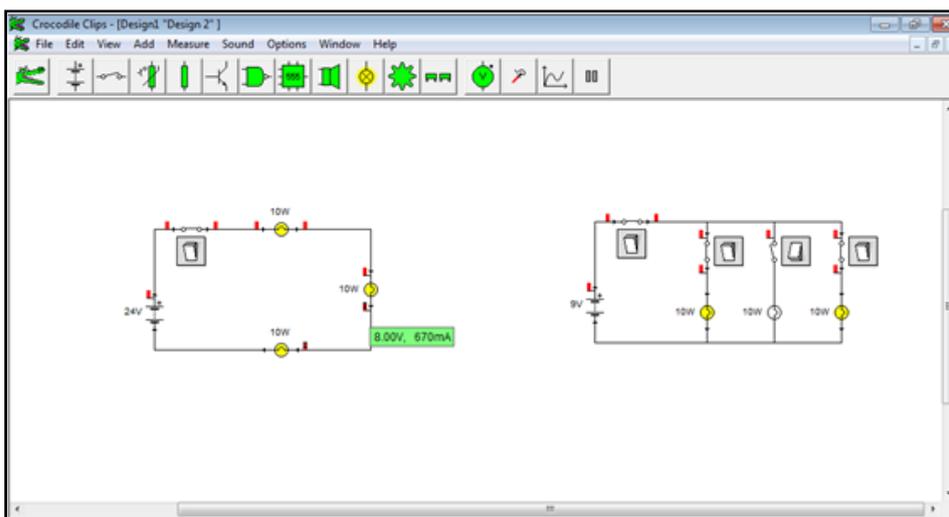
Fonte:Arquivo do autor.

Na época, nossa intenção era encontrar algum software que mostrasse o comportamento da corrente elétrica em um circuito elétrico virtual, na medida em que eram alteradas a tensão da bateria e os tipos, a disposição e a quantidade de lâmpadas inseridas no circuito virtual. Nossa pesquisa acabou encontrando um software, o *Crocodile Clips*⁶ (vide figura 4), de modo que baixamos a versão de demonstração do referido software, e assim desenvolvemos uma sequência de atividades em sala de aula.

⁵Informações sobre como adquirir o software Educandus podem ser obtidas em: <http://www.educandus.com.br/>.

⁶Informações sobre como adquirir o software *Crocodile Clips* podem ser obtidas em <https://www.yenka.com/>.

Figura 4 – Aspecto da tela software *Crocodile Clips*.



Fonte: Arquivo do autor.

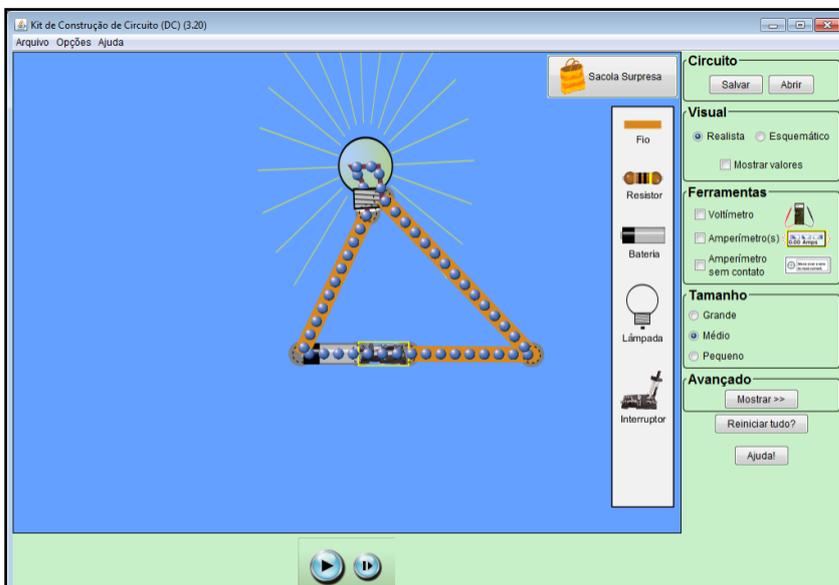
Assim, ao longo dos anos seguintes, continuamos a desenvolver atividades experimentais com circuitos elétricos simples (pilhas, fios e lâmpadas) de forma associada com simulações computacionais de montagens de circuitos virtuais, até que no ano de 2015, conhecemos um site, que disponibiliza gratuitamente para download⁷ dezenas de simulações computacionais educacionais, denominado PhET (Physics Education Technology Project). Trata-se de um projeto de simulações interativas da Universidade do Colorado, fundado em 2002, por Carl Wieman, vencedor do Prêmio Nobel de Física. As simulações computacionais envolvem conteúdos das disciplinas de física, química, biologia e matemática.

Um dos simuladores PhET de física nos chamou a atenção: o “kit de construção de circuitos DC” (circuit construction kit – DC, em inglês), pois permitia montar facilmente circuitos elétricos virtuais simples, e de forma bastante interativa. Nesse simulador, é possível alterar diversos parâmetros físicos (tensão elétrica da fonte, resistência das lâmpadas e resistores, potência das lâmpadas), permitindo assim se observar virtualmente os efeitos provocados, através do uso de medidores virtuais de corrente elétrica, bem como a luminosidade das lâmpadas. Também é possível ver na simulação, o

⁷As simulações são disponibilizadas na página https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em 10 de novembro de 2015.

fluxo de elétrons⁸ ao longo do circuito virtual. Quando a corrente elétrica virtual é alterada, ela é evidenciada pela mudança no fluxo das bolinhas que representam os elétrons na simulação.

Figura 5 – Aspecto da tela do simulador para circuitos elétricos PhET.



Fonte: Arquivo do autor.

Concomitantemente ao uso do simulador PhET⁹, trabalhávamos também a montagem real dos circuitos elétricos, usando pilhas, fios condutores e lâmpadas de LED ou pequenas lâmpadas incandescentes. Os estudantes realizavam essas montagens sobre mesas, de modo a conectarem os fios diretamente nos dispositivos, sem uma base que desse um melhor suporte para esses circuitos. Assim, mesmo que com essas montagens fosse possível para os alunos identificar as características dos circuitos elétricos e medir as grandezas físicas elétricas, não havia praticidade no processo de montagem nem rigidez no circuito para realizar uma melhor análise.

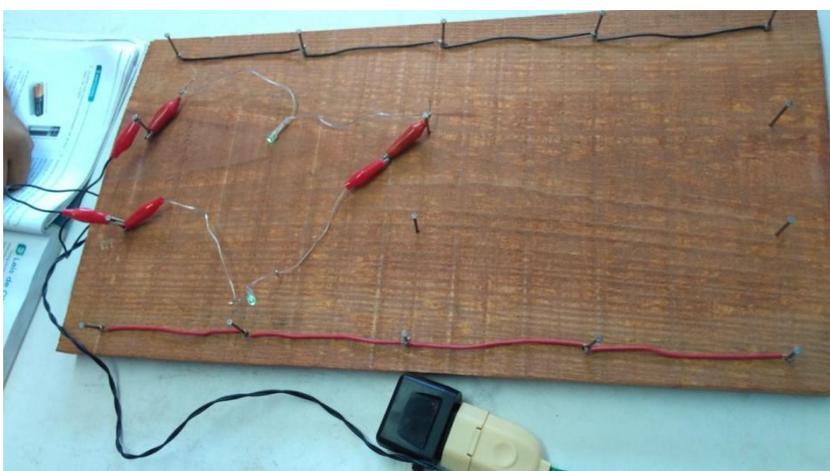
Assim, procuramos desenvolver uma plataforma de montagem de circuitos elétricos que fosse de fácil manuseio e que os dispositivos ficassem à mostra, para que os estudantes pudessem compreender a esquematização dos

⁸O professor deve estar atento para o fato de que na simulação, os elétrons são representados por bolinhas. É importante deixar claro para os alunos que se trata de uma modelagem.

⁹A partir de agora, o kit de construção de circuitos DC (versão baixada em 10 de novembro de 2015) será denotado pela sigla “KCC”.

circuitos. A ideia consistia em usar uma base, semelhante a uma *protoboard*¹⁰, mas de maiores dimensões físicas e que deixasse à vista o esquema da montagem do circuito elétrico. Em comparação com a protoboard, essa base teria um número reduzido de conexões, em quantidade suficiente para realizar montagens simples, com o objetivo de ajudar aos alunos a compreenderem as principais características dos circuitos elétricos, bem como compreender como se inter-relacionam as grandezas físicas: corrente elétrica, resistência elétrica e tensão elétrica, quando são alteradas as condições de montagem dos circuitos.

Figura 6 – Protótipo da tábua de montagem de circuitos elétricos.



Fonte: Arquivo do autor.

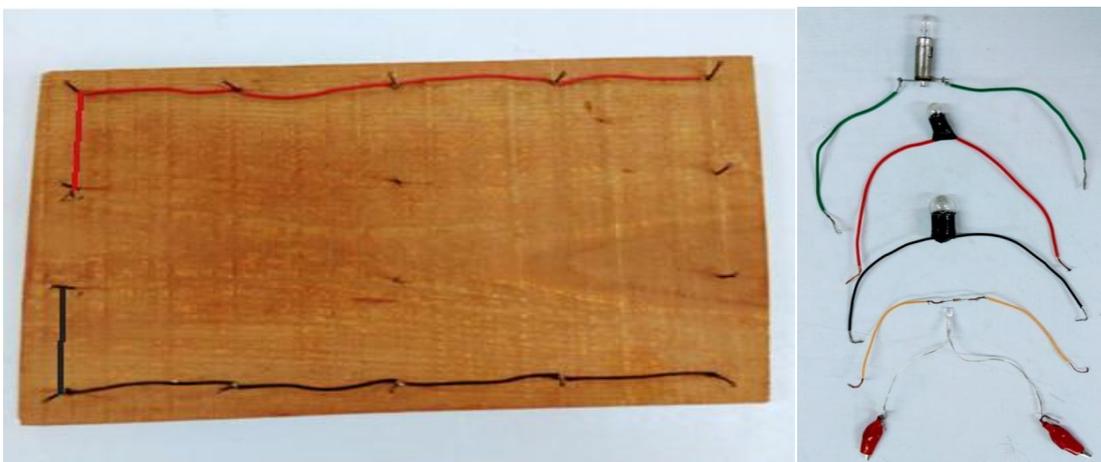
Nossa primeira plataforma para montagem de circuitos consistia de uma tábua de madeira, com 4 fileiras de pregos, onde as duas fileiras externas tinham seus pregos conectados através de fios, tal qual ilustrado na figura 6. Os elementos acessórios eram LEDs, que eram integrados ao circuito através de garras de jacaré presas aos pregos e uma fonte de tensão contínua (recarregador de bateria de celular com conexões adaptadas).

O objetivo da plataforma fora alcançado, entretanto às custas de muitos LEDs, que embora fossem fáceis de ser encontrados (retirados de um pisca-pisca natalino), por vezes não suportavam a tensão proporcionada pela fonte, algo em torno de 5 volts. Os únicos LEDs que suportavam eram os da cor azul, que operam regularmente com uma tensão próxima de 4 volts e corrente de cerca de 30 mA. Assim, buscamos aprimorar a plataforma de montagem de

¹⁰Protoboard: consiste em uma placa com pequenos orifícios que estão conectados internamente por condutores elétricos. Essa placa permite a montagem de circuitos elétricos experimentais.

circuitos e seus elementos acessórios (figuras 7 e 8), acrescentando ao kit fontes que disponibilizassem menor tensão e pequenas lâmpadas de uso automotivo, que suportam tensões da ordem de até 12 volts, além de resistores de cerca de 0,5 k Ω .

Figura 7 – Tábua para montagem de circuitos elétricos e lâmpadas.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 8 A – Conjunto de pilhas.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 8 B – Recarregador de celular.



Fonte: Arquivo do autor.

3.3 Critérios Estruturantes da Aplicação do Produto

Nas próximas linhas, discorreremos sobre os detalhes que envolveram a seleção dos estudantes que participaram do nosso trabalho, localização temporal e espacial e critérios gerais da pesquisa e organização das atividades.

A princípio, relembramos que todo o desenvolvimento do estudo que culminou na elaboração do produto educacional presente nessa dissertação, bem como a aplicação, desenvolvimento do produto e sua finalização ocorreram no âmbito da Escola de Referência em Ensino Médio Agamenon

Magalhães, que faz parte do Programa de Educação Integral, da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco. A escola situa-se na cidade de São Caitano, agreste pernambucano, e lá, atuamos na docência de Física desde 2009 até 2017.

Os estudantes que participaram dessa atividade, num total de 20, pertencem à turma 3º ano “D”. A escolha da turma ocorreu devido ao histórico de que o rendimento das turmas dessa escola decaía na medida em que sua identificação, dada por letras do alfabeto latino, avançava na ordem alfabética. De forma involuntária, ou não, a formação das turmas no início dos anos letivos concentrava os ditos “melhores alunos” nas turmas de nome “A”, isso nos motivou a escolher a turma “D”, onde, hipoteticamente, estariam os alunos de pior rendimento escolar, já que a escola em 2017 tinha 4 turmas de 3º ano do ensino médio.

O total de alunos da referida turma era de 37, sendo que os 20 participantes foram escolhidos mediante dois critérios:

CRITÉRIO 1: Cinco dos alunos foram os que obtiveram as 5 melhores médias em Física na primeira unidade bimestral de 2017;

CRITÉRIO 2: Cinco dos alunos foram os que obtiveram as 5 piores médias em Física na primeira unidade bimestral de 2017;

CRITÉRIO 3: Os 10 estudantes restantes, situados no intervalo compreendido entre a 6ª e a 32ª melhores médias da primeira unidade bimestral em Física se inscreveram para participar voluntariamente, até ser completado o quantitativo de vagas previsto: 20.

Os 20 estudantes foram divididos em 5 grupos de 4 estudantes, e cada grupo obrigatoriamente tinha um estudante classificado de acordo com o critério 1, um estudante classificado de acordo com o critério 2 e outros 2 estudantes de acordo com o critério 3. Durante as aulas de aplicação do protótipo do produto educacional, cada um dos grupos ficava localizado em uma mesa. À disposição de cada grupo de estudantes havia um kit, composto de:

- A) 1 tábua para montagem de circuitos elétricos;
- B) 1 notebook com o KCC instalado;
- C) 3 fontes de tensão contínua, constituídas por conjuntos de 2 e 4 pilhas AA, e um carregador de celular adaptado, cujas tensões elétricas

disponibilizadas são da ordem de 3,0 volts, 6,0 volts e 5,0 volts, respectivamente;

D) 2 LEDs azuis de 4,0 volts, 2 lâmpadas de 12,0 volts, 1 lâmpada de 6,0 volts, 1 lâmpada de 6,3 volts, 1 resistor de 470 Ω e 1 resistor de 560 Ω ;

E) Multímetro digital.

As atividades, descritas da subseção 3.4.1 à subseção 3.4.6, ocorreram ao longo de 6 sextas-feiras seguidas no turno da tarde, iniciando no dia 28 de abril de 2017 e indo até o dia 2 de junho de 2017. Os encontros se davam durante as aulas de reforço, cujo horário de ocorrência eram as tardes de sexta-feira. Assim, as atividades aconteciam entre as 13:00 e as 14:40, e perfizeram um total de 12 aulas de 50 minutos, totalizando 10 horas de atividades.

Os 20 participantes do projeto, além das aulas regulares de Física, que eram em quantidade de 5 horas aula por semana, frequentavam as aulas do projeto, como descrito no parágrafo anterior, enquanto que os demais estudantes não participantes frequentavam apenas as aulas regulares. Uma consequência da participação dos estudantes do projeto também nas aulas regulares é que, em várias situações, eles vivenciavam o conteúdo duplamente, uma vez na aula regular e outra na aula de aplicação do protótipo do produto.

3.4 Aplicação do Produto Educacional

Essa etapa consistiu na aplicação em sala de aula do protótipo do produto educacional, cuja proposta integral está detalhada no Apêndice A dessa dissertação, e cujo público-alvo são estudantes do terceiro ano do ensino médio. Usando a tábua para montagem de circuitos elétricos e o *KCC* (kit de construção de circuitos DC), que permite construir virtualmente circuitos elétricos e manipular diversos dados de entrada, dentre os quais destacamos a corrente, a resistência e a tensão elétrica, os estudantes desenvolveram, sob a nossa supervisão, diversas atividades durante os 6 encontros ocorridos, e que serão ao longo desta seção minuciosamente descritas. Podemos classificar tais atividades como:

✓ *Atividades de apresentação do conteúdo:* onde são discutidos os conceitos físicos, a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes e da formalização do conhecimento científico, tendo o professor como mediador;

✓ *Atividades instrucionais:* têm o objetivo de explicar aos estudantes como operar a tábua de montagem de circuitos, o KCC, e os medidores elétricos;

✓ *Atividades de aplicação da tábua de circuitos e do KCC:* sua finalidade é consolidar a compreensão dos conceitos físicos estudados, usando a tábua de montagem de circuitos, o kit de construção de circuitos DC e os medidores elétricos;

✓ *Atividades avaliativas e sondagens:* seu intuito é identificar se houve, por parte dos estudantes, aprendizagem significativa do conteúdo proposto. Essas atividades verificadoras de aprendizagem, escritas, conterão questões clássicas (conceituais e de algum desenvolvimento matemático) e situações-problema encontradas nos livros didáticos de Física do ensino médio. No último encontro, os estudantes relatarão, através de um questionário, suas impressões acerca do produto educacional.

É importante mencionar que o protótipo do produto educacional, que é descrito nessa seção, foi sendo construído aula por aula. Os ajustes nas atividades seguintes foram sendo feitos na medida em que sentíamos a necessidade de abordar mais profundamente certos aspectos, devido a nossa percepção a partir da execução das tarefas anteriores. Assim, a proposta completa e editada do produto educacional, a partir da versão inicial a ser descrita nas próximas linhas, está contida no Apêndice A dessa dissertação, e servirá como proposta base para o trabalho de outros professores, que nos derem a honra de partilhar do nosso trabalho.

3.4.1 Conhecendo a Tábua de Montagem de Circuitos Elétricos

Data do 1º Encontro: 28/04/2017

Período: 13:00 – 14:40

Objetivo: Apresentar a tábua de montagem de circuitos elétricos aos estudantes, bem como seu kit de acessórios, permitindo que eles o manuseiem de forma livre, a fim de que seja compreendido o princípio básico de

funcionamento da plataforma, bem como se percebiam algumas relações entre as grandezas físicas envolvidas.

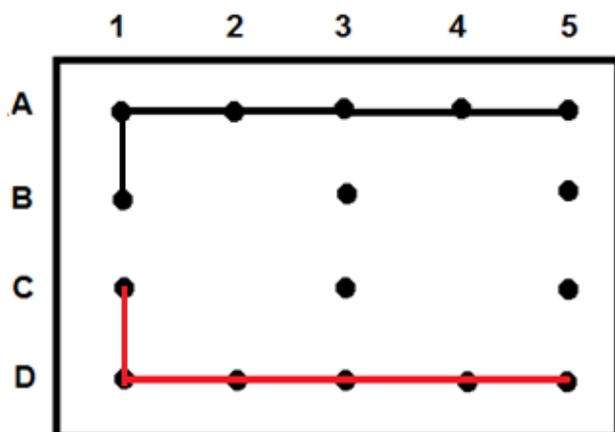
Pré-atividade: Os estudantes participaram desse primeiro contato com o produto educacional já tendo vivenciado na aula ministrada junto ao restante da sua turma o conceito de corrente elétrica como sendo um fluxo de cargas elétricas em curso ao longo de um fio condutor, motivada por uma diferença de potencial entre as extremidades do condutor.

Detalhando o 1º Encontro: Dividimos esse primeiro momento em três etapas distintas, cada uma delas sendo caracterizada respectivamente por uma discussão investigativa acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes, com o propósito de aproximar tais percepções estudantis àquelas que correspondem às visões da comunidade científica. Assim, nesse ponto, o professor traz à discussão conceitos como carga e corrente elétrica, voltagem, circuitos elétricos e resistência elétrica (duração de 30 minutos). Esse encontro também é caracterizado pela apresentação do kit de montagem de circuitos (duração de 30 minutos), e por uma sondagem investigativa acerca das observações dos estudantes (duração de 40 minutos). Descreveremos a seguir cada uma das etapas, que ocorreram cronologicamente na ordem aqui apresentada.

- Discussão investigativa: essa etapa consiste em uma espécie de introdução, onde os estudantes, induzidos pelo professor, expressam oralmente suas percepções acerca dos conceitos de corrente, tensão e resistência elétrica. Tais percepções estudantis, no momento, não são confrontadas de forma categórica, mas apenas de um modo que surtam em questionamentos por parte dos estudantes, com respeito às suas pré-concepções.

- A tábua para montagem de circuitos elétricos: nesse momento, os estudantes são apresentados à tábua de montagem de circuitos e seus elementos acessórios (descritos nos itens **A**, **C** e **D** da seção **3.3.** e nas figuras 7 e 8). Cada um dos 5 grupos recebeu um kit, e em seguida foram orientados da forma como devem ser conectadas as fontes de tensão na tábua de montagem de circuitos. Foi sugerida a conexão da fonte no par de pregos (B1, C1), que permite ligações em série e em paralelo.

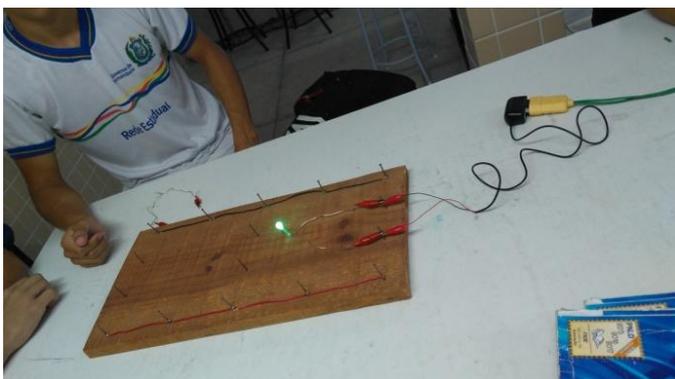
Figura 9 – Ilustração esquemática da tábua.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a fonte conectada à plataforma de circuitos elétricos, é sugerido aos estudantes que conectemos outros pregos (a partir da coluna 2), as lâmpadas e LEDs que foram fornecidos. Os alunos são estimulados a atentarem para o efeito visual obtido a partir das diversas formas de montagem do circuito, que foram feitas de forma livre por cada grupo e sem a interferência do professor. Essa tarefa tem o intuito de permitir aos alunos testar, conforme atesta a figura 10, diversas combinações de ligações dos dispositivos.

Figura 10 – Estudantes manipulando a tábua de circuitos.



Fonte: Arquivo do autor.

- Investigação dos fenômenos: Ao término do período de montagens livres, os alunos explicitam suas conclusões acerca do que observaram, levantando hipóteses sobre as razões para os efeitos visualizados. O instrumento usado para o registro dessas conclusões foi um questionário onde as indagações são orientadas no sentido de que os estudantes expressem o que se passou quando as diferentes fontes de tensão foram usadas para

acionar as lâmpadas, bem como de que modo foram feitas as combinações desses dispositivos.

Investigando os Fenômenos – 1

- 1) Qual das fontes foi mais eficiente? Por quê?
- 2) Alguma das lâmpadas acendeu com mais intensidade que outras? (se sim, responda à questão 3; se não, avance para a questão 5)
- 3) Quais foram as lâmpadas com maior intensidade luminosa?
- 4) Por que você acha que isso ocorreu?
- 5) Ligando as lâmpadas “em sequência”, que efeito foi percebido na luminosidade?
- 6) Como você explicaria o efeito das lâmpadas ligadas “em sequência”?
- 7) Ligando as lâmpadas “lado a lado”, que efeito foi percebido na luminosidade?
- 8) Como você explicaria o efeito das lâmpadas ligadas “lado a lado”?

3.4.2 Conhecendo o KCC (Kit de Construção de Circuitos DC)

Data do 2º Encontro: 05/05/2017

Período: 13:00 – 14:40

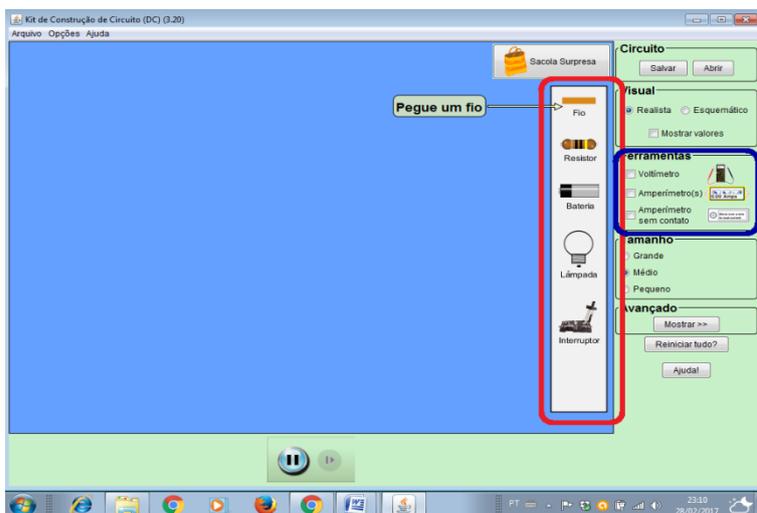
Objetivo: Apresentar aos alunos o KCC, a fim de que eles compreendam as principais ferramentas do simulador, realizem as montagens de circuitos elétricos virtuais, compreendam como as grandezas elétricas envolvidas na simulação se relacionam e consolidem assim sua compreensão acerca dos fenômenos elétricos envolvidos nas montagens sugeridas, fazendo um paralelo com as montagens realizadas na plataforma de circuitos elétricos real.

Detalhando o 2º Encontro: Este momento é direcionado a partir do que foi visto no 1º Encontro, haja vista que são sugeridas, no simulador, montagens semelhantes às que foram realizadas na tábua de montagem. Entretanto, mesmo com alguma liberdade no início para manipular o simulador, são propostas algumas montagens direcionadas à consolidação das relações entre as grandezas elétricas, a partir do que foi observado no 1º Encontro. Esse encontro foi dividido em três etapas: apresentação KCC (duração de 30

minutos), montagens virtuais orientadas (duração de 30 minutos) e atividade de verificação de aprendizagem (duração de 40 minutos).

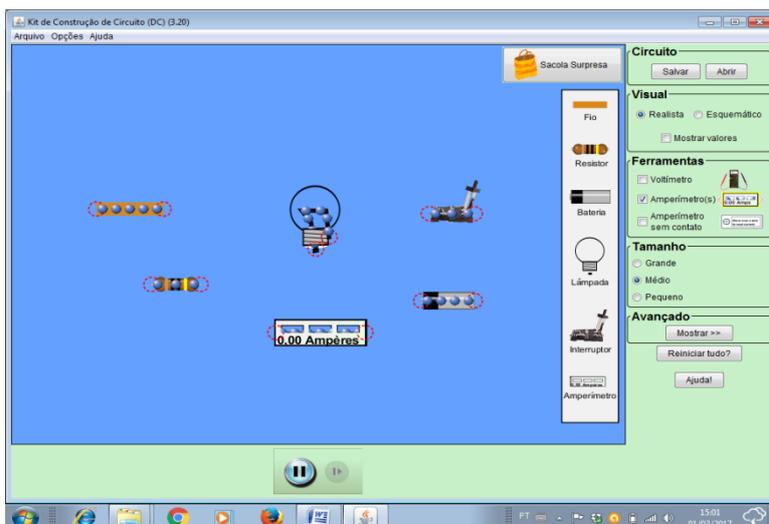
• Apresentando o KCC: A cada um dos grupos, é disponibilizado um laptop com o kit de construção de circuitos DC instalado. Com o uso de um projetor multimídia, conectado a outro computador, o professor de Física demonstra as principais características do simulador, manipulando-o, ao passo que os estudantes acompanham esse desenvolvimento manuseando o simulador instalado no laptop em suas respectivas mesas (grupos). A figura 11 apresenta o aspecto da tela do KCC, onde estão destacadas as principais ferramentas do software. É explicado aos alunos como devem ser realizadas as conexões. A figura 12 mostra as extremidades dos dispositivos (linhas pontilhadas em vermelho), as quais devem se conectar umas às outras para se construir os circuitos, pelo ato de “arrastar” com o cursor os dispositivos virtuais.

Figura 11 – Tela inicial do KCC – “Kit de Construção de Circuitos”.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura12 – Ferramentas soltas na área principal do simulador.



Fonte: Arquivo do autor.

É sugerido, a partir da apresentação do simulador PhET e seus recursos, que os alunos manipulem-no à vontade, durante o restante do tempo desta etapa, a fim de que eles se familiarizem mais com o software.

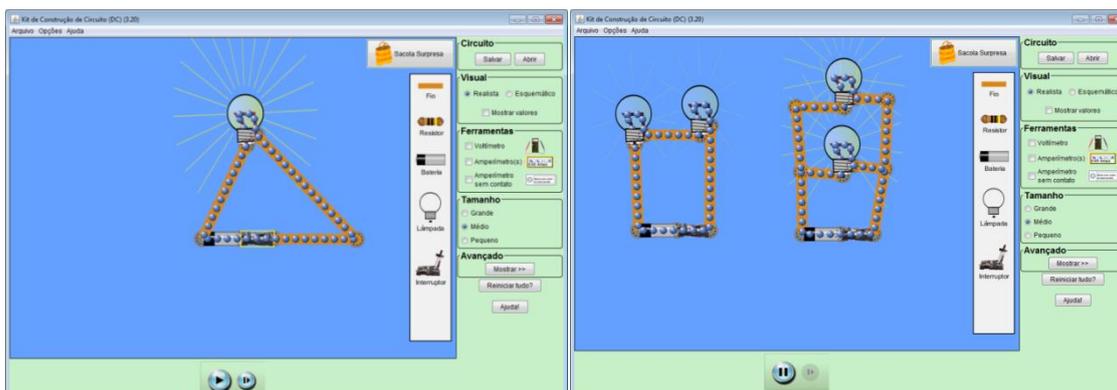
• Montagens virtuais orientadas: Essa tarefa é dedicada a explorar algumas montagens virtuais específicas, a saber:

- 1) Circuito elétrico com 1 lâmpada.
- 2) Circuito elétrico com 2 lâmpadas “em sequência”¹¹.
- 3) Circuito elétrico com 3 lâmpadas “em sequência”.
- 4) Circuito elétrico com 2 lâmpadas “lado a lado”.
- 5) Circuito elétrico com 3 lâmpadas “lado a lado”.

Em todas as montagens acima sugeridas, é solicitado que os estudantes usem uma tensão de 6 volts para a pilha e insiram uma chave interruptora. É mostrado aos estudantes que as características dos dispositivos do circuito podem ser alteradas, clicando com o botão direito do mouse sobre os dispositivos. Os alunos são estimulados a alterar a tensão da bateria e observar o efeito luminoso produzido. A figura 13 exemplifica algumas maneiras de montar circuitos elétricos com o KCC.

¹¹Note que, na descrição dessas primeiras atividades com o KCC, não mencionamos os termos “em série” e “paralelo”, uma vez que ainda não foram abordados conceitualmente os tipos de associação de circuitos elétricos.

Figura 13 – Circuitos no simulador PhET.



Fonte: Arquivo do autor.

- Atividade de verificação de aprendizagem: Com base nas montagens virtuais de circuitos elétricos feitas na etapa anterior, a atividade “Investigando os Fenômenos – 1” é reformulada, a fim de detectar se houve consolidação de alguns significados e conceitos.

Investigando os Fenômenos – 2

1) O que ocorre com a luminosidade da(s) lâmpadas quando aumentamos a voltagem da bateria?

2) Em quais circunstâncias as lâmpadas tiveram maior intensidade luminosa?

3) Aumentando a quantidade de lâmpadas ligadas “em sequência”, o que ocorre com a luminosidade? Por quê?

4) Ligando as lâmpadas “lado a lado”, importa quantas lâmpadas sejam adicionadas ao circuito?

5) Como você explicaria o efeito das lâmpadas ligadas “lado a lado”?

3.4.3 Realização de Medidas com o Multímetro: do Virtual ao Real

Data do 3º Encontro: 12/05/2017

Período: 13:00 – 14:40

Objetivo: Apresentar aos alunos os medidores elétricos, a fim de que eles aprendam a manuseá-los para obter medidas de grandezas elétricas nos circuitos elétricos, essenciais para a compreensão da proposta deste trabalho.

Detalhando o 3º Encontro¹²: As atividades desenvolvidas nessa etapa permitem dar um passo além na compreensão do motivo de as lâmpadas apresentarem luminosidades diferentes em distintas situações. Os alunos podem perceber através dos valores encontrados nas medidas, como se relacionam matematicamente as grandezas corrente elétrica, tensão elétrica e resistência elétrica. Três etapas compõem esse encontro: explanação sobre os medidores elétricos (duração de 20 minutos), aferição de medidas elétricas no simulador PhET (duração de 30 minutos) e aferição de medidas elétricas nas montagens de circuitos elétricos com a tábua (duração de 50 minutos).

- Medidores elétricos: Assim como é possível medirmos o comprimento, a massa, a temperatura ou outras grandezas físicas de um corpo ou sistema, podemos mensurar as principais grandezas físicas associadas a circuitos elétricos, ou seja: corrente elétrica, tensão e resistência elétrica. Para isso, usamos medidores elétricos: *amperímetro* (corrente elétrica), *voltímetro* (tensão elétrica) e *ohmímetro* (resistência elétrica). Há ainda o multímetro, capaz efetuar medidas de corrente, tensão e resistência elétrica.

Figura 14 – Amperímetro¹³.



Fonte: Vide nota de rodapé 13.

Figura 15 – Voltímetro¹⁴.



Fonte: Vide nota de rodapé 14.

A figura 16 ilustra um multímetro digital, suas partes e funções. O modelo utilizado (DT830B¹⁵) é bastante comum, e atualmente tem preço acessível, sendo fácil de ser encontrado em lojas de materiais elétricos e eletrônicos.

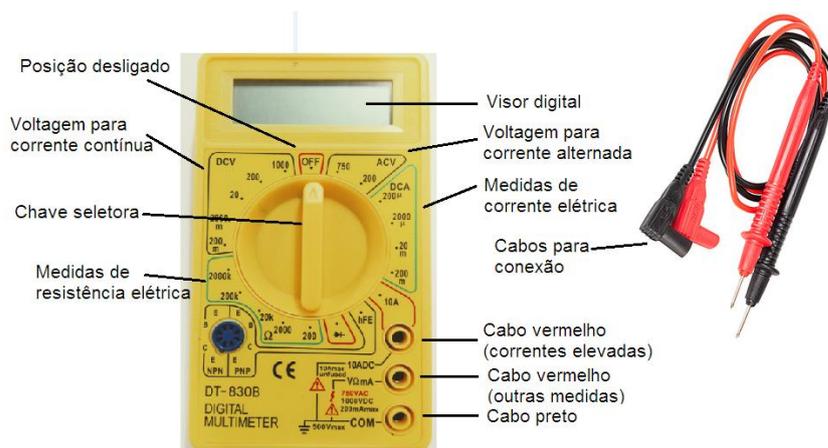
¹²Levaremos em conta o fato de os estudantes do projeto já terem visto a Primeira Lei de Ohm durante as aulas regulares, junto com os demais estudantes, antecipadamente a esta atividade.

¹³Figura obtida em www.usinainfo.com.br/ Acesso em 12 de agosto de 2017.

¹⁴Figura obtida em www.3bscientific.com.br/ Acesso em 12 de agosto de 2017.

¹⁵As especificações técnicas e instruções de uso estão disponíveis em <http://www.multitoc.com.br/eng/downloads/manuais/MultimetroDigitalDT830B.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

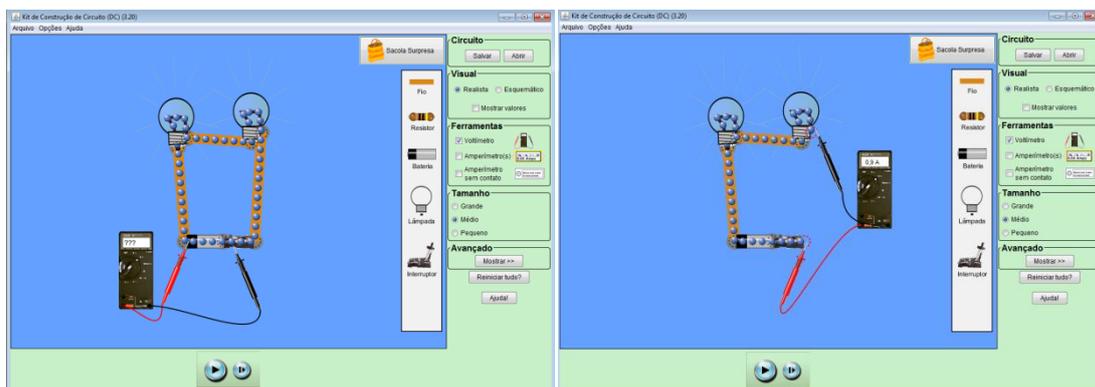
Figura 16 – Multímetro digital.



Fonte: Arquivo do autor.

- **Medidor elétrico virtual:** Para efetuar corretamente as medidas, os medidores devem ser adequadamente inseridos no circuito elétrico, tanto na simulação quanto no experimento real: o voltímetro deve ser conectado “por fora” aos polos do dispositivo a ter medida sua tensão; o amperímetro deve ser inserido dentro do circuito ou do trecho do circuito, passando a fazer parte do mesmo. A figura 17 ilustra como conectar o multímetro virtual a um circuito elétrico para medir tensão e corrente¹⁶.

Figura 17 – Medida de tensão e corrente elétrica.



Fonte: Arquivo do autor.

Obtenção de Medidas Elétricas Virtuais: É solicitado que os alunos realizem as seguintes ações no simulador:

¹⁶Para efeitos didáticos, na figura 16 B, utilizamos o voltímetro virtual para demonstrar a forma de inserção do multímetro para medir corrente elétrica. O amperímetro do simulador não tem a aparência do multímetro, razão pela qual optamos pelo voltímetro para essa representação. Durante a demonstração para os alunos, é necessário mencionar tal fato.

1) Monte um circuito elétrico virtual, contendo 1 bateria (6 V), 1 lâmpada e um interruptor. Acione o interruptor e meça a voltagem nos polos da lâmpada. Insira no circuito um amperímetro e meça a corrente elétrica. Anote os valores encontrados.

2) Com os valores obtidos na questão anterior, calcule a resistência elétrica da lâmpada.

3) Usando o mesmo circuito da questão 1, e mantendo os medidores elétricos, altere a tensão da bateria para 12 V. Novamente, anote os valores encontrados da voltagem e da corrente elétrica.

4) Calcule, com os valores obtidos na questão anterior, a resistência elétrica da lâmpada.

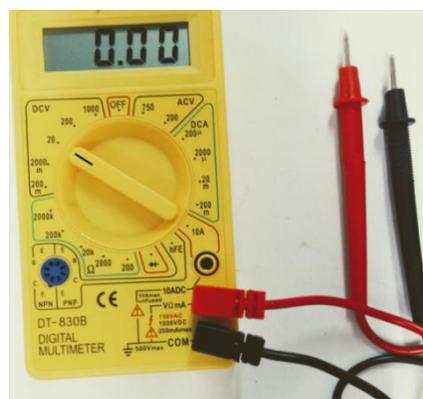
5) Qual o efeito produzido na corrente elétrica quando a voltagem foi duplicada?

6) Qual o efeito produzido na luminosidade da lâmpada quando a corrente elétrica aumenta?

- Medidor elétrico real (multímetro): Nesta etapa, os estudantes manuseiam o multímetro. A cada grupo de alunos, é distribuído um multímetro. Porém, antes que eles manuseiem o medidor elétrico, faz-se necessário alertar sobre alguns cuidados que se deve ter ao efetuar medidas elétricas em circuitos reais:

Para evitar que o multímetro ou outro medidor elétrico sejam danificados, a chave que seleciona a função (ddp, corrente ou resistência) deve estar posicionada no maior valor numérico daquela função, quando não se tem ideia do valor a ser medido. A melhor precisão da medida será quando o multímetro não apresentar zeros à esquerda do visor. A posição da chave, na condição de melhor precisão será aquela em que o número para o qual a chave do multímetro está apontando for ligeiramente superior à quantidade que estiver sendo medida. Por exemplo, se for medida a tensão

Figura 18 – Multímetro pronto para medir ddp.



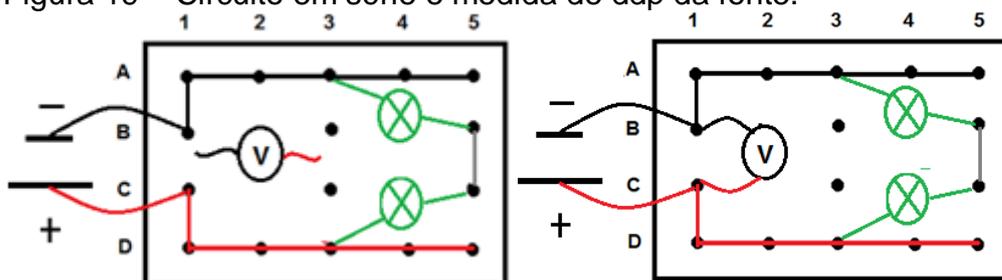
Fonte: Arquivo do autor.

elétrica de uma bateria cuja indicação em seu rótulo seja 9 volts, o multímetro deve estar na posição 20 V, que é o valor ligeiramente maior que 9 V na escala do multímetro;

Para medidas de ddp (diferença de potencial elétrico), em corrente contínua, que é caso das atividades com a tábua de montagem de circuitos, basta posicionar a chave do multímetro na posição “20 V” ou inferior, na escala correspondente a voltagem em corrente contínua. A figura 18 ilustra o posicionamento da chave e dos conectores no multímetro, lembrando que o conector preto deve estar plugado ao borne “COM” e o conector vermelho no borne “VΩmA”.

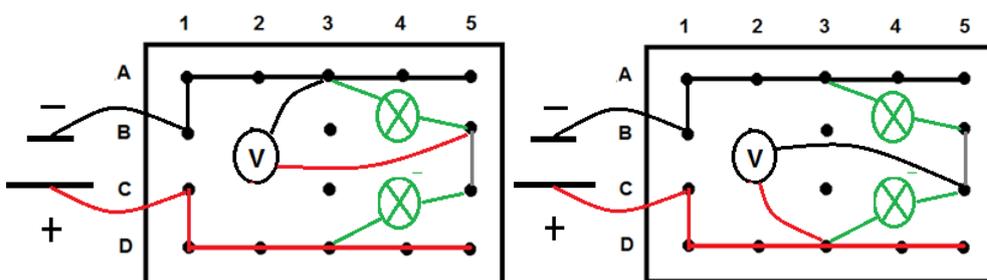
Em seguida, as ilustrações trazem uma sequência proposta para medidas de voltagem dos elementos do circuito montado na tábua. Vale lembrar que a voltagem deve ser medida posicionando o multímetro em paralelo com o dispositivo que se deseje medir a voltagem.

Figura 19 – Circuito em série e medida de ddp da fonte.



Fonte: Elaborada pelo autor.

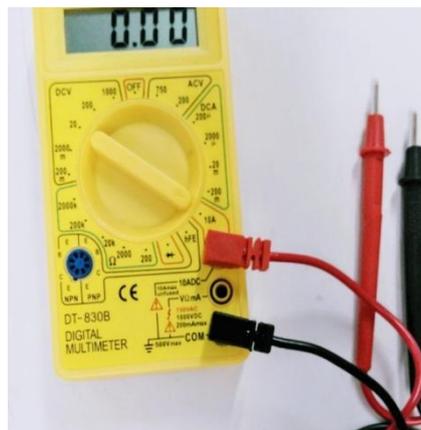
Figura 20 – Medidas de voltagem das lâmpadas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para medir a corrente elétrica, inicialmente, o multímetro deve estar com a chave seletora corretamente posicionada. Como não se conhece ainda a ordem de grandeza da corrente elétrica a ser medida, a chave deve estar apontando para a posição “10 A”, o conector preto deve estar plugado no borne “COM”, enquanto que o conector vermelho deve estar plugado no borne “10 A”. Caso a leitura no multímetro seja pequena, da ordem de 0,2 A ou menor, retroceda a chave até a posição mais adequada de leitura, conforme dito inicialmente nessa secção, não se esquecendo de alterar o conector vermelho para o borne “VΩmA”.

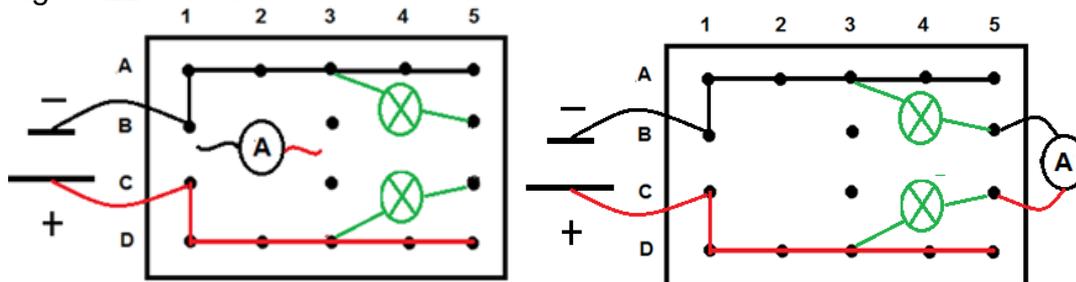
Figura 21 – Multímetro pronto para medir corrente.



Fonte: Arquivo do autor.

Tomando-se os cuidados mencionados acima, o próximo passo é montar um circuito básico na tábua, contendo pelo menos uma lâmpada ou qualquer outro elemento resistivo, conectado à fonte. As imagens a seguir mostram o esquema de uma seqüência que pode ser adotada para medir a corrente elétrica em um circuito. Vale salientar que o multímetro deve fazer parte do circuito.

Figura 22 – Medida de corrente de circuito em série.



Fonte:Elaborada pelo autor.

3.4.4 Circuitos Elétricos em Série

Data do 4º Encontro: 19/05/2017

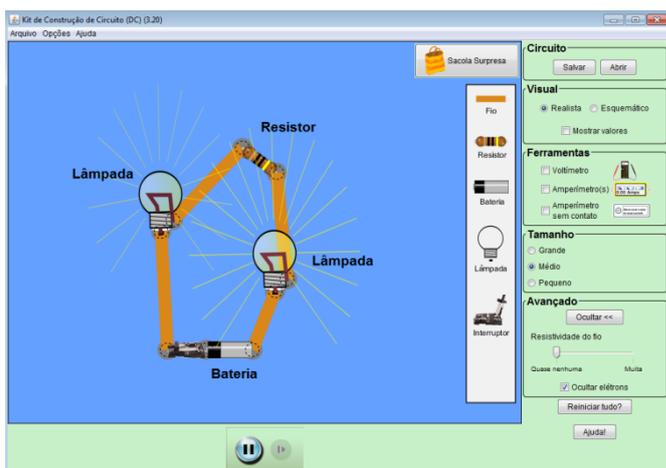
Período: 13:00 – 14:40

Objetivo: Compreender as relações matemáticas entre as grandezas físicas elétricas (corrente, tensão e resistência), bem como as implicações físicas das relações de tais variáveis, quando realizadas associações em série.

Detalhando o 4º Encontro: Podemos dividir esse encontro em quatro partes: descrição em sala de aula, por parte do professor, do padrão característico das associações de resistores em série (duração de 10 minutos); de uma sequência de ações com o simulador, para que os estudantes analisem as relações entre as grandezas físicas envolvidas nas associações em série (30 minutos); desenvolvimento de uma sequência com o uso da tábua de montagem de circuitos, dos elementos acessórios e do multímetro, similar àquela desenvolvida no KCC na etapa anterior (duração de 40 minutos); e atividade de verificação de aprendizagem acerca das características dos circuitos em série (20 minutos).

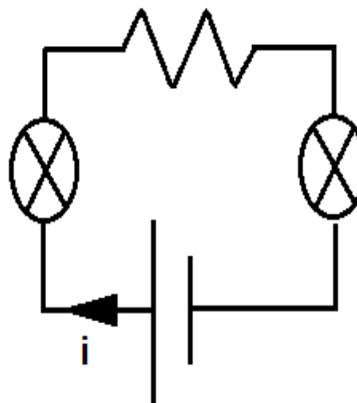
- **Associações em série:** Os elementos do circuito (lâmpadas, resistores, LEDs, etc.), são ligados em sequência, sendo assim percorridos pela mesma corrente elétrica.

Figura 23 – Circuito em série no simulador.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 24 – Esquema.



Fonte: Elaborada pelo autor.

- **Circuito em série no simulador:** Monte, no KCC, o circuito elétrico em série esquematizado conforme a figura 24, e realize as tarefas pedidas na

sequência, discutindo internamente (no grupo) as questões relativas a cada ação. OBS: Em todas as tarefas, mantenha a tensão fixa.

1) Com o voltímetro virtual, meça a voltagem entre os polos da bateria. Faça o mesmo entre os polos das lâmpadas L_1 e depois L_2 . Anote os valores encontrados.

2) Insira no circuito, entre as duas lâmpadas L_1 e L_2 , um resistor, e com o voltímetro, meça novamente as tensões entre os polos da bateria, das lâmpadas e dos resistores. Anote os valores encontrados.

3) Chamando de V a ddp da bateria, e de V_1 , V_2 e V_3 a ddp dos outros elementos do circuito, encontre uma equação que satisfaça os resultados obtidos nas questões 1 e 2. Descreva por extenso o significado da equação.

4) Retorne à montagem inicial com duas lâmpadas, insira no circuito três amperímetros, um deles entre as lâmpadas L_1 e L_2 , outro entre a lâmpada L_1 e a bateria, e por último, um amperímetro entre a lâmpada L_2 e a bateria. Anote as medidas dos amperímetros. Qual é sua conclusão, em virtude desses resultados?

5) Agora, mantendo apenas a lâmpada L_1 e um amperímetro no circuito, meça a voltagem da bateria com o voltímetro e anote esse valor, bem como a corrente elétrica lida pelo amperímetro. Refaça essas medidas, após acrescentar a lâmpada L_2 em série.

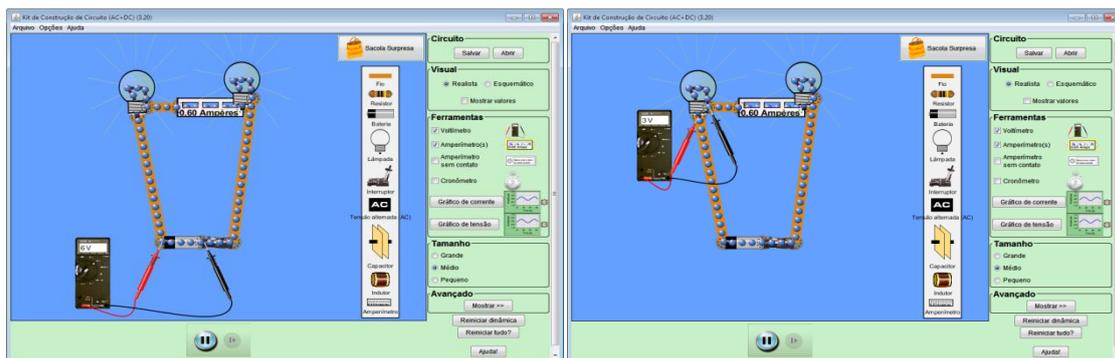
6) A corrente elétrica fornecida pela bateria é maior com uma lâmpada ou com duas lâmpadas em série? Por quê?

7) Usando os resultados obtidos na questão 5 e sabendo que no simulador as lâmpadas se comportam como condutores ôhmicos, calcule, usando $R = V/i$, a resistência elétrica do circuito quando só estava L_1 . Depois, calcule a resistência elétrica no circuito quando estavam ligadas L_1 e L_2 .

8) Sem usar o simulador, determine qual a resistência elétrica do circuito caso seja associada em série uma terceira lâmpada L_3 .

9) Chamando a resistência do circuito de R_T , e as resistências das três lâmpadas de R_1 , R_2 , e R_3 , encontre uma equação que satisfaça os resultados obtidos nas questões 7 e 8. Descreva por extenso o significado da equação.

Figura 25 – Medições de ddp em circuitos em série com 2 lâmpadas.



Fonte: Arquivo do autor.

- Circuito em série na tábua: Agora, é a vez de usar a tábua de montagem de circuitos elétricos para testar as características das associações em série. Siga as instruções a seguir, discutindo internamente (no grupo) as perguntas feitas após cada ação:

1) Conecte a fonte à tábua (use a fonte de carregador de celular) e uma das lâmpadas. Depois, associe em série uma segunda lâmpada. Agora responda:

- a) A luminosidade aumentou ou diminuiu?
- b) Por que ocorreu esse efeito na luminosidade?

2) Ainda com as duas lâmpadas ligadas em série na tábua, meça com o multímetro a corrente elétrica em dois pontos diferentes do circuito. Os valores medidos são diferentes?

3) Com as duas lâmpadas conectadas em série à fonte, meça com o multímetro a tensão entre os polos da fonte, e entre os polos de cada uma das lâmpadas. A soma das tensões de cada lâmpada corresponde à tensão da fonte?

4) Ligue agora uma lâmpada de cada vez à fonte e meça a corrente elétrica e a voltagem. Calcule a resistência de cada lâmpada.

5) Usando o valor de corrente elétrica no circuito, medido na etapa 2 dessa atividade, e com as tensões elétricas já medidas em cada lâmpada e na fonte, na etapa 3, responda:

- a) Qual a resistência de cada lâmpada?
- b) Qual a resistência total do circuito? (use $R = V / i$)
- c) A soma das resistências das lâmpadas (a) corresponde à resistência total do circuito (b)?

• Atividade de verificação de aprendizagem – 1: A atividade a seguir, proposta para os estudantes, é realizada individualmente, sem o uso do simulador PhET ou da tábua de circuitos elétricos.

(Para as questões 1, 2 e 3) Quando um resistor de resistência R está ligado a uma fonte de tensão U , a corrente elétrica que atravessa o circuito tem um valor i . Tome uma situação em que $U = 6$ volts, $R = 5$ ohm. Considerando que a Lei de Ohm descreve a situação e que a fonte e os fios são ideais, responda:

1) Qual o valor da corrente elétrica que atravessa o circuito?

2) Se a tensão U da fonte for mantida fixa e for adicionado ao circuito um segundo resistor, também de resistência $R = 5$ ohm, em série com o primeiro resistor, o novo valor de corrente elétrica para o circuito será:

a) 1,2 ampère

b) 2,4 ampère

c) 0,6 ampère

d) 2,0 ampère

3) Considerando que a tensão U da fonte vale 6 volts, qual a tensão de cada um dos dois resistores?

a) 3 volts

b) 4 volts

c) 5 volts

d) 6 volts

(Para as questões 4, 5 e 6) Sabe-se que um circuito elétrico, alimentado por uma fonte de tensão ideal U , possui três resistores, R_1 , R_2 e R_3 , associados em série.

4) O que podemos afirmar sobre a corrente elétrica que atravessa os três resistores?

a) É maior em R_1

b) É maior em R_2

c) É maior em R_3

d) É a mesma para os três resistores

5) Se substituíssemos os três resistores por apenas um resistor, qual deveria ser a resistência equivalente R_{TOTAL} desse único resistor, que causaria

os mesmos efeitos no circuito elétrico que os três resistores R_1 , R_2 e R_3 causaram juntos?

6) Se a tensão na fonte é $U = 6$ volts, além de R_1 , R_2 e R_3 serem resistores de mesma resistência, qual o valor a tensão em cada um dos resistores?

- 2 volts
- 3 volts
- 5 volts
- 6 volts

3.4.5 Circuitos Elétricos em Paralelo

Data do 5º Encontro: 26/05/2017

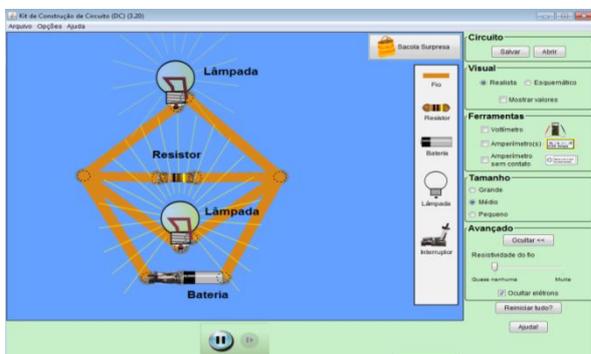
Período: 13:00 – 14:40

Objetivo: Compreender as relações matemáticas entre as grandezas físicas elétricas (corrente, tensão e resistência), bem como as implicações físicas das relações de tais variáveis, quando realizadas associações em paralelo.

Detalhando o 5º Encontro: As atividades desenvolvidas nesse encontro são semelhantes àquelas realizadas para os circuitos em série (subseção 3.4.4), tendo exatamente a mesma sequência de atividades, com ações ligeiramente diferentes em cada uma delas, que caracterizam as associações em paralelo.

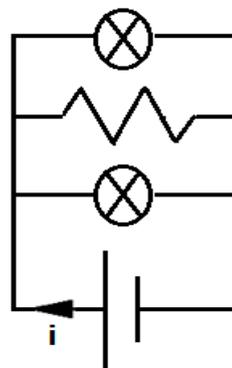
- **Associações em paralelo:** Os elementos do circuito (lâmpadas, resistores, LEDs, etc.), estão conectados diretamente à fonte de tensão, sendo assim independentes uns dos outros.

Figura 26 – Circuito em paralelo no KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 27 – Esquema.



Fonte: Elaborada pelo autor.

• Circuito em paralelo no KCC: Monte, com o kit de construção de circuitos DC, o circuito elétrico em paralelo esquematizado conforme a figura 27, e realize as tarefas pedidas na sequência, discutindo internamente as questões relativas às ações propostas. OBS: Em todas as tarefas, mantenha a tensão fixa.

1) Com o voltímetro virtual, meça a voltagem entre os polos da bateria. Faça o mesmo entre os polos das lâmpadas L_1 , L_2 e depois L_3 . Anote os valores encontrados. O que se conclui com esses resultados, com relação à voltagem de cada elemento e da fonte?

2) Insira no circuito, próximo à saída da bateria, um amperímetro, e mantenha ligada apenas a lâmpada L_1 . Anote o valor encontrado. Ligue também L_2 e anote o valor encontrado. Agora ligue também L_3 , anotando o valor encontrado.

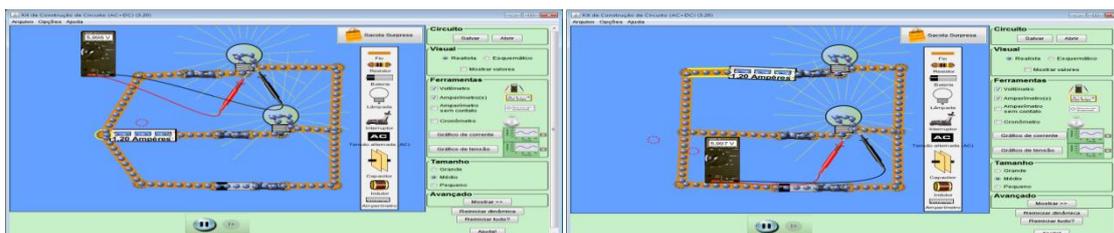
3) Deixe ligadas as três lâmpadas no circuito, mantenha o amperímetro medindo a corrente elétrica geral e adicione mais três amperímetros, cada um próximo a uma das lâmpadas. Anote os valores encontrados nos três amperímetros adicionados, e chamando de i a corrente elétrica que sai da bateria, de i_1 , i_2 e i_3 as correntes que atravessam L_1 , L_2 e L_3 , respectivamente, encontre uma equação para as correntes que satisfaça os resultados obtidos nesta questão. Descreva por extenso o significado da equação.

4) Usando a equação $R = V/i$, calcule a resistência do circuito quando:

- apenas L_1 estiver acesa.
- apenas L_1 e L_2 estiverem acesas.
- estiverem acesas L_1 , L_2 e L_3 .

5) Analisando os resultados encontrados na questão 4, diga o que acontece com a resistência elétrica do circuito em paralelo quando aumentamos o número de elementos ligados? E com a corrente elétrica?

Figura 28 – Medidas elétricas de circuito em paralelo no KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

- Circuito em paralelo na tábua: Assim como foram realizados testes com a tábua de montagem de circuitos para testar características das associações em série, a tarefa a seguir constitui em uma sequência de atividades para testar as características das associações em paralelo. Siga as instruções, respondendo internamente as questões formuladas em cada ação:

1) Conecte a fonte na tábua (use a fonte de carregador de celular) e uma das lâmpadas. Depois, associe em paralelo uma segunda lâmpada. Agora responda:

- a) A luminosidade aumentou ou diminuiu?
- b) Por que ocorreu esse efeito na luminosidade?

2) Com as duas lâmpadas ligadas em paralelo na tábua, meça com o multímetro a tensão (voltagem) entre os polos de cada uma das lâmpadas, bem como entre os polos da fonte. Os valores medidos são diferentes?

3) Ainda com as duas lâmpadas conectadas em paralelo, meça com o multímetro a corrente elétrica na saída da fonte, e a corrente elétrica que atravessa cada uma das lâmpadas. A soma das correntes em cada lâmpada corresponde à corrente disponibilizada pela fonte?

4) Calcule a resistência de cada uma das lâmpadas, usando os valores de tensão elétrica observada em cada uma delas (etapa 2 desta atividade) e a corrente elétrica que as atravessa nessas condições (etapa 3 desta atividade).

5) Usando o valor de corrente elétrica de saída da fonte (etapa 3) em conjunto com o valor da tensão entre os polos da fonte (etapa 2), calcule a resistência total do circuito.

6) Somando-se as resistências de cada uma das lâmpadas (etapa 4), o valor obtido corresponde à resistência total do circuito (etapa 5)?

7) O que é possível concluir, a respeito da resistência equivalente (ou total) de um circuito em paralelo, na medida em que aumentamos o número de dispositivos associados (todos em paralelo)?

- Atividade de verificação de aprendizagem – 2: A atividade a seguir, proposta para os estudantes, é realizada individualmente, sem o uso do KCC e/ou da tábua de circuitos elétricos.

(Para as questões 1 e 2) Considere um circuito elétrico alimentado por uma fonte de tensão $U = 6$ volts e três resistores R_1 , R_2 e R_3 , associados à fonte de forma independente (em paralelo). Sabe-se que R_1 , R_2 e R_3 possui cada um o mesmo valor de resistência ($R = 5$ ohm). Considerando a fonte e os fios ideais, responda:

1) Qual o valor da corrente elétrica que fornecida pela fonte ao circuito, quando apenas um dos resistores (R_1 , por exemplo) está ligado?

- a) 0,8 A
- b) 1,0 A
- c) 1,2 A
- d) 1,5 A

2) Se forem ligados R_1 e R_2 ao mesmo tempo, o que acontece com o valor da corrente elétrica fornecida pela fonte?

- a) Aumenta
- b) Diminui
- c) Não varia
- d) Se anula

(Para as questões 3, 4, e 5 – Considere ainda os valores e informações do texto inicial) Suponha que R_1 , R_2 e R_3 representam a resistência de três lâmpadas, e que inicialmente R_1 e R_2 já estavam ligadas em paralelo com a fonte. Caso seja acionada também em paralelo uma terceira lâmpada R_3 , responda:

3) O que ocorre com a luminosidade de R_1 e R_2 :

- a) Aumenta
- b) Diminui
- c) Não varia
- d) Se anula

4) Sendo i a corrente elétrica fornecida pela fonte e R_{eq} a resistência elétrica total ou equivalente, diga o que ocorre à medida que mais dispositivos são associados em paralelo:

- a) i diminui e R_{eq} aumenta
- b) i aumenta e R_{eq} diminui
- c) i aumenta e R_{eq} aumenta
- d) i não varia e R_{eq} diminui

5) Sendo a corrente elétrica i de intensidade 3,6 A para o circuito quando as três lâmpadas estão ligadas à fonte e em paralelo, responda:

- a) Qual o valor da corrente que atravessa cada uma das três lâmpadas R_1 , R_2 e R_3 ?
- b) Qual o valor da resistência equivalente R_{eq} , sendo $R_1 = R_2 = R_3 = 5$ ohm?

3.4.6 Finalização das Atividades

Data do 6° Encontro: 02/06/2017

Período: 13:00 – 14:40

Objetivo: Avaliar a sequência didática através de uma atividade escrita envolvendo os conhecimentos compartilhados ao longo dos 5 encontros anteriores e avaliação dos alunos quanto à proposta vivenciada.

Detalhando o 6° Encontro: Nesse último encontro, são aplicadas as duas atividades mencionadas nos objetivos. Assim, os estudantes podem nessas atividades finais expressar aquilo que aprenderam significativamente, e também avaliar seu grau de satisfação quanto ao produto educacional.

Compartilhando os significados: Através deste instrumento de verificação de aprendizagem, coletamos o significado compartilhado pelos estudantes partícipes, acerca dos conhecimentos físicos trabalhados ao longo dos 5 encontros anteriores.

1) O significado físico da corrente elétrica pode ser melhor compreendido como sendo:

- a) O movimento desordenado de elétrons.
- b) Um fluxo de cargas elétricas de maneira ordenada.
- c) Choques de elétrons devido à repulsão elétrica.
- d) Movimentos aleatórios de cargas elétricas.

2) A diferença de potencial elétrico, ou voltagem, como é popularmente conhecida, é uma grandeza elétrica cujo conceito está relacionado com:

- a) O número de massa dos átomos que compõem o fio condutor.
- b) A força de atração entre cargas de sinais iguais.
- c) A intensidade do campo magnético criado por um monopolo magnético.

d) A quantidade de energia que os portadores de carga elétrica conduzem.

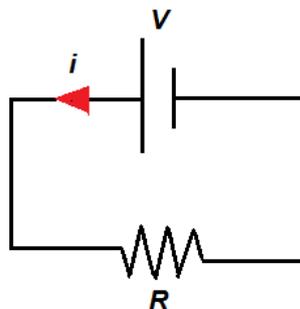
3) A resistência elétrica é uma grandeza física cujo conceito tem a ver com:

- a) O grau de dificuldade imposto a uma corrente elétrica.
- b) A máxima potência que um aparelho elétrico possui.
- c) A mudança da velocidade dos prótons e nêutrons.
- d) O equilíbrio entre as forças elétrica e gravitacional.

4) O seguinte circuito elétrico, composto por um resistor (ôhmico), de resistência elétrica R , é percorrido por uma corrente elétrica i , quando alimentado por uma fonte de tensão V .

Qual será o valor da corrente elétrica caso seja imposta aos terminais do circuito elétrico uma tensão $2V$?

Figura 29 – Circuito com resistor.

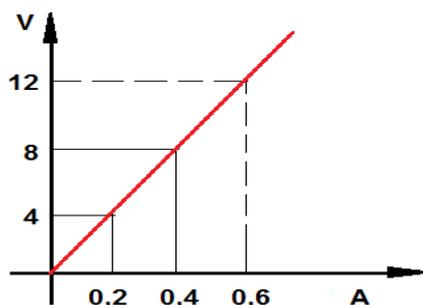


- a) i
- b) $2i$
- c) $i + R$
- d) $i + 2R$
- e) $2i + R$

Fonte: Elaborada pelo autor

(Para as questões 5 e 6) A relação entre a tensão elétrica e a corrente elétrica em um condutor ôhmico é representada no gráfico a seguir.

Figura 30 – Gráfico de condutor ôhmico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Responda as questões, acerca do condutor representado graficamente na figura 30:

5) A resistência elétrica do resistor é, em Ω :

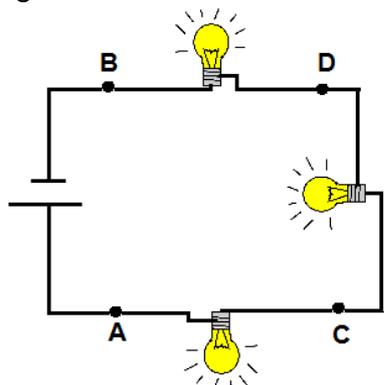
- a) 8 b) 12 c) 16 d) 20

6) A intensidade da corrente elétrica, quando a ddp entre os terminais do resistor for de 6,0 volts, corresponde a:

- a) 0,2 A b) 0,3 A c) 0,4 A d) 0,5 A

(Para as questões 7 e 8) A figura 31 representa um circuito elétrico em série, onde as lâmpadas são idênticas e a ddp entre A e B vale 18 volts.

Figura 31 – Circuito em série.



Fonte: Elaborada pelo autor.

7) A ddp entre A e C vale:

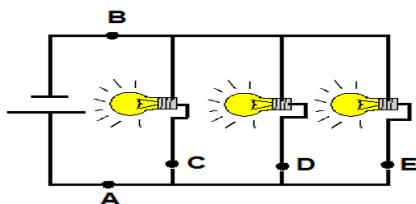
- a) 6 V b) 12 V c) 18 V d) 24 V

8) Nos pontos A, B, C e D, a corrente elétrica:

- a) É nula
 b) Varia de acordo com a distância dos pontos para o polo positivo da bateria.
 c) Se anula apenas no ponto B.
 d) É a mesma em todos os pontos.

(Para as questões 9 e 10) A figura 32 representa um circuito elétrico em paralelo, onde as lâmpadas são idênticas e a ddp entre A e B vale 6 volts.

Figura 32 – Circuito em paralelo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

9) Considerando as informações acerca do circuito dado, é correto afirmar que:

- a) A corrente elétrica em C é menor que em D.
- b) As três lâmpadas estão sujeitas à mesma voltagem.
- c) As lâmpadas apresentam resistência elétrica nula.
- d) As lâmpadas dependem umas das outras para funcionar.

10) Se a corrente elétrica no ponto A for igual a 1,5 ampères, é correto afirmar que:

- a) A corrente elétrica em C vale 1,5 ampères.
- b) A corrente elétrica em D vale 1,5 ampères.
- c) A corrente elétrica em E vale 1,5 ampères.
- d) A soma das correntes elétricas em C, D e E vale 1,5 ampères.

• Avaliando o Produto Educacional: Através deste instrumento, os alunos externam seu grau de satisfação com relação ao próprio aprendizado, a partir da vivência com o produto educacional.

1) O uso da tábua de montagem de circuitos elétricos ajudou a compreender os conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e tensão elétrica?

Sim Não Em parte

2) As montagens de circuitos elétricos na tábua são fáceis de serem realizadas?

Sim Não Em parte

3) Classifique de 1 a 4, seu nível de compreensão dos conteúdos de eletrodinâmica, a partir do uso da tábua de montagem de circuitos elétricos durante as aulas. (1 representa o menor nível de compreensão e 4, o maior)

1 2 3 4

4) O uso do kit de construção de circuitos DC ajudou a compreender os conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e tensão elétrica?

Sim Não Em parte

5) As montagens de circuitos elétricos no kit de construção de circuitos DC são fáceis de serem realizadas?

Sim Não Em parte

6) Classifique de 1 a 4, seu nível de compreensão dos conteúdos de eletrodinâmica, a partir do uso do kit de construção de circuitos DC para circuitos elétricos durante as aulas. (1 representa o menor nível de compreensão e 4, o maior)

1 2 3 4

7) Nas atividades que foram realizadas com a tábua de montagem de circuitos elétricos e com o *KCC* para circuitos elétricos de forma conjugada, qual plataforma em sua opinião ajudou a compreender melhor o conteúdo?

Tábua Simulador Ambos Nenhum

8) Indique de 1 a 4 o grau de satisfação com a proposta de ensino aplicada ao conteúdo de eletrodinâmica. (1 representa o menor nível de satisfação e 4, o maior)

1 2 3 4

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dados estatísticos

As investigações, sondagens e avaliações de aprendizagem, realizadas no âmbito do produto educacional, têm o intuito de nos trazer respostas acerca de como os alunos aprenderam aquilo que foi proposto nas diversas atividades. Nesta seção, são analisados os resultados obtidos pelos alunos, relativos às atividades acima mencionadas, de maneira direta, sendo realizada uma discussão individualizada em cada situação avaliada. Uma discussão mais geral que motivou tais resultados será feita de forma mais detalhada na seção 4.2.

Para a designação dos nomes de cada barra nos gráficos das subseções 4.1.1 e 4.1.2, e que representam as respostas dadas pelos estudantes, buscamos sintetizar os termos usados, haja vista que as atividades denominadas “investigando os fenômenos” caracterizam-se por questões abertas, que geram respostas diversificadas, mas que podem ter o mesmo sentido.

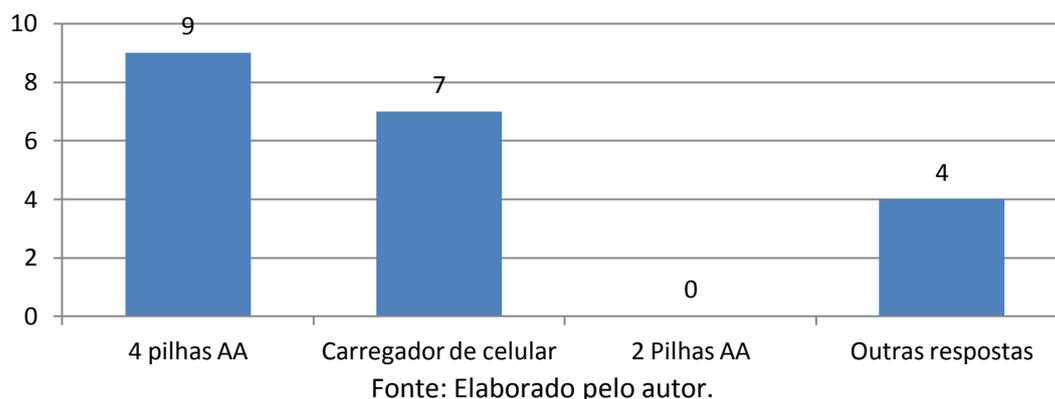
Nas subseções 4.1.3, 4.1.4 e 4.1.5, optamos por colocar os resultados numa tabela, relacionando as questões propostas e o quantitativo de respostas certas e erradas, devido às questões serem ditas “fechadas”.

Os resultados acerca da avaliação do produto educacional por parte dos estudantes (subseção 4.1.6) estão apresentados sob a forma de gráficos de colunas.

4.1.1 Investigando os fenômenos – 1

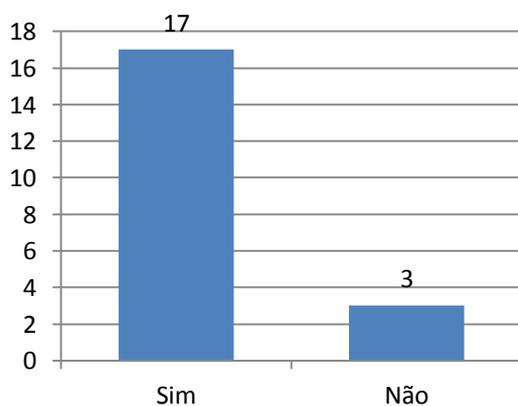
Os gráficos a seguir, que se referem à sessão “Investigando os fenômenos – 1” relacionam o quantitativo de alunos avaliados e as respostas dadas pelos mesmos aos questionamentos realizados.

Gráfico 1 - Fontes de tensão mais eficientes.



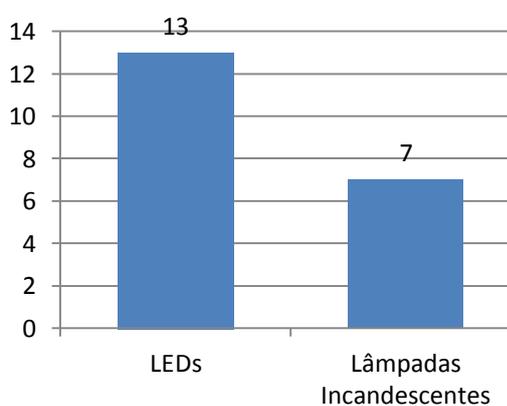
Discussão – Gráfico 1: A partir das respostas acima expostas, podemos observar que os estudantes perceberam no conjunto de 4 pilhas AA (6 volts) e no carregador de celular (5 volts) uma maior eficiência. Como a diferença de tensão entre essas fontes é relativamente pequena, uma pequena diferença na luminosidade foi percebida pelos alunos. No entanto, quando comparadas essas fontes com o conjunto de 2 pilhas AA, a diferença na luminosidade é bastante perceptível.

Gráfico 2 - Percepção de diferentes luminosidades.



Fonte: Elaborado pelo autor.

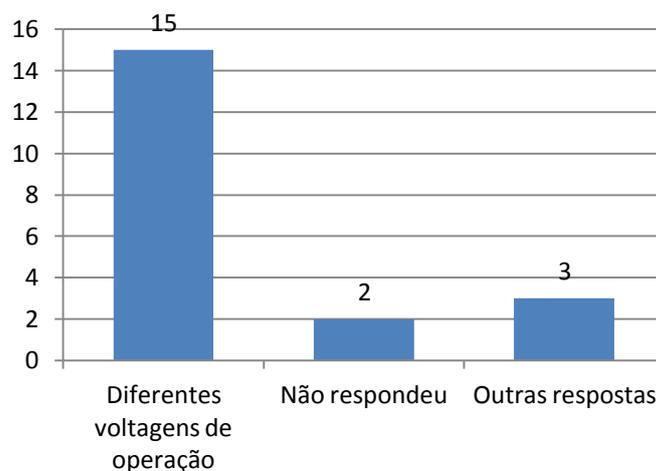
Gráfico 3 - Dispositivos com maior luminosidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 2 e 3: O gráfico 2 nos mostra que a grande maioria dos estudantes percebeu diferentes luminosidades entre os dispositivos, seja pelas diferentes especificações dos elementos resistivos, seja pelo uso de diferentes fontes de tensão. Já o gráfico 3 nos informa que a maioria dos estudantes acha que os LEDs apresentam maior luminosidade.

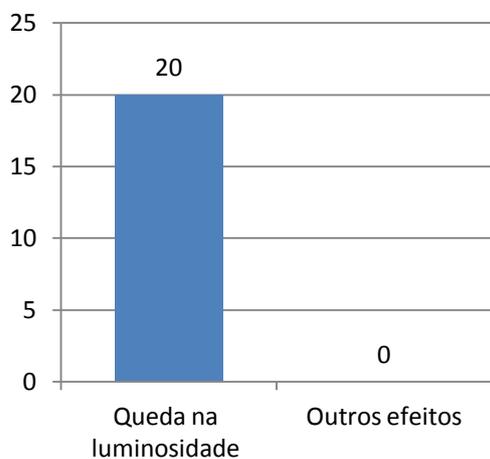
Gráfico 4 - Motivo da diferença de luminosidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

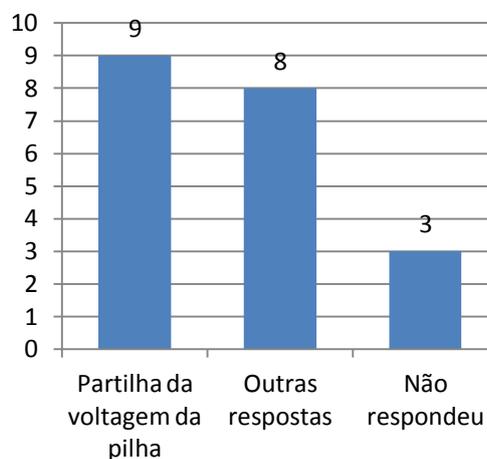
Discussão – Gráfico 4: O gráfico 4 nos mostra que a grande maioria dos estudantes percebe que diferentes voltagens produzem diferentes luminosidades nos dispositivos.

Gráfico 5 - Efeito das ligações em série.



Fonte: Elaborado pelo autor.

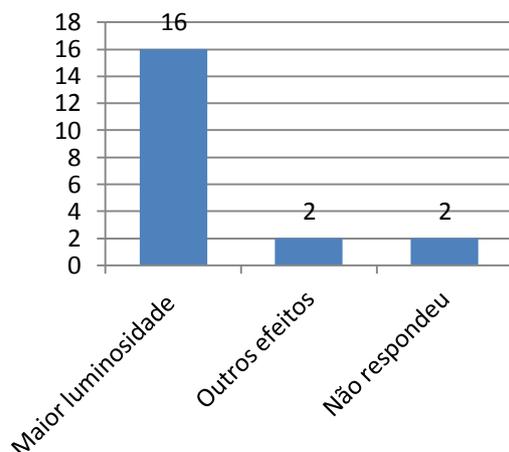
Gráfico 6 - Motivo da redução da luminosidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

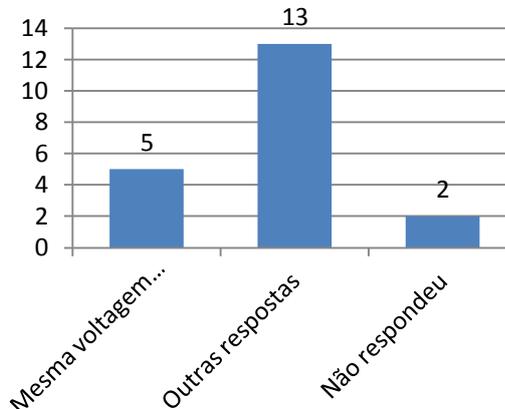
Discussão – Gráficos 5 e 6: O gráfico 5 aponta que todos os estudantes perceberam que, na medida em que mais dispositivos são associados em série, resulta em queda na luminosidade. Dos 20 estudantes, 9 responderam corretamente que a voltagem é dividida entre os elementos do circuito, e isso motiva a redução na luminosidade.

Gráfico 7 - Efeito das ligações em paralelo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 8 - Motivo da maior luminosidade nos dispositivos.



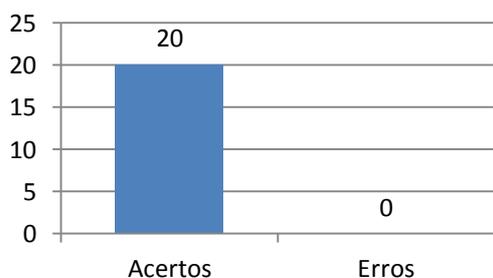
Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 7 e 8: A maioria dos estudantes, de acordo com o resultado apontado pelo gráfico 7, perceberam que quando as lâmpadas são ligadas em paralelo, estas apresentam maior luminosidade, em comparação à ligação em série, embora o gráfico 8 aponte que 1/4 dos estudantes compreende a correta explicação para esse efeito.

4.1.2 Investigando os fenômenos – 2

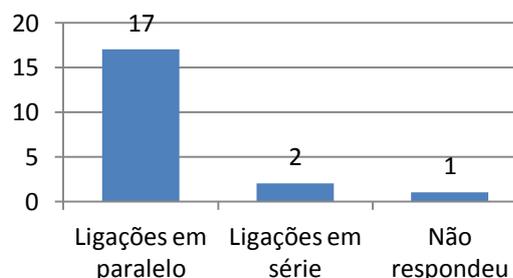
A seguir, os gráficos que se referem à sessão “Investigando os fenômenos – 2” relacionam o quantitativo de alunos avaliados e suas respectivas respostas aos questionamentos realizados.

Gráfico 9 - Relação entre a luminosidade da lâmpada e a voltagem da bateria.



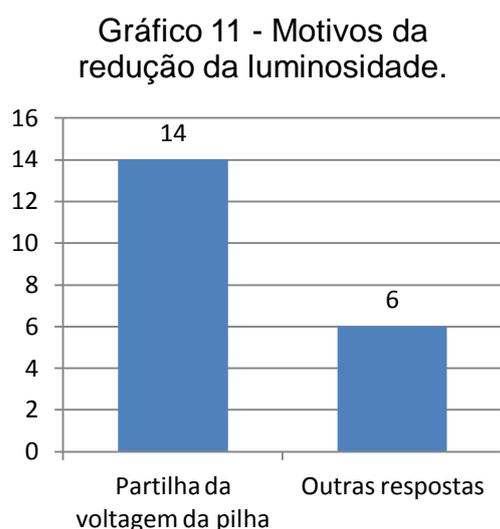
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 10 - Circunstâncias onde ocorreu maior luminosidade.

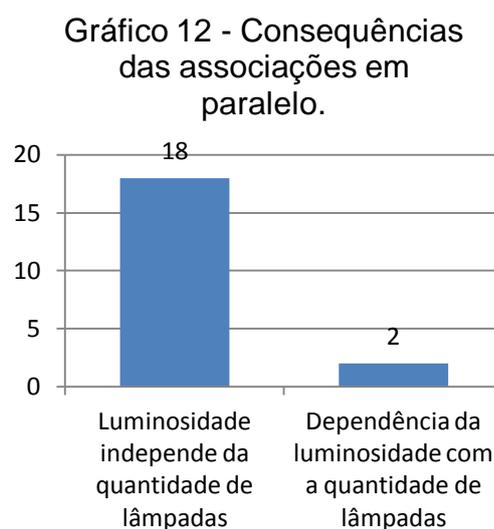


Fonte: Elaborado pelo autor.

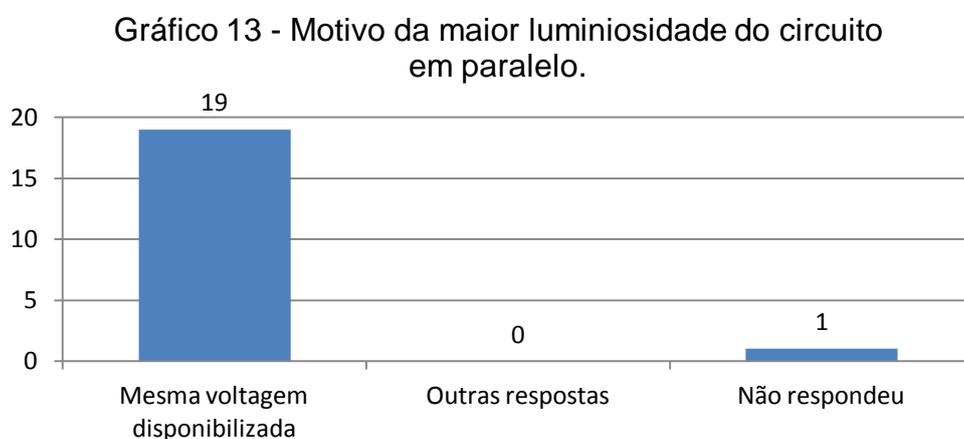
Discussão – Gráficos 9 e 10: Os resultados indicam um correto relacionamento por parte dos estudantes em relação à variação da luminosidade das lâmpadas em função da voltagem da fonte (gráfico 9), assim como o gráfico 10 mostra que para um número n de elementos resistivos ($n > 1$), a maioria dos estudantes percebe a vantagem das ligações em paralelo no quesito luminosidade das lâmpadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 11, 12 e 13: O gráfico 11 traz um resultado que demonstra que houve evolução na compreensão dos estudantes quanto à explicação do que ocorre à tensão disponibilizada aos elementos resistivos com o aumento destes no circuito em série (comparação com o resultado mostrado no gráfico 6), ao passo que o gráfico 12 nos mostra que os

estudantes compreendem a independência dos elementos resistivos na associação em paralelo. O gráfico 13 também aponta uma evolução da compreensão dos alunos, com relação à situação realizada já anteriormente (sessão “Investigando os fenômenos – 1”), apresentada no gráfico 8.

4.1.3 Atividade de verificação de aprendizagem – 1

Tabela 2 – Resultados da Atividade de verificação de aprendizagem 1.

Questão	Conceito / competência / habilidade avaliada	Número de alunos que acertaram	Número de alunos que erraram
1	Aplicação da Primeira Lei de Ohm	16	4
2	Relação entre resistência e corrente	14	6
3	Soma de tensões de resistores em série	20	0
4	Corrente elétrica num circuito em série	20	0
5	Equivalência de resistores em série	12	8
6	Soma de tensões de resistores em série	20	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Atividade de verificação de aprendizagem – 2

Tabela 3 – Resultados da Atividade de verificação de aprendizagem 2.

Questão	Conceito / competência / habilidade avaliada	Número de alunos que acertaram	Número de alunos que erraram
1	Aplicação da Primeira Lei de Ohm	14	6
2	Relação entre resistências em paralelo e corrente	1	19
3	Independência dos dispositivos em paralelo	20	0
4	Relação entre resistência e corrente	2	18
5 (a)	Soma de correntes no circuito em paralelo	14	6
5 (b)	Equivalência de resistores em paralelo	1	19

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Compartilhando significados

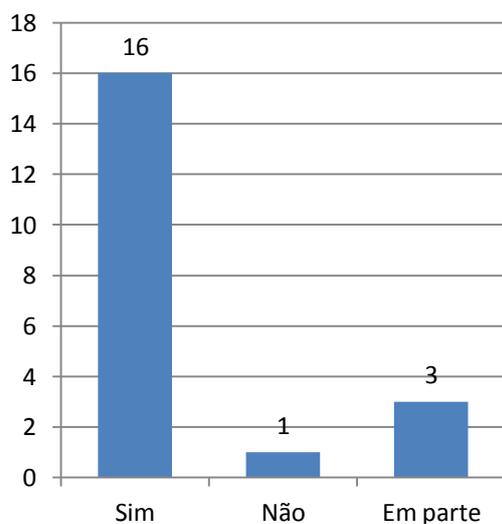
Tabela 4 – Consolidação dos resultados da atividade “Compartilhando significados”.

Questão	Conceito / competência / habilidade avaliada	Número de alunos que acertaram	Número de alunos que erraram
1	Conceito físico de corrente elétrica	17	3
2	Conceito físico de diferença de potencial	14	6
3	Conceito físico de resistência elétrica	19	1
4	Relação entre ddp e corrente elétrica	14	6
5	1ª Lei de ohm para cálculo de resistência	18	2
6	1ª Lei de Ohm e cálculo de corrente	13	7
7	Tensão elétrica no circuito em série	18	2
8	Corrente elétrica no circuito em série	16	4
9	Tensão elétrica no circuito em paralelo	17	3
10	Corrente elétrica no circuito em paralelo	12	8

Fonte: Elaborado pelo autor.

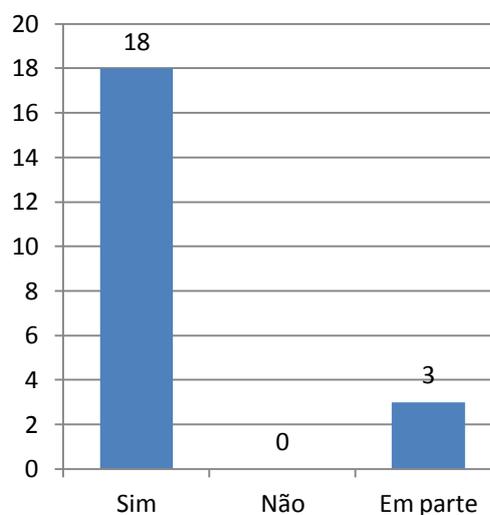
4.1.6 Avaliando o produto educacional

Gráfico 14 - Ajuda da tábua na aprendizagem dos alunos.



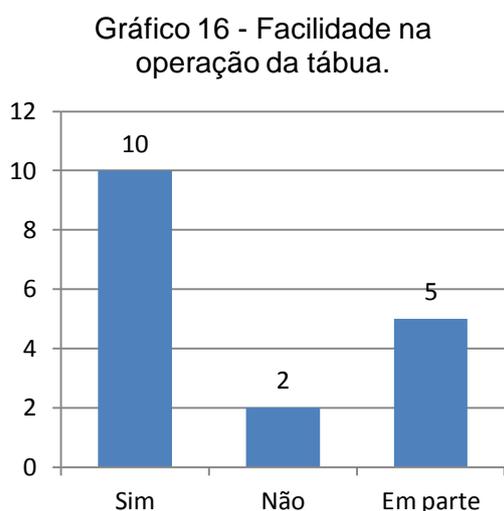
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 15 - Ajuda do KCC na aprendizagem dos alunos.

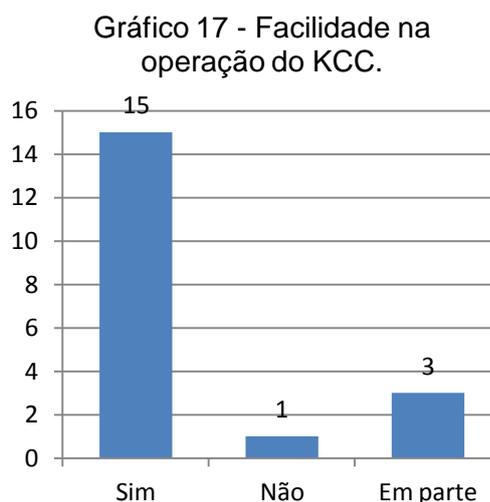


Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 14 e 15: Os resultados apresentados nos gráficos 14 e 15 nos indicam que os estudantes acreditam que o uso da tábua de circuitos e do KCC ajudaram em sua aprendizagem, além de mostrarem uma ligeira preferência pelo simulador computacional.

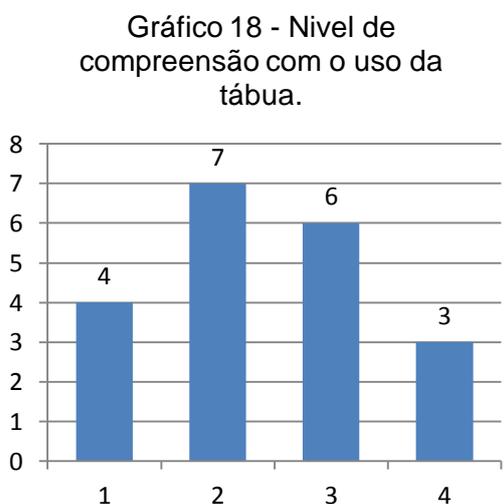


Fonte: Elaborado pelo autor.

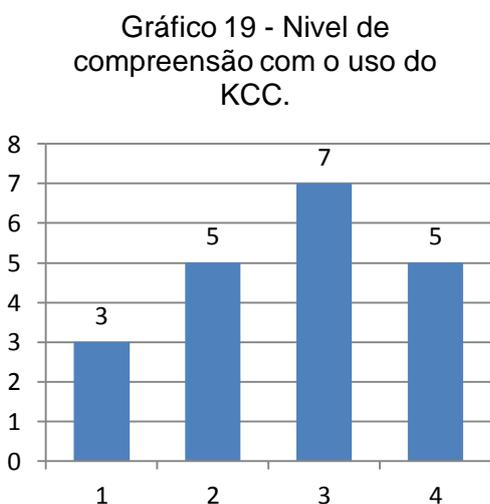


Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 16 e 17: Os resultados apresentados por esses gráficos mostram que, na opinião dos alunos, em sua maioria, ambas plataformas de montagem de circuitos são de fácil manipulação, com certa vantagem para a plataforma computacional.

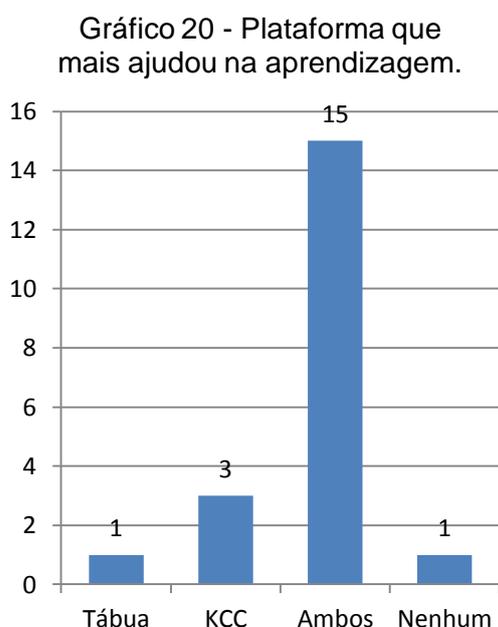


Fonte: Elaborado pelo autor.

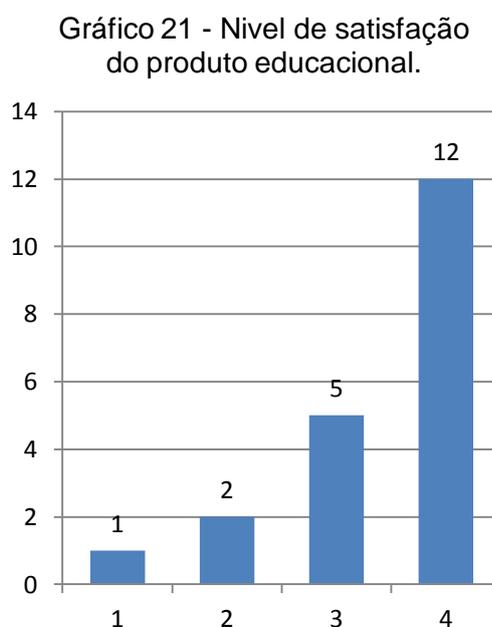


Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 18 e 19: Na opinião dos estudantes, de acordo com os gráficos 18 e 19, os próprios atingem um maior nível de compreensão com o uso do simulador computacional, embora que, de um modo geral, esses dados confirmam o que fora discutido para os resultados apresentados pelos gráficos 14 e 15.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Discussão – Gráficos 20 e 21: Os estudantes, de acordo com o gráfico 20, em sua maioria, atribuem sua aprendizagem à atuação de forma simultânea das duas plataformas de montagem de circuitos. O gráfico 21 nos mostra que há um alto índice de satisfação com o uso do produto educacional.

4.2 Análise dos resultados

A partir do estudo dos dados estatísticos apresentados na seção 4.1, podemos inferir acerca da compreensão dos conceitos abordados durante a aplicação do produto educacional, bem como buscar os fatores que implicaram em tais resultados. Faremos agora uma análise que nos permita atingir as expectativas acima elencadas.

Na atividade “Investigando os fenômenos – 1”, cujo objetivo era que os estudantes percebessem as variações na luminosidade das lâmpadas em

função da fonte usada ou da forma como as lâmpadas eram associadas na plataforma de montagem de circuitos real, notamos que a maioria percebe tais efeitos nas lâmpadas, e embora possam ter uma noção intuitiva da forma como as lâmpadas devem ser associadas e da fonte mais eficiente, ainda assim, poucos conseguiram conjecturar acerca do princípio matemático por trás da queda de tensão provocada pelas associações em série. Lembremo-nos que os estudantes do projeto foram apresentados previamente aos conceitos iniciais de eletrodinâmica numa aula regular, mas até a realização dessa atividade, não haviam sido formalizados os conceitos.

A atividade seguinte, “Investigando os fenômenos – 2”, realizada após o primeiro uso KCC, teve como propósito fechar as lacunas percebidas na atividade anterior. Assim, vale lembrar que sugerimos durante o uso do simulador computacional, montagens pré-estabelecidas, que culminariam na compreensão dos fenômenos outrora não entendidos, e o resultado dessa ação se verifica nos dados apresentados, onde notamos por parte dos alunos uma diferenciação entre as principais características físicas (ainda não envolvendo cálculos) das associações em série e em paralelo, incluindo aí o modo como a tensão elétrica é disponibilizada pela bateria quando o circuito tem elementos associados em série e quando tem associações em paralelo

Após a consolidação das características físicas dos circuitos elétricos trabalhados nas atividades anteriores, bem como o trabalho que fora desenvolvido durante as aulas regulares, buscamos através da realização da “Atividade de verificação de aprendizagem – 1” e da “Atividade de verificação de aprendizagem – 2” avançar na compreensão dos alunos das relações matemáticas explicitadas através das equações envolvendo R , V e i , tanto para circuitos em série quanto em paralelo. Para atingir tal objetivo, lembremos que foram usados nas atividades tanto a tábua de montagem de circuitos quanto o KCC. Observa-se a partir dos resultados dessa prática que os estudantes consolidaram ainda mais os conhecimentos obtidos anteriormente. Entretanto, conceitos como o de resistência equivalente e especialmente a relação entre a corrente elétrica e os elementos resistivos dos circuitos em paralelo não nos mostraram uma aprendizagem satisfatórias de tais aspectos.

A partir do exposto acima, fizemos nas aulas regulares um trabalho de fortalecimento dos conceitos já compreendidos, e também de correção das

situações que não se mostraram satisfatórias. Assim, no último encontro de aplicação do produto educacional, propusemos a realização da atividade denominada “Compartilhando os significados”, envolvendo todos os aspectos trabalhados ao longo dos 5 encontros anteriores. O resultado dessa atividade nos trouxe satisfação com relação ao aprendizado dos alunos, e apontou-nos uma ligeira deficiência no que tange à compreensão do conceito de resistência equivalente nos circuitos em paralelo, especialmente no trato matemático dessa relação. Para tentar sanar esse ponto crítico do produto educacional, realizamos algumas modificações nas atividades da versão final do produto educacional, apresentado no Apêndice A dessa dissertação. Tais atividades são enfatizadas a partir da sessão “Circuitos Elétricos” da versão final do produto educacional.

Assim, finalizamos nossa análise com a avaliação que os estudantes fizeram do produto educacional proposto. De um modo geral, os estudantes acreditam ter tido uma melhor compreensão dos conhecimentos compartilhados com o uso das plataformas de montagem real e virtual, mostrando uma ligeira preferência para o kit de construção de circuitos – DC. Vale ressaltar que a maioria deles concordou com o uso simultâneo das duas plataformas. A percepção dos estudantes quanto ao uso do produto educacional vem corroborar com a nossa avaliação acerca do processo. Diante dos resultados obtidos e a partir da análise aqui relatada, acreditamos que o produto educacional proposto constitui em um material potencialmente significativo, que, de acordo com Moreira (1997, p. 20), consiste de um objeto de ensino que se relaciona de maneira não-arbitrária com a estrutura cognitiva do aprendiz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Propostas e perspectivas futuras

O trabalho descrito ao longo dessa dissertação, como explicitado em outros momentos, surgiu da nossa observação do comportamento dos estudantes secundaristas apresentados ao conteúdo de eletrodinâmica típico do ensino médio, em duas situações distintas em sala de aula, a saber: em uma situação de ensino meramente tradicionalista, centrada no conteúdo e no professor, e que causava na maioria deles aversão à Física; e em uma nova atitude dos alunos diante do mesmo conteúdo, quando eles tiveram a possibilidade de experimentá-lo, sob a ótica de uma montagem experimental real e outra virtual. Esse foi o alicerce para o desenvolvimento do produto educacional aqui presente.

Ao longo das diversas atividades vivenciadas, algumas delas exitosas, outras nem tanto, fomos moldando nossa proposta, de modo que a cada acerto, procuramos aperfeiçoar o mecanismo ali usado. Para os fracassos que houveram, uma reflexão mais profunda e criteriosa se fez necessária para efetuar as melhorias nas ações posteriores àquelas que não mostraram resultados satisfatórios. Além da experiência com os erros e acertos na tentativa de implementar um produto educacional consistente, tivemos grande apoio junto ao quadro de professores do MNPEF, polo 46, no sentido de otimizar nossa proposta, que por algumas vezes aparentava certa inviabilidade.

Assim, de forma resumida, construímos uma sequência didática em eletrodinâmica pautada na apresentação do conteúdo a partir do uso de uma plataforma de montagem de circuitos elétricos real e de outra virtual, composta por uma série de ações, algumas mais rígidas, outras menos, que foram avaliadas através de alguns mecanismos de verificação de aprendizagem.

Desse modo, acreditamos ter constituído uma sequência didática que pode ser implementada nas aulas voltadas aos conceitos do conteúdo de eletrodinâmica para o ensino médio em quaisquer escolas, mesmo que nelas faltem laboratório de física e/ou de informática. A confecção da tábua para circuitos elétricos tem baixo custo, assim como a aquisição dos elementos acessórios necessários às montagens dos circuitos elétricos. Ainda que o

professor que adote a sequência não o reproduza na mesma escala que fizemos, onde diversos grupos puderam manusear seu próprio kit, pode ele ainda confeccionar um kit, e realizar as demonstrações para a sala como um todo, permitindo que os alunos, tantas vezes quanto possível for, possam manipular aquele conjunto.

Quanto à necessidade dos computadores para a realização da proposta, caso haja impossibilidade de os alunos terem à sua disposição uma máquina para manusear o kit de construção de circuitos DC, é possível ainda que o professor, usando o seu computador, faça as demonstrações através de um telão, permitindo, entretanto, que os alunos interajam, e os conduzindo assim a fazer reflexões, formular hipóteses e testá-las, características que estão presentes nessa sequência didática.

Conteúdos como associação de geradores podem ser também explorados com o uso do produto educacional. Situações nas quais os estudantes associem geradores, tanto em série, quanto em paralelo, ou mesmo de forma mista, permitem, com uso do multímetro, analisar o resultado dessas associações, fazendo com que eles percebam quais associações de geradores são mais eficientes, de acordo com as circunstâncias apresentadas nas situações.

Da mesma maneira, a queda da tensão disponibilizada por um gerador em função da corrente elétrica lançada no sistema (circuito elétrico) possui potencial exploratório. O professor pode, por exemplo, solicitar que os estudantes meçam a corrente elétrica no circuito e a tensão disponibilizada pelo gerador para diferentes quantidades de elementos resistivos no circuito. A partir de pares de V e i encontrados nas medidas, é possível fazer uma previsão da tensão disponibilizada pela fonte, de acordo com a quantidade de elementos resistivos inseridos no circuito, conhecer a força eletromotriz do gerador e conseqüentemente construir a equação do gerador em situações dadas.

Analogamente às propostas acima, acreditamos que haja ainda potencial exploratório para determinação da potência elétrica, tanto dos elementos resistivos quanto por aquela lançada pela fonte no circuito. É possível uma análise, tanto do ponto de vista físico, quanto do matemático, da maximização da potência lançada pelo gerador no circuito.

Por tudo isso, não acreditamos terem sido esgotadas as possibilidades de aplicação desse produto educacional. Longe disso, esperamos que os professores que fizerem uso do produto o aperfeiçoem, seja na estética, na funcionalidade, nos conteúdos que podem ser ainda trabalhados a partir da plataforma de montagem de circuitos ou em quaisquer outros aspectos que tornem a tábua de montagem de circuitos elétricos uma ferramenta mais eficiente, no sentido de aproximar a física teórica à prática e ao cotidiano.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO, M. e ESTANY, A. Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencia em formación. **Enseñanza de las Ciencias**, vol.20, no. 3, 2002.

ARAÚJO, M.S.R. e ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional** (trad. de Eva Nick *etal.*). Rio: Interamericana, 1980.

BRASIL, **Censo Escolar da Educação Básica 2016 – Notas Estatísticas**. Brasília: MEC: INEP, 2017.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394**. Brasília: Casa Civil, 1996.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Diretrizes para o Ensino Médio**. Brasília: MEC: SEB, 1999.

BRASIL, **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. MEC; SEMTEC, 2002.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

COOL, C. **Psicologia e currículo: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar**. São Paulo: Ática, 1996.

CROCODILE CLIPS LTD. (2012). **Crocodile simple simulation software: versão demo - 2012**. Disponível em: <http://www.crocodile-clips.com/en/Downloads/>. Acesso em: 12/04/2012.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2005.

GIL, D. et. al. Trabalho publicado na revista OEI, 2002.

GOWIN, D. B. *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1981.

GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, J. R., CARRON, W. **Física**. 1. ed. – São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, RESNICK, WALTER; **Fundamentos da Física**, vol. 3, 8ª Edição, LTC, 2009.

HERCH, M. N. **Curso de Física Básica**, vol. 3, Editora Edgard Blücher, LTDA (1999).

KHALICK e LEDERMAN N.G. *International Journal of Science Education*, vol. 22, no. 7, 2000.

MÁXIMO, A., ALVARENGA, B. **Curso de Física**, vol. 3. São Paulo: Scipione, 2010.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York, Rutledge, 1994.

MEDEIROS, A. e MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, no. 2, Junho, 2002.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

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

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M. C. e RODRÍGUEZ, M. L. **Actas Del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. (1997). Burgos, 1997.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a aprender** (trad. de Carla Valadares). Lisboa: Plátano Ed. Técnicas, 1984.

NOVAK, J. D. Uma teoria da educação. São Paulo: Pioneira, 1981.

OPPENHEIMER, T. The computer dilusion. **The Atlantic Monthly**, vol. 280, no. 1, Julho, 1997.

PIRES, M. A. e VEIT, E. A. Tecnologias de informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de física no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 28, no. 2, Junho, 2006.

RUSSEL, G. Computer mediated school education and web. **First Monday**, vol. 6, no. 11, Novembro, 2001.

SANTOS, M. E. N. V. M. **Análise de discursos de tipo CTS em manuais de ciências**. Trabalho apresentado no Congresso de Didactica de las Ciencias, Barcelona, Espanha, set. 2001.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. PhET **Interactive Simulations**. Disponível em: <http://phet.colorado.edu>. Acesso em 12/10/2016.

APÊNDICE A – O PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS ACADÊMICO DO AGRESTE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA – PROFIS – CAA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

Sequência Didática com Tábua de Circuitos Elétricos

Valter Rocha da Silva

Caruaru – PE

2017

CARO (A) PROFESSOR (A)

O Produto Educacional aqui descrito é resultado de trabalho desenvolvido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UFPE, tendo sido o mesmo aplicado em sala de aula, em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola da Rede Estadual de Pernambuco. Tal produto é composto de um kit de eletrônica básica que permite associação de dispositivos como resistores, lâmpadas ou LEDs em série, em paralelo ou associações mistas. Associado aos experimentos com a tabua de circuitos elétricos, fizemos uso de um simulador computacional PhET, que permite construir virtualmente circuitos elétricos, semelhantes aos construídos com o uso do kit de eletrônica básica. O experimento físico e a simulação computacional são usados em conjunto na sala de aula, como uma forma alternativa para vivenciar conteúdos como: primeira lei de Ohm; associação de circuitos em série e em paralelo, e associação mista; geradores e receptores elétricos. O uso dessas ferramentas também possibilita a compreensão da relação entre grandezas como corrente, resistência, tensão e potência elétricas, bem como permite compreender como funcionam os medidores elétricos, assim como a leitura que tais medidores fornecem.

Ao longo do trabalho, serão apresentados tutoriais de como usar o kit de eletrônica básica, composto por uma tábua para montagem de circuitos elétricos, fontes de tensão para alimentar os circuitos e os componentes dos circuitos, tais como lâmpadas, LEDs e/ou resistores. Será também mostrado um passo a passo de como usar um simulador PhET – kit de construção de circuitos – para montagem de circuitos elétricos virtuais, quais os requisitos para seu uso no computador e como obtê-lo gratuitamente através da internet.

No decurso deste produto educacional, serão apresentadas diversas atividades propostas que podem ser aplicadas em sala de aula, com estudantes do Ensino Médio, que cursam, em Eletricidade, os conteúdos acima elencados.

LISTA DE SÍMBOLOS

	Fios condutores
	Fonte de tensão
	Resistor
	Amperímetro
	Ponto de contato (prego)
	Lâmpada
	Interruptor
	Voltímetro

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	91
	DESCRIÇÃO DO KIT DE ELETRÔNICA BÁSICA	93
	SIMULADOR PHET – KIT DE CONSTRUÇÃO DE CIRCUITOS	96
	Instalando a plataforma Java™ em seu computador	97
	Instalando o KCC	97
	Conhecendo as principais ferramentas do KCC	97
	APLICAÇÃO EM SALA DE AULA	99
	Panorama das Atividades	99
	Organização dos Grupos	99
1	TENSÃO ELÉTRICA E CORRENTE ELÉTRICA	100
1.1	Tensão Elétrica ou DDP	100
1.2	Corrente Elétrica	101
1.3	Aplicando os Conceitos – 1	102
2	KIT PARA MONTAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	104
2.1	Investigando os Fenômenos	106
3	CONHECENDO O KCC (Kit de Construção de Circuitos)	107
4	RESISTÊNCIA ELÉTRICA E POTÊNCIA ELÉTRICA	109
4.1	Resistência Elétrica	109
4.2	Primeira Lei de Ohm	109
4.3	Potência Elétrica	110
4.4	Aplicando os Conceitos – 2	111
5	MEDIDORES ELÉTRICOS	112
5.1	Conhecendo um Multímetro	112
5.2	Medindo DDP	114
5.3	Medindo Corrente Elétrica	115
6	RESISTORES ÔHMICOS X NÃO ÔHMICOS	116
6.1	Testando Condutores no KCC	117
6.2	Testando Condutores na Tábua de Circuitos	118
6.2.1	Medidas de DDP	119
6.2.2	Medidas de Corrente Elétrica	120

7	CIRCUITOS ELÉTRICOS	121
7.1	Associações em Série	122
7.1.1	Atividade com o KCC – 1	122
7.2	Associações em Paralelo	123
7.2.1	Atividade com o KCC – 2	124
7.3	Consolidando os Resultados	125
7.3.1	Associações em Série	125
7.3.2	Associações em Paralelo	126
8	ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES NA TÁBUA	127
8.1	Associações em Série	127
8.2	Associações em Paralelo	127
8.3	Aplicando os Conceitos – 3	128
	REFERÊNCIAS	130

INTRODUÇÃO

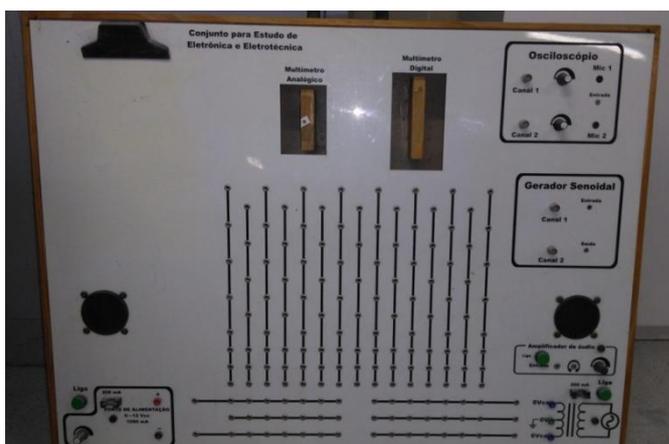
O ensino de física, em quaisquer níveis, é desafiador, e para que se obtenha sucesso no aprendizado dos estudantes, requer-se do professor, além de apoderamento do conteúdo, criatividade e conhecimento de tecnologias que potencializem o aprendizado. Detendo-se especificamente nos conceitos de eletricidade que são vivenciados no ensino médio, mais precisamente ainda, nos referimos à compreensão dos conceitos de corrente, tensão e resistência elétrica, podem ser usados em sala de aula simulações computacionais e/ou aparatos experimentais como ferramentas didáticas para que seja alcançada uma aprendizagem significativa.

Conceitos como os de corrente elétrica, de tensão e resistência elétrica são comumente introduzidos aos estudantes do ensino médio por intermédio de analogias. Pela ordem cronológica, o primeiro é associado com um fluxo de água através dos canos, onde a taxa de vazão de água é comparada com a quantidade de carga elétrica que atravessa o condutor elétrico. O segundo conceito, o de tensão elétrica, é associado ao desnível que permite a água fluir pelos canos a partir do ponto mais elevado (caixa d'água) até os pontos de menor nível (torneiras). O terceiro conceito, o de resistência elétrica, faz analogia entre a espessura dos canos (quanto menor a espessura, maior a resistência ao fluxo de água, fazendo com que o mesmo diminua) e o tipo de material condutor, que pode facilitar ou dificultar o fluxo elétrico. As analogias são por vezes interessantes, mas é importante que o professor deixe claro aos seus alunos que elas são apenas artifícios para tornar a compreensão facilitada, podendo a realidade ser bem diferente do que a visão trazida pela analogia.

Cuidado similar deve ocorrer com as simulações computacionais. Seriam de fato os elétrons “bolinhas” que, quando fluem “ordenadamente”, constituem uma corrente elétrica, como é demonstrado em algumas simulações? Esse questionamento, porém, não significa que devemos descartar as animações, simulações ou analogias; esta indagação tem tão somente a intenção de alertar os professores para que não apresentem aos seus alunos tais conceitos como fiel retrato da realidade.

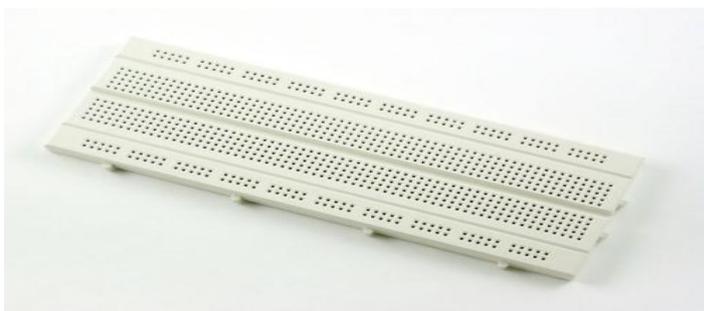
De outro lado, esses conceitos físicos podem ser tratados de forma experimental. Dispositivos como *protoboards* ou mesas eletrônicas (vide figuras 1 e 2) permitem que sejam feitos diversos tipos de conexão, causando os mais variados efeitos nos elementos que constituem o circuito elétrico analisado, permitindo a sua observação imediata, seja visualizando diretamente o efeito ou através de um medidor elétrico. Há também diversas simulações disponíveis na internet para várias plataformas (computadores, *tablets* ou *smartphones*), as quais permitem, através da alteração dos parâmetros, analisar os mesmos efeitos que ocorrem no experimento real. Aqui lembramos novamente o cuidado de não encararmos as simulações como sendo o que de fato acontece, mesmo porque no experimento real, estão presentes diversos outros fenômenos que não são considerados na implementação das simulações.

Figura 1 – Mesa eletrônica¹.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 2 – Protoboard².



Fonte: Vide nota de rodapé 2.

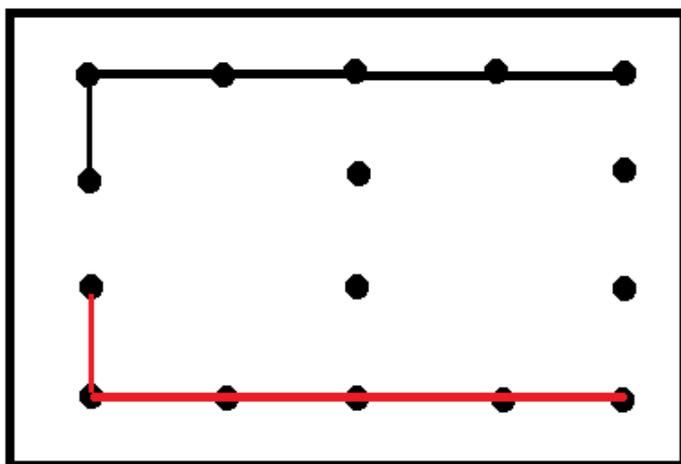
¹Mesa eletrônica desenvolvida pelo professor Luis Gonzaga de Souza Cabral, disponível em laboratórios de Física de parte das escolas de tempo integral da Rede Estadual de Ensino de Pernambuco.

² Disponível em <https://ardudino.wordpress.com/2016/01/16/protoboard/> Acesso em fev. 2017.

DESCRIÇÃO DO KIT DE ELETRÔNICA BÁSICA

As atividades experimentais que são descritas nesse produto educacional tem como plataforma uma tábua de madeira para a montagem dos circuitos elétricos, cujas dimensões são: espessura 15,0 mm, largura 28,0 cm e comprimento 50,0 cm, onde são afixados pregos ao longo de quatro fileiras, igualmente espaçados, sendo que cada fileira tem cinco pregos. As duas fileiras externas têm os pregos ligados através de fios. Nas duas fileiras centrais, os pregos não estão interligados por fios. Na ilustração esquematizada na figura 3, os pontos representam os pregos, e as linhas em vermelho e preto são fios condutores que interligam os pregos. As regiões dos fios condutores de eletricidade que estão em contato com os pregos devem estar “descascadas”, permitindo assim que os pregos funcionem como pontos energizados.

Figura 3 – Ilustração esquemática da tábua para montagem dos circuitos elétricos (vista superior).



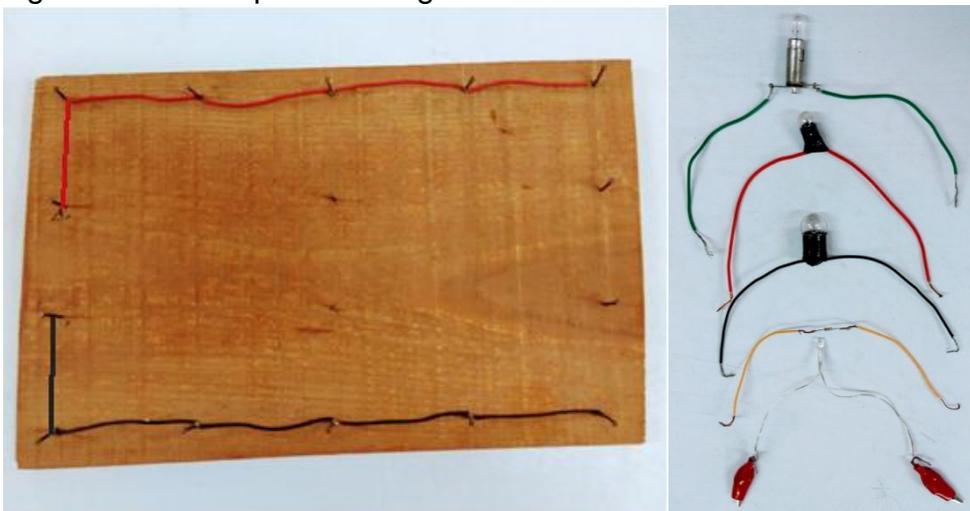
Fonte: Elaborada pelo autor.

As fileiras externas são usadas para montar circuitos elétricos com elementos associados em paralelo. Já as fileiras internas, são usadas para estabelecer circuitos com dispositivos elétricos associados em série. O circuito é alimentado por uma fonte de tensão contínua; em nosso caso, usamos três tipos de fonte: uma fonte de mesa adaptada³ (retirada de um computador), que

³ É possível encontrar vários tutoriais na internet de como fazer uma fonte de bancada usando uma fonte de computador. Sugerimos o link a seguir, publicado por Leandro Fellipe no YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=WXrmGJQVzgU>. Acesso em fev. 2017.

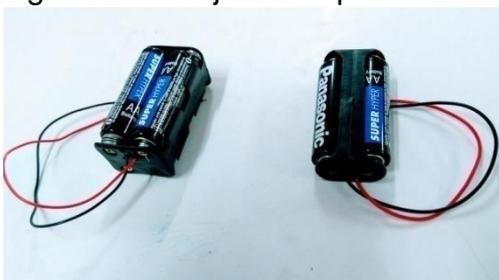
fornece força eletromotriz num intervalo da ordem de 1,7 volts até 12,0 volts, um carregador de celular, cuja ddp (diferença de potencial) fornecida é da ordem de 5,0 volts, e um conjunto de duas ou quatro pilhas “AA”, conectadas em série através de um suporte, totalizando uma tensão nominal de 3,0 volts ou 6,0 volts. Para facilitar a conexão da fonte à tábua, retira-se o conector convencional do carregador de celular, as pontas dos fios são descascadas e soldadas às presilhas (garras de jacaré), conforme ilustrado na figura 6. De forma semelhante, são conectadas garras de jacaré aos fios que saem do suporte de pilhas.

Figura 4 – Tábua para montagem de circuitos elétricos e elementos resistivos.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 5 – Conjunto de pilhas.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 6 – Recarregador de celular.



Fonte: Arquivo do autor.

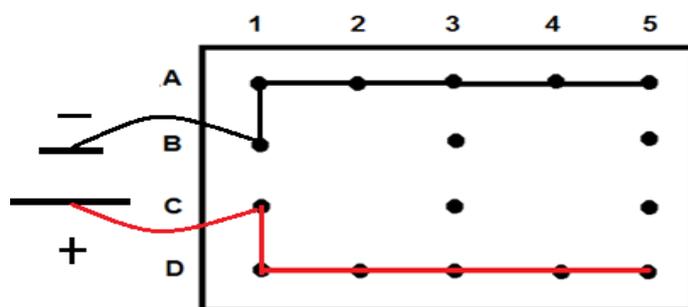
Para estabelecer o circuito elétrico na tábua, são usados pequenos LEDs⁴ azuis de tensão da ordem de 4,0 volts, lâmpadas automotivas de 6,0 e 12,0 volts, além de resistores, cujas resistências são de 470 Ω e 560 Ω (ver figura 4). Todos esses dispositivos tem suas extremidades conectadas por fios aos

⁴ LED: Diodo emissor de luz (em inglês, Light Emitting Diode).

pregos. Esses fios têm suas extremidades descascadas, a fim de que se possa conectá-los facilmente à plataforma de circuitos elétricos, simplesmente enrolando o fio ao prego.

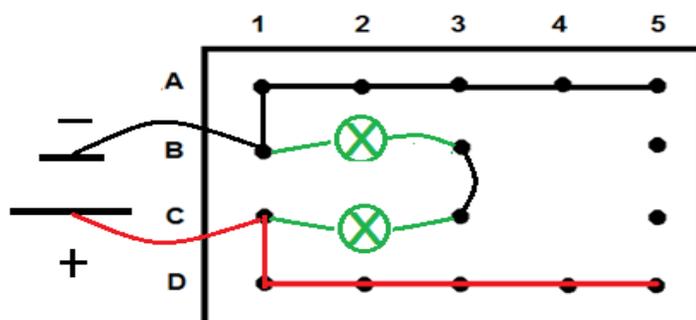
Usando mais de um desses dispositivos, conectando-se as duas extremidades de cada uma deles aos pregos das fileiras externas, estabelece-se um circuito em paralelo. Usando-se as fileiras intermediárias, é possível conectar os dispositivos em série. A seguir, são ilustradas algumas possibilidades de montagem de circuitos elétricos com a tábua.

Figura 7 – Ilustração esquemática da fonte conectada à tábua de circuitos.



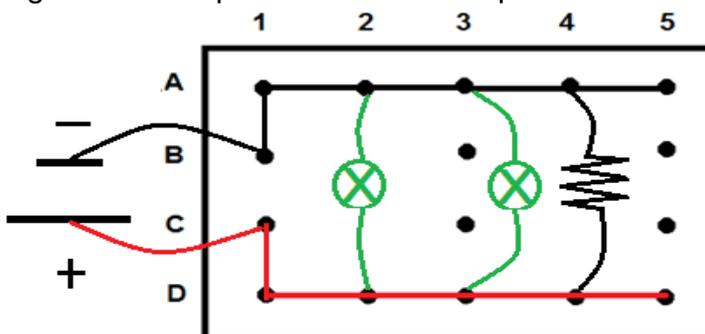
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 – Duas lâmpadas conectadas em série.



Fonte: Elaborada pelo autor.

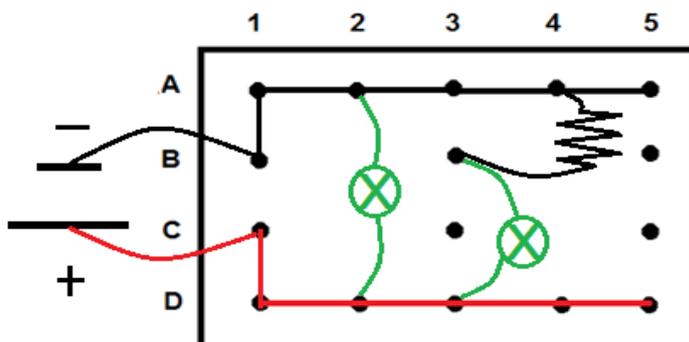
Figura 9 – Lâmpadas e resistor em paralelo na tábua de circuitos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Também é possível construir associações mistas (série e paralelo ao mesmo tempo), conforme ilustrado na figura seguinte.

Figura 10 – Lâmpadas e resistor associados de forma mista.



Fonte: Elaborada pelo autor.

É importante salientar que, na medida em que mais dispositivos são conectados à plataforma de montagem de circuitos, menor é a tensão útil da fonte. Essa queda de tensão deve-se à resistência interna do gerador, e ao aumento da corrente elétrica no circuito. Pode-se associar essa situação à queda de tensão na rede elétrica, que comumente ocorre em horários de pico, quando muitas residências ligam aparelhos elétricos ao mesmo tempo.

SIMULADOR PHET – KIT DE CONSTRUÇÃO DE CIRCUITOS

O PhET (Physics Education Technology Project), é um projeto de simulações interativas da Universidade do Colorado, fundado em 2002 por Carl Wieman, vencedor do Prêmio Nobel de Física. As simulações computacionais envolvem conteúdos das disciplinas de física, química, biologia e matemática, e podem ser baixadas gratuitamente na página https://phet.colorado.edu/pt_BR/. É necessário que o computador onde será feito o download tenha instalada a plataforma Java™ para que as simulações PhET funcionem. A versão atualizada do Java™ pode ser obtida gratuitamente na página https://www.java.com/pt_BR/. É importante salientar que a plataforma Java™ permite que a simulação funcione em sistemas como o Linux e Mac, além do Windows. A seguir, será mostrado o passo a passo de como instalar a plataforma Java™, caso ainda não haja uma versão dessa plataforma ou ainda

no caso de a mesma estar desatualizada, e em seguida a simulação PhET “Kit de Construção de Circuito DC⁵”:

Instalando a plataforma Java™ em seu computador:

- A) Acesse a página https://www.java.com/pt_BR/ e clique em “Download Gratuito do Java”;
- B) Na página que se segue, deve-se clicar em “Concordar e Iniciar Download Gratuito”;
- C) Após concordar com os termos de uso, aparecerá uma caixa de diálogo, onde se deve escolher a opção “Executar”;
- D) Aparecerá depois mais uma caixa de diálogo, onde se deve clicar em “Instalar”;
- E) Depois, clique em “Avançar”. Surgirá uma caixa indicando o andamento da instalação. Após isso, clique em “Finalizar” e pronto: seu computador estará apto a receber qualquer simulação PhET.

Instalando o KCC:

- A) Acesse a página https://phet.colorado.edu/pt_BR/⁶. Na página inicial, clique em “Entre aqui e simule”. Aparecerá uma página com todas as simulações disponíveis;
- B) Role a página até que seja encontrada a simulação intitulada “Kit de Construção de Circuito – DC” e clique nessa opção;
- C) Na página que contem a descrição da simulação, clique em “Copiar” e na caixa de diálogo seguinte, clique em “Manter”;
- D) Abra a pasta “Downloads” em seu computador e clique na simulação PhET. Pronto, agora você pode simular à vontade com o Kit de Construção de Circuitos.

Conhecendo as principais ferramentas do KCC:

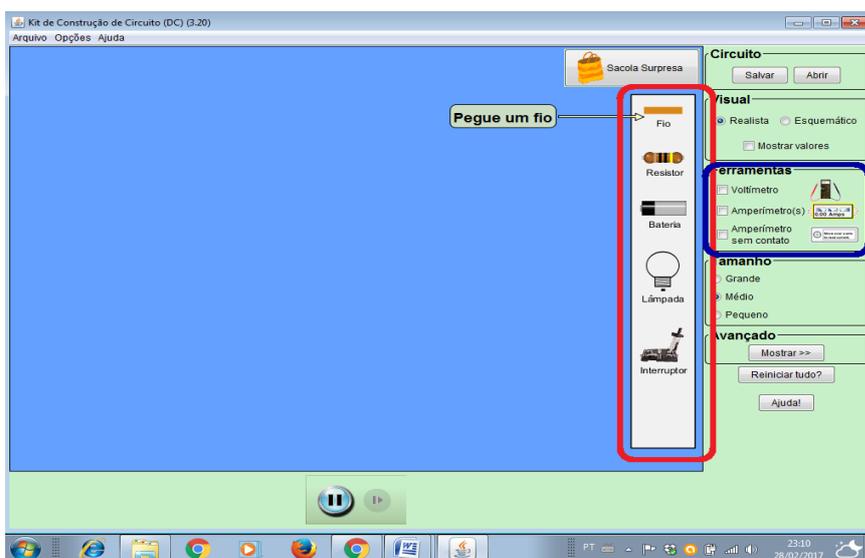
A página inicial do KCC tem o aspecto apresentado na figura 11. Nessa figura, destacadas em vermelho, estão as principais ferramentas da simulação (fio, resistor, bateria, lâmpada e interruptor), e destacados em azul, temos os medidores que podem ser inseridos no circuito virtual para fazer a leitura da

⁵ A partir de agora, o kit de construção de circuitos DC será denotado pela sigla **KCC**.

⁶ Última versão do KCC acessada na página do PhET Colorado em 08 de agosto de 2017.

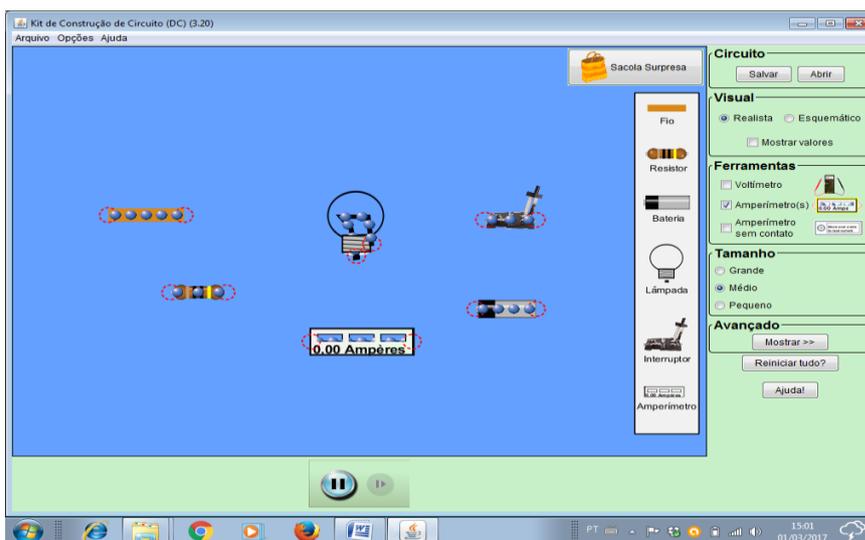
tensão e da corrente elétrica. Quaisquer um desses elementos podem ser trazidos para a área principal do simulador simplesmente “arrastando-os” com o cursor do mouse. As ferramentas podem ser conectadas umas às outras através de suas extremidades (ver na figura 12 os círculos pontilhados em vermelho). Para conectar as ferramentas, clique e arraste com o mouse. O fio pode ter seu comprimento ajustado, bastando arrastar a extremidade que se deseje com o cursor do mouse.

Figura 11 – Tela inicial do KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 12 – Ferramentas soltas na área principal do KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

APLICAÇÃO EM SALA DE AULA

Panorama das atividades: Vamos agora à aplicação do Produto Educacional. O público-alvo são estudantes do ensino médio que cursam em Física a parte da Eletrodinâmica. Serão usados a tábua para montagem de circuitos elétricos e seus itens acessórios, e um computador com o *KCC* previamente instalado, que permite construir virtualmente circuitos elétricos e manipular diversos dados de entrada, dentre os quais destacamos a corrente, a resistência e a tensão elétrica.

Sob a supervisão do professor de física, os estudantes desenvolverão diversas atividades, que serão ao longo deste trabalho minuciosamente descritas. As atividades a serem realizadas pelos estudantes são desenvolvidas ao longo de 8 seções. Em tais atividades, destacamos suas principais características:

Apresentação do conteúdo, onde são discutidos os conceitos físicos de maneira formal;

Atividades instrucionais, que visam explicar aos estudantes como operar o software, a tábua de montagem de circuitos e os medidores elétricos;

Aplicação do produto educacional, cuja finalidade é consolidar a compreensão dos conceitos físicos analisados usando a tábua de montagem de circuitos, o simulador *KCC* e os medidores elétricos.

Exercícios, avaliações e questionários, que têm o intuito de identificar se houve, por parte dos estudantes, aprendizagem significativa do conteúdo proposto. Essas atividades conterão questões clássicas e situações-problema encontradas nos livros didáticos de física.

Organização dos grupos: A turma é dividida em grupos de 4 estudantes, e cada grupo fica localizado em uma mesa. À disposição de cada grupo de estudantes há um kit, composto de:

- A) 1 tábua para montagem de circuitos elétricos;
- B) 1 notebook com o *KCC* instalado;
- C) 3 fontes de tensão contínua, constituídas por conjuntos de 2 e 4 pilhas AA, e um carregador de celular adaptado, cujas tensões elétricas

disponibilizadas são da ordem de 3,0 volts, 6,0 volts e 5,0 volts, respectivamente;

D) 2 LEDs azuis de 4,0 volts, 2 lâmpadas de 12,0 volts, 1 lâmpada de 6,0 volts, 1 lâmpada de 6,3 volts, 1 resistor de 470 Ω e 1 resistor de 560 Ω ;

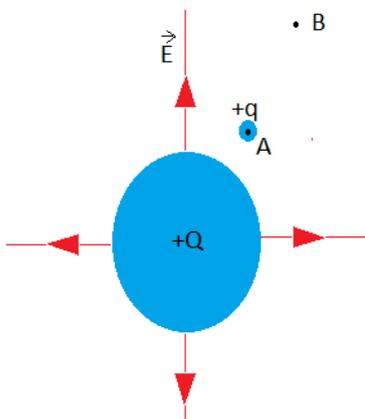
E) Multímetro digital.

1 TENSÃO ELÉTRICA E CORRENTE ELÉTRICA

1.1 Tensão Elétrica ou DDP

Consideremos uma carga elétrica puntiforme $+q$, colocada em um ponto A numa região de campo elétrico, provocado por uma carga elétrica $+Q$, também puntiforme. Devido à ação da força elétrica, espera-se que a carga elétrica $+q$ se afaste de $+Q$, indo na direção do ponto B.

Figura 13 – Carga de prova em uma região de campo elétrico.



• B Define-se diferença de potencial elétrico entre A e B (V_{AB}) como sendo o trabalho (τ) realizado pela força elétrica sobre a carga $+q$, ao deslocá-la. Matematicamente, temos:

$$V_{AB} = \frac{\tau}{|q|}$$

Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, ddp ou tensão elétrica corresponde à quantidade de energia (joule) por unidade de carga (coulomb). Cada 1 joule por 1 coulomb corresponde a 1 volt (V).

Como a cada ponto ao redor de $+Q$, corresponde um valor de campo elétrico, é possível demonstrar que a cada ponto também corresponde um potencial elétrico V , dado por $V = k|Q|/d$. Assim, podemos concluir que a diferença de potencial entre os pontos A e B é:

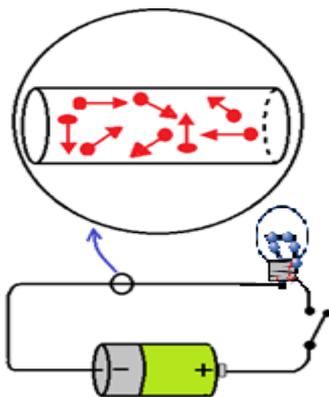
$$V_{AB} = V_B - V_A$$

Contextualizando, se tivermos uma pilha de 1,5 V, isso significa que cada 1 coulomb de carga disponibilizada por essa pilha transforma 1,5 joules de energia elétrica em outra forma de energia (térmica, mecânica, luminosa, etc.).

2.1 Corrente Elétrica

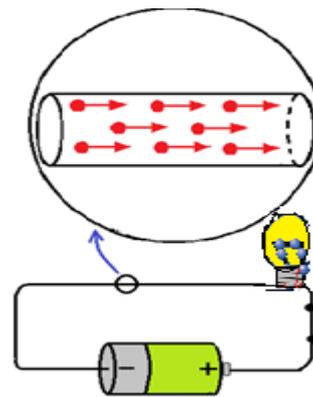
Em um fio metálico condutor, por exemplo, o de cobre, há uma grande quantidade de elétrons livres, em movimento desordenado. Entretanto, se nas extremidades desse fio houver uma diferença de potencial, que pode ser obtida conectando-se ao fio uma fonte de tensão, como uma bateria ou uma pilha, a maioria dos elétrons livres tenderá a se mover num único sentido, estabelecendo assim uma corrente elétrica.

Figura 14 – Elétrons em movimento desordenado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15 – Elétrons em movimento ordenado.



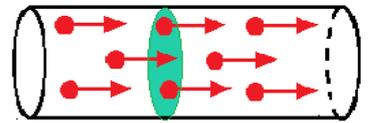
Fonte: Elaborada pelo autor.

Note que o movimento dos elétrons na figura 15 se dá no sentido oposto ao do campo elétrico, já que o sentido do campo elétrico vai do polo de maior potencial (+) para o de menor potencial (-). O sentido do fluxo das cargas negativas (elétrons) estabelece a **corrente real**, enquanto o sentido do fluxo das cargas positivas (hipotético), com sentido oposto ao das cargas negativas, estabelece a **corrente convencional**. Embora saibamos que em um condutor metálico, a corrente elétrica é constituída pelo movimento ordenado de elétrons, por convenção, adotamos o sentido da corrente convencional para determinarmos o sentido da corrente elétrica.

A intensidade média da corrente elétrica é dada pela razão entre a quantidade de carga ΔQ que atravessa uma secção transversal do fio em um intervalo de tempo Δt , ou seja:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Figura 16 – Fluxo de elétrons ao longo de um fio.



Área da secção transversal

Fonte: Elaborada pelo autor.

No Sistema Internacional (SI), a unidade de medida da corrente elétrica é o ampère (A), tal que 1 A corresponde a 1 coulomb passando por uma secção transversal do condutor por 1 segundo.

Vale ressaltar que a quantidade de carga ΔQ que se desloca ao longo do fio condutor corresponde à quantidade de elétrons em movimento ordenado. Como, por menor que seja a corrente elétrica, são muitos elétrons se deslocando ao longo do fio condutor, usa-se o **coulomb** como unidade de medida de carga elétrica, tal que 1 coulomb corresponde a $6,25 \times 10^{18}$ elétrons, sendo o valor da carga elétrica de um único elétron ou próton (carga elementar) equivalente a cerca de $1,6 \times 10^{-19}$ C. Assim, sendo n o número de elétrons que se deslocam ao longo do fio e e a carga elementar, temos:

$$\Delta Q = ne$$

3.1 Aplicando os Conceitos – 1

1) Colocando uma partícula com carga elétrica de $3,0 \times 10^{-3}$ C em um ponto A de uma região onde atua um campo elétrico de módulo E, observa-se que ela se move até um ponto B. Se a diferença de potencial elétrico entre os pontos A e B é igual a 300 volts, qual é o trabalho realizado pela força elétrica sobre a carga no percurso entre A e B?

2) Uma carga $q = + 2 \times 10^{-4} \text{ C}$ é abandonada em um ponto A, próximo a um corpo Q carregado positivamente. A carga q então se desloca em direção aos pontos B e C, conforme ilustra a figura 17.

Figura 17



Fonte: Elaborada pelo autor.

a) Se no percurso entre A e B, a força elétrica realizou sobre a carga q um trabalho de $4 \times 10^{-3} \text{ J}$, qual a diferença de potencial V_{AB} ?

b) Se entre B e C, o trabalho realizado pela força elétrica sobre a carga q foi de $2 \times 10^{-3} \text{ J}$, qual a diferença de potencial V_{BC} ?

c) De acordo com os resultados anteriores, qual é a diferença de potencial V_{AC} ?

3) Uma partícula de massa $5 \times 10^{-4} \text{ g}$ e com carga $+3 \mu\text{C}$ é colocada próxima da placa carregada positivamente de um campo elétrico uniforme. Sabendo que a distância entre as placas é de 20 mm, e que a diferença de potencial estabelecida entre as placas é de 100 volts, calcule:

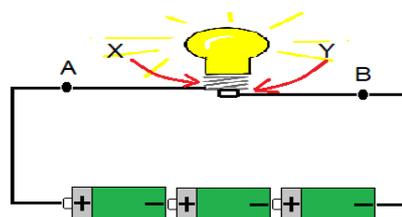
a) A intensidade do campo elétrico entre as placas.

b) A intensidade da força que o campo elétrico aplica sobre a partícula.

c) A aceleração adquirida pela partícula devido à força elétrica (desconsidere a ação da força peso).

4) A ilustração a seguir (figura 18) representa três pilhas de 1,5 V cada uma, que em conjunto, alimentam uma lâmpada. Sabe-se que a intensidade da corrente elétrica que atravessa a lâmpada é de 200 mA.

Figura 18



Fonte: Elaborada pelo autor.

a) Qual a diferença de potencial entre os terminais X e Y da lâmpada?

b) Qual o sentido da corrente elétrica (convencional) no circuito?

c) Qual a intensidade da corrente elétrica que atravessa o circuito?

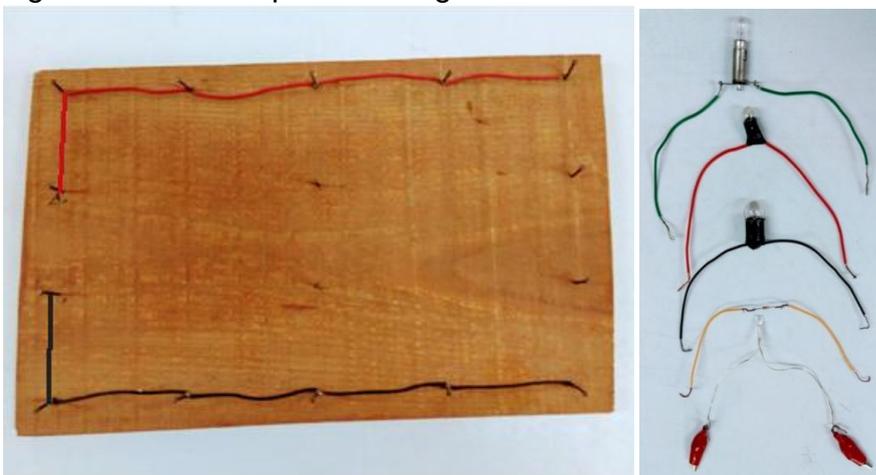
d) Quantos elétrons passam a cada segundo pelo ponto A?

2 KIT PARA MONTAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Agora, é hora de se familiarizar com a plataforma onde serão feitas as montagens dos circuitos elétricos. Cada grupo de estudantes terá à disposição um kit de montagens de circuitos elétricos. Os itens do kit são:

- 1) Uma tábua para a montagem dos circuitos elétricos;
- 2) Fontes de tensão (duas pilhas AA com seu respectivo suporte, e um carregador de celular);
- 3) Duas lâmpadas pequenas de 6volts, duas lâmpadas pequenas de 12 volts e 2 LEDs de 4 volts.

Figura 19 – Tábua para montagem de circuitos elétricos e elementos resistivos.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 20 – Conjunto de pilhas.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 21 –Recarregador de celular.

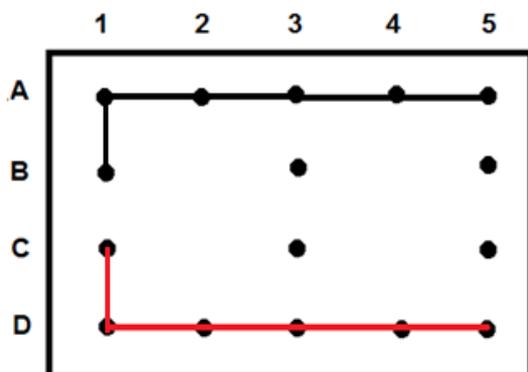


Fonte: Arquivo do autor.

Após a distribuição dos kits com os estudantes, os mesmos são orientados da forma como devem ser conectadas as fontes de tensão na tábua de montagem de circuitos. Há inúmeras possibilidades de conectar a fonte de tensão na tábua. Na prática, pode ser escolhido qualquer par de pregos da

tábua, desde que os dois terminais da fonte não se conectem a dois pregos que façam parte do mesmo ramo do circuito (rede com fiação vermelha ou preta).

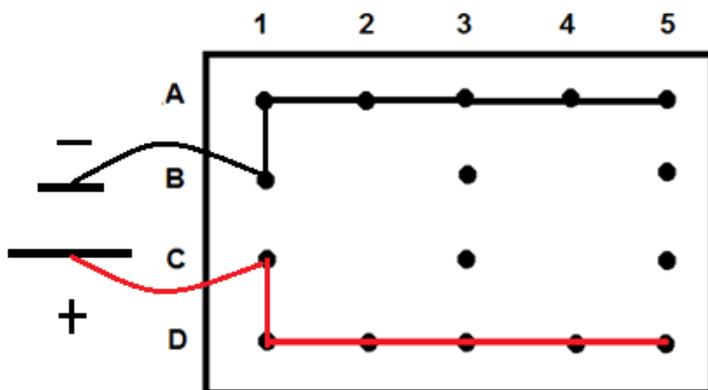
Figura 22 – Ilustração esquemática da tábua.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nossa sugestão é que a fonte seja conectada no par de pregos (B1, C1), que permitirá ligações em série e em paralelo.

Figura 23 – Ilustração esquemática da sugestão para conexão da fonte.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a fonte conectada à plataforma de circuitos elétricos, os estudantes deverão conectar aos outros pregos (a partir da coluna 2), as lâmpadas e LEDs que foram fornecidos. É importante que nesse momento os alunos fiquem atentos ao efeito visual obtido a partir das diversas formas de montagem do circuito, tarefa que nesse momento não deverá ter a interferência do professor, de maneira que os estudantes possam livremente, pelo período de 30 minutos, testar diversas combinações de ligações dos dispositivos.

Ao término do tempo inicial de 30 minutos, os alunos deverão explicitar suas conclusões acerca do que observaram, levantando hipóteses sobre as razões para os efeitos visualizados. O instrumento usado para o registro dessas conclusões será um questionário, onde as indagações são orientadas no sentido de que os estudantes expressem o que se passou quando as diferentes fontes de tensão foram usadas para acionar as lâmpadas, bem como de que modo foram feitas as combinações desses dispositivos. Espera-se que, a partir de suas respostas, os estudantes tenham elementos suficientes para hipotetizar sobre o porquê de, em certa ocasião, uma lâmpada ter acendido e outra não, ou nenhuma ter acendido, ou uma acender mais “forte” que a outra. Vale salientar que, nesse momento, não devemos esperar que os alunos respondam com os termos físicos adequados ou usando linguagem técnica e sofisticadas, mas que ao menos identifiquem as “regras do jogo” e percebam em quais circunstâncias uma lâmpada fica mais ou menos acesa, como é o tipo de ligação mais ou menos eficiente, etc.

1.1 Investigando os Fenômenos

- 1)** Qual das fontes foi mais eficiente? Por quê?
- 2)** Alguma das lâmpadas acendeu com mais intensidade que outras? (se sim, responda à questão 3; se não, avance para a questão 5)
- 3)** Quais foram as lâmpadas com maior intensidade luminosa?
- 4)** Por que você acha que isso ocorreu?
- 5)** Ligando as lâmpadas “em sequência”, que efeito foi percebido na luminosidade?
- 6)** Como você explicaria o efeito das lâmpadas ligadas “em sequência”?
- 7)** Ligando as lâmpadas “lado a lado”, que efeito foi percebido na luminosidade?
- 8)** Como você explicaria o efeito das lâmpadas ligadas “lado a lado”?
- 9)** Esquematize, através de desenho, pelo menos duas diferentes maneiras que você montou o circuito.

3 CONHECENDO O KCC (Kit de Construção de Circuitos)

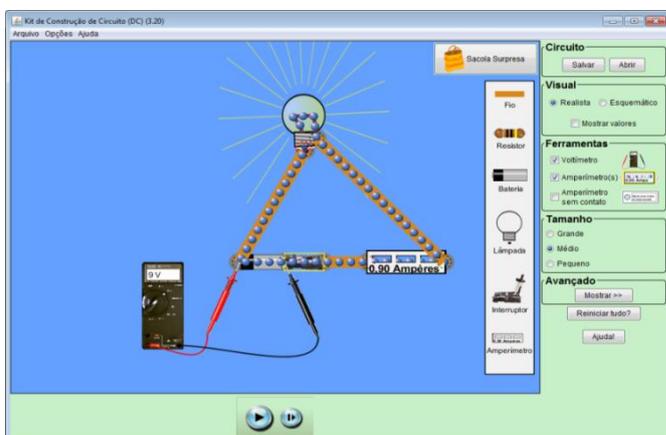
Chegou a hora de os estudantes terem contato com o simulador PhET para construção de circuitos elétricos – KCC. Nesse momento, cada grupo de estudantes estará munido de um notebook com o KCC instalado. Em tela de projeção, o professor apresenta os principais recursos disponíveis no simulador, mostrando como montar simples circuitos contendo uma fonte, uma chave interruptora e lâmpadas (figura 24). Aproveitando a mesma montagem, devem ser inseridos medidores elétricos (amperímetro e voltímetro), conforme a figura 25. Ao passo que essas etapas da montagem vão sendo apresentadas pelo professor com o uso de um projetor multimídia, os estudantes também a realizam simultaneamente, no notebook.

Figura 24 – Circuito com uma lâmpada.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 25 – Circuito com uma lâmpada e medidores elétricos.



Fonte: Arquivo do autor.

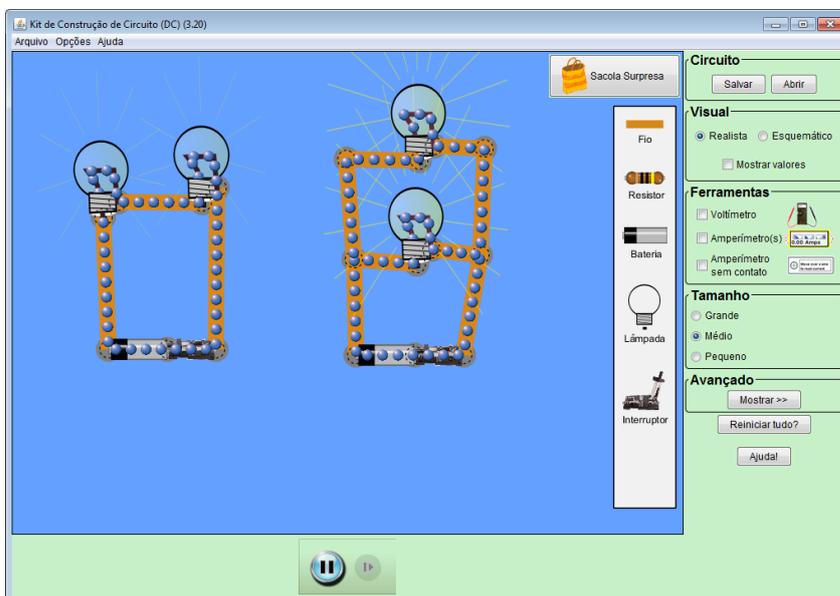
Deve ser explorado durante a apresentação o modo de inserção dos medidores no circuito. Os estudantes devem perceber desde já que, para “ler” a voltagem, o medidor não precisa estar dentro do circuito, enquanto que para medir corrente elétrica, o amperímetro deve ser introduzido no circuito. Essas informações serão úteis quando os estudantes forem manusear os medidores elétricos reais.

Solicite em seguida que os estudantes realizem no *KCC* as seguintes montagens:

- 1) Circuito elétrico com uma lâmpada.
- 2) Circuito elétrico com duas lâmpadas “em sequência”⁷.
- 3) Circuito elétrico com duas lâmpadas “lado a lado”.

Nas montagens solicitadas em 1, 2 e 3, peça que os estudantes usem uma tensão de 6 volts para a pilha e insiram uma chave interruptora. Mostre aos estudantes que as características dos dispositivos do circuito podem ser alteradas, clicando com o botão direito do mouse sobre os dispositivos.

Figura 26 – Duas lâmpadas ligadas “em sequência” e “lado a lado”.



Fonte: Arquivo do autor.

⁷Note que, na descrição dessas primeiras atividades com o *KCC*, não mencionamos os termos “em série” e “paralelo”, uma vez que ainda não foram abordados conceitualmente os tipos de associação de circuitos elétricos.

4 RESISTÊNCIA ELÉTRICA E POTÊNCIA ELÉTRICA

4.1 Resistência Elétrica

Quando um fluxo elétrico se estabelece ao longo de um condutor elétrico, uma grande quantidade de elétrons passa a se deslocar ordenadamente. Durante esse movimento, ocorrerão colisões entre os próprios elétrons e entre os elétrons e os átomos que constituem esse condutor. Tais colisões dificultam o fluxo elétrico, resultando numa grandeza física que denominamos **resistência elétrica**.

4.2 Primeira Lei de Ohm

George Simon Ohm, físico alemão do século XIX, observou experimentalmente que para uma categoria de condutores, a razão entre a tensão elétrica e a corrente elétrica era constante. Essa constante corresponde à resistência elétrica do condutor. Assim, podemos determinar o valor da resistência elétrica de um condutor através da equação:

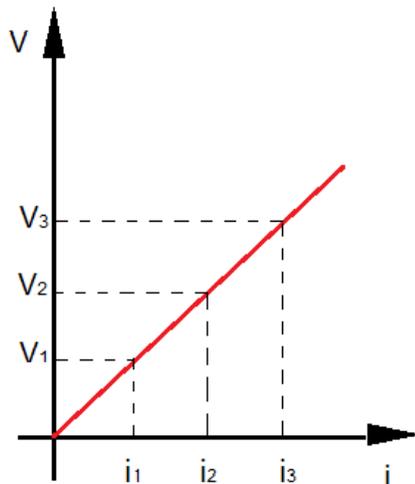
$$R = \frac{V}{i}$$

Vale salientar que a expressão acima é válida tanto para condutores cuja razão entre **V** e **i** é constante como para os que não o são. Esses condutores cujo valor de resistência elétrica é constante são chamados **condutores ôhmicos**, enquanto que os condutores cuja resistência elétrica não é constante são denominados **não-ôhmicos**.

Observa-se experimentalmente que a resistência elétrica de um condutor depende do tipo material que o constitui, de sua temperatura e de suas dimensões (comprimento e espessura), além da tensão e corrente elétrica a que está submetido.

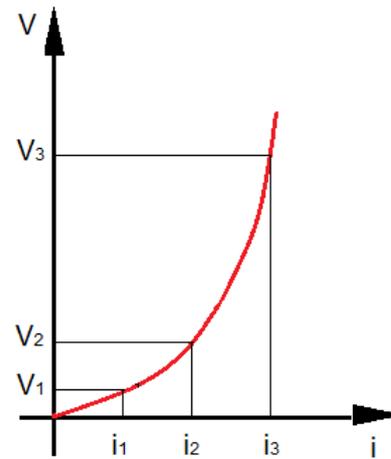
A unidade de medida da resistência elétrica no SI é o ohm (Ω), de modo que 1 Ω corresponde a 1 volt por 1 ampère.

Figura 27 – Condutor ôhmico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28 – Condutor não ôhmico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Potência Elétrica

Todo aparelho elétrico, qualquer que seja sua finalidade, é fabricado dentro de certas especificações. Uma destas especificações é a voltagem, que indicará a tensão adequada de funcionamento desse aparelho. Outra importante característica dos aparelhos elétricos é a sua **potência**, que corresponde à quantidade de energia elétrica que o aparelho transforma em outra modalidade energética por unidade de tempo. No Sistema Internacional, a unidade de medida padrão é o watt (W), que corresponde ao trabalho realizado pela força elétrica em joule (J) por segundo (s). Desse modo, $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$.

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Como o trabalho realizado pela força elétrica é dado por $\tau = V \cdot \Delta Q$ e $\Delta Q = i \cdot \Delta t$, percebemos que a potência elétrica se relaciona com a voltagem V e com a corrente i , na forma:

$$P = V \cdot i$$

A equação anterior é válida para quaisquer aparelhos elétricos. Há, entretanto, aparelhos como o chuveiro elétrico, cujo objetivo é o aquecimento de água. Para que tal objetivo seja alcançado, a corrente elétrica que passa pelo resistor⁸ do chuveiro o aquece, e conseqüentemente, aquece a água que adentra o chuveiro. A transformação de energia elétrica em térmica, como a que ocorre no exemplo acima, é conhecida por **efeito Joule**.

Assim, caso seja conhecida a resistência elétrica de um condutor, e sabendo que $R = V/i$, podemos calcular a potência através das equações:

$$P = R \cdot i^2 \quad \text{ou} \quad P = \frac{V^2}{R}$$

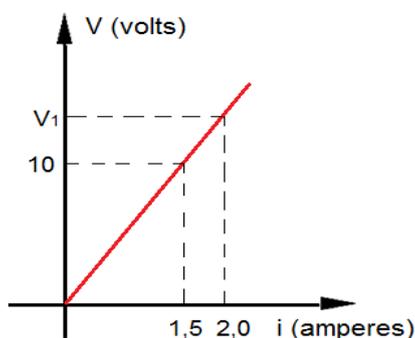
4.4 Aplicando os Conceitos – 2

1) Uma lâmpada incandescente, fabricada para ser alimentada por uma tensão de 24 V, tem resistência elétrica de 60 Ω .

- a) Qual o valor da corrente elétrica que circula através da lâmpada?
- b) Considerando que esta lâmpada é um condutor ôhmico, qual a corrente elétrica que a atravessa, se ela for submetida a uma ddp de 18 volts?

2) Variando a tensão elétrica aplicada a certo condutor elétrico, verifica-se que a corrente elétrica que o percorre se comporta de acordo com o gráfico a seguir.

Figura 29 – Gráfico V x i.



Fonte: Elaborada pelo autor.

- a) Determine o valor da resistência elétrica deste condutor.
- b) Este condutor é ôhmico? Justifique.
- c) Calcule o valor de V_1 .

⁸ Resistor: dispositivo elétrico que, quando atravessado por uma corrente elétrica, transforma energia elétrica em energia térmica.

3) Uma lâmpada comum, do tipo incandescente, possui um fino filamento de tungstênio através do qual flui a corrente elétrica. As especificações indicadas no rótulo desta lâmpada são 60 W – 120 V.

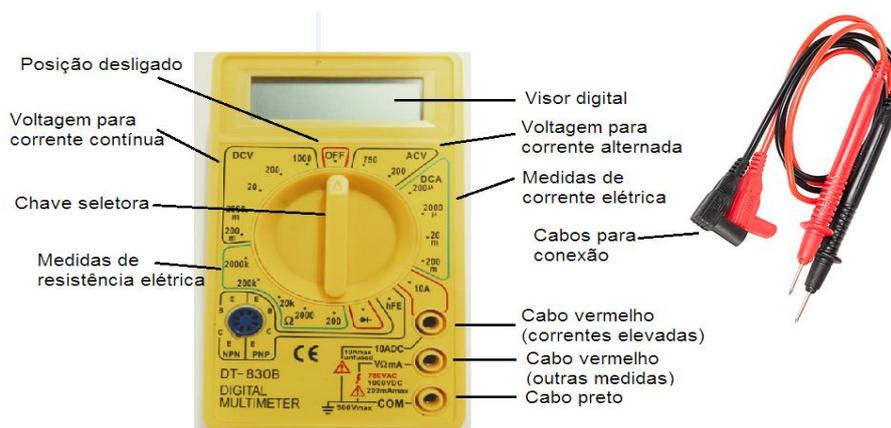
- a)** Qual a intensidade da corrente elétrica que percorre a lâmpada quando ela é alimentada por uma fonte de tensão de 120 volts?
 - b)** Qual o valor da resistência elétrica da lâmpada quando ela opera nas condições especificadas no rótulo?
 - c)** Qual o valor da potência dissipada pelo filamento da lâmpada, caso ela seja ligada a uma fonte de tensão de 220 volts?
- 4)** Um chuveiro elétrico tem as seguintes especificações: 6 500 W – 220 V.
- a)** Qual o valor da resistência elétrica do chuveiro quando ele opera nas condições normais de uso?
 - b)** Caso o mesmo chuveiro seja ligado à tensão de 110 volts, qual deve ser o valor da resistência elétrica do resistor para que ele opere com a mesma potência das condições normais de uso?

5 MEDIDORES ELÉTRICOS

5.1 Conhecendo um Multímetro

Assim como é possível medirmos o comprimento, a massa, a temperatura ou outras grandezas físicas de um corpo ou sistema, podemos mensurar as principais grandezas físicas associadas a circuitos elétricos, ou seja: corrente elétrica, tensão elétrica e resistência elétrica. Para isso, usamos medidores elétricos: **amperímetro** (corrente elétrica), **voltímetro** (tensão elétrica) e **ohmímetro** (resistência elétrica). Há ainda o **multímetro**, capaz efetuar medidas de corrente, tensão e resistência elétrica.

Figura 30 – Multímetro digital.

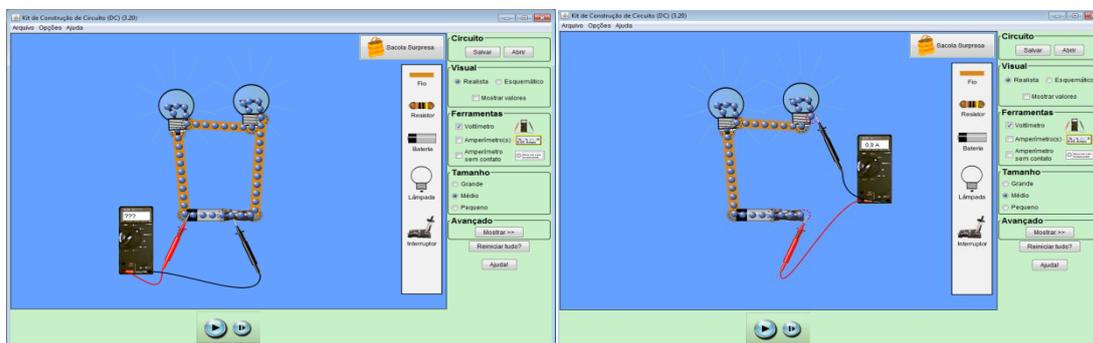


Fonte: Arquivo do autor.

Acima, a figura 30 ilustra um multímetro digital, suas partes e funções. O modelo utilizado (DT830B)⁹ é bastante comum, e atualmente tem preço acessível, sendo fácil de ser encontrado em lojas de materiais elétricos e eletrônicos.

Para efetuar corretamente as medidas, os medidores devem ser adequadamente inseridos no circuito elétrico: o voltímetro deve ser conectado “por fora” aos polos do dispositivo a ter medida sua tensão; o amperímetro deve ser inserido dentro do circuito ou do trecho do circuito, passando a fazer parte do mesmo. A figura 31 ilustra como conectar um multímetro a um circuito elétrico para medir tensão ou corrente elétrica.

Imagem 31 – Medida de tensão e corrente elétrica.

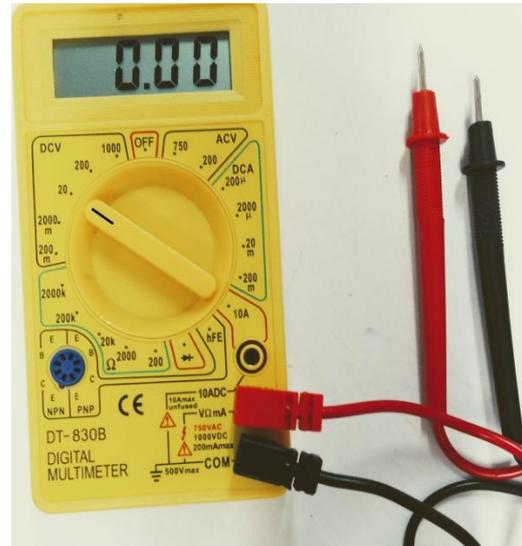


Fonte: Arquivo do autor.

⁹As especificações técnicas e instruções de uso estão disponíveis em www.multitoc.com.br/eng/downloads/manuais/MultimetroDigitalDT830B.pdf. Acesso em 10 de outubro de 2017.

Para evitar que o multímetro ou outro medidor elétrico sejam danificados, a chave que seleciona a função (ddp, corrente ou resistência) deve estar posicionada no maior valor numérico daquela função, quando não se tem ideia do valor a ser medido. A melhor precisão da medida será quando o multímetro não apresentar zeros à esquerda do visor. A posição da chave, na condição de melhor precisão será aquela em que o número para o qual a chave do multímetro está apontando for ligeiramente superior à quantidade que estiver sendo medida. Por exemplo, se for medida a tensão elétrica de uma bateria cuja indicação em seu rótulo seja 9 volts, o multímetro deve estar na posição 20 V, que é o valor ligeiramente maior que 9 V na escala do multímetro.

Figura 32 – Multímetro preparado para medir ddp.



Fonte: Arquivo do autor.

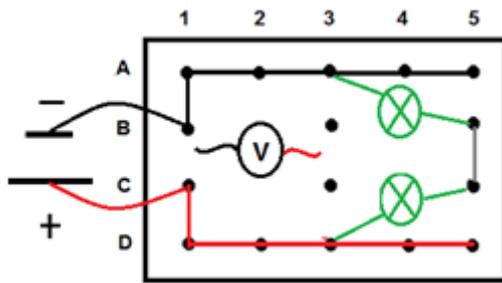
5.2 Medindo DDP

Para medidas de ddp (diferença de potencial elétrico), em corrente contínua, que é caso das atividades com a tábua de montagem de circuitos, basta posicionar a chave do multímetro na posição “20 V” ou inferior, na escala correspondente a voltagem em corrente contínua.

A figura 32 ilustra o posicionamento da chave e dos conectores no multímetro, lembrando que o conector preto deve estar plugado ao borne “COM” e o conector vermelho no borne “VΩmA”.

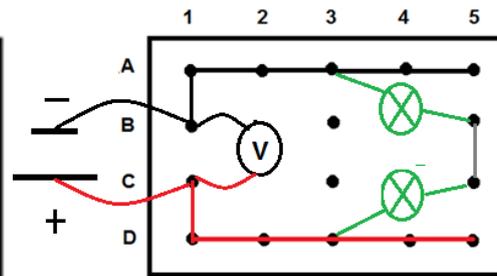
As ilustrações a seguir trazem uma sequência proposta para medidas de voltagem dos elementos do circuito montado na tábua. Vale lembrar que a voltagem deve ser medida posicionando o multímetro em paralelo com o dispositivo que se deseja medir a voltagem.

Figura 33 – Circuito em série.



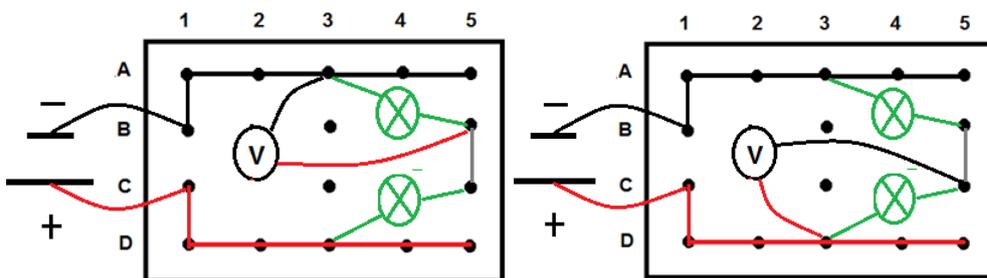
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 34 – Medida de ddp da fonte.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 35 – Medidas de voltagem das lâmpadas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3 Medindo Corrente Elétrica

Inicialmente, o multímetro deve estar preparado para medir corrente elétrica. Assim, como não se conhece ainda a ordem de grandeza da corrente elétrica a ser medida, a chave deve estar apontando para a posição “10 A”, o conector preto deve estar plugado no borne “COM”, enquanto que o conector vermelho deve estar plugado no borne “10 A” (vide figura 36). Caso a leitura no multímetro seja pequena, da ordem de 0,2 A ou menor, retroceda a chave até a posição mais adequada de leitura, conforme dito inicialmente nessa secção, não se esquecendo de alterar o conector vermelho para o borne “VΩmA”.

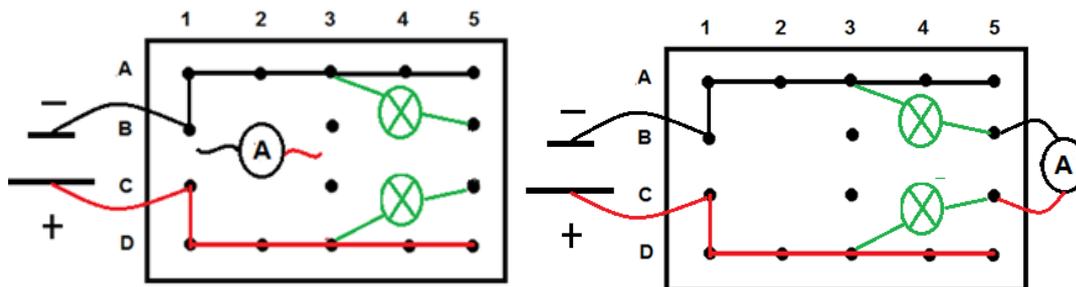
Figura 36– Multímetro preparado para medir corrente elétrica.



Fonte: Arquivo do autor.

Tomando-se os cuidados mencionados acima, o próximo passo é montar um circuito básico na tábua, contendo pelo menos uma lâmpada ou qualquer outro elemento resistivo, conectado à fonte. As imagens a seguir mostram o esquema de uma sequência que pode ser adotada para medir a corrente elétrica em um circuito. Vale salientar que o multímetro deve fazer parte do circuito.

Figura 37 – Circuito em série com duas lâmpadas e medida de corrente.



Fonte: Elaborada pelo autor.

6 RESISTORES ÔHMICOS X NÃO ÔHMICOS

No item 4 desta sequência didática, foram apresentados os conceitos de resistência elétrica, da primeira lei de Ohm e a classificação dos condutores em ôhmicos e não ôhmicos. A presente atividade visa testar a validade da primeira lei de Ohm para alguns tipos de condutores. Essa verificação se dará com o uso da plataforma virtual (*KCC*) e da plataforma física (tábua de montagem de circuitos), que tem por objetivo permitir aos estudantes identificarem os condutores elétricos como ôhmicos e não ôhmicos, a partir das características físicas e através dos resultados obtidos de medidas de grandezas elétricas.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: No simulador, todos os componentes testados serão identificados como ôhmicos, mas nem todos de fato o são. O professor deve alertar os estudantes de que o simulador corresponde a um modelo simplificado da realidade e que, especificamente para os testes de resistência elétrica, o *KCC* acaba por considerar todos dispositivos como ôhmicos, quando na realidade, somente os resistores o são.

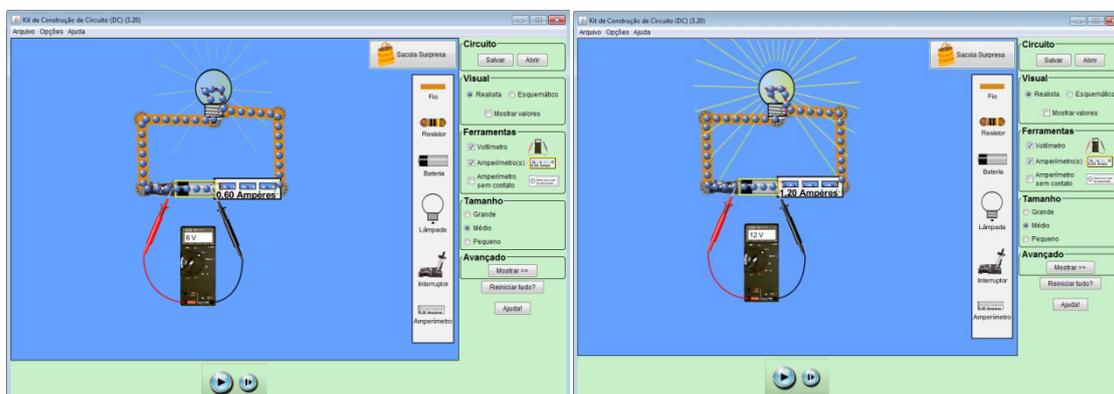
6.1 Testando Condutores no KCC:

Nessa parte da atividade, cada grupo de estudantes deve estar munido de um notebook com o KCC instalado. É solicitada a montagem de um circuito elétrico com uma bateria, fios, um amperímetro, um voltímetro e um elemento resistivo (lâmpada, resistor e lápis). Aos estudantes, é pedido que alterem a tensão disponibilizada pela bateria, e que observem a medida do amperímetro. Essa ação é repetida para cada elemento resistivo.

Numa tabela, como a sugerida logo a seguir, são marcados pelo menos dois pares de tensão e corrente observados no simulador. A coluna da resistência será preenchida utilizando-se a equação $R = V/i$.

A figura 38 ilustra duas diferentes condições a que uma lâmpada incandescente foi submetida no simulador. A imagem da esquerda mostra que, quando submetida à tensão de 6 volts, a lâmpada é atravessada por uma corrente de 0,6 amperes, enquanto que na imagem da direita, a mesma lâmpada, quando submetida a ddp de 12 volts, é percorrida por uma corrente de 1,2 amperes. Para ambos os casos, a resistência elétrica é 10 ohm.

Figura 38 – Determinação da resistência elétrica no KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

As mesmas condições impostas à lâmpada virtual devem ser repetidas para outros dois elementos resistivos: o resistor e um lápis grafite (este último deve ser selecionado na ferramenta “sacola surpresa¹⁰”).

Observa-se na simulação que os três elementos testados se comportam como condutores ôhmicos, uma vez que a resistência elétrica é constante. Tais resultados devem ser inseridos por cada grupo em uma tabela como a

¹⁰ Sacola surpresa: aba do KCC com alguns itens inusitados como dispositivos.

seguinte. Cada dispositivo testado deve ser classificado em ôhmico ou não ôhmico, de acordo com os resultados encontrados.

Tabela 1 – Resistência elétrica e classificação de condutores.

Dispositivo testado	Tensão Elétrica (volt)	Corrente Elétrica (ampère)	Resistência Elétrica ($R = V / i$)
Lâmpada			
Lâmpada			
A lâmpada virtual é condutor ôhmico? () Sim () Não			
Resistor			
Resistor			
O resistor virtual é condutor ôhmico? () Sim () Não			
Lápis			
Lápis			
O lápis virtual é condutor ôhmico? () Sim () Não			

Fonte: Elaborada pelo autor.

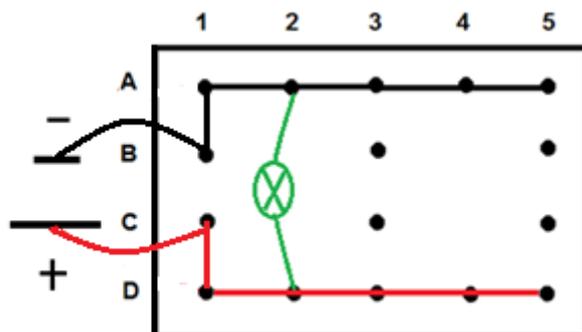
6.2 Testando Condutores na Tábua de Circuitos

Com o uso da tábua para montagem de circuitos, são construídos circuitos análogos àqueles montados com o simulador PhET “Kit de Construção de Circuitos – DC”, na primeira etapa desta atividade. Os dispositivos reais a serem testados são: uma lâmpada, um LED e um resistor. São feitas observações, com um multímetro, das medidas de tensão e corrente elétrica para os dispositivos acima citados, usando como fonte de tensão dois conjuntos de pilhas AA (conjuntos de duas e quatro pilhas).

Para cada dispositivo, são encontrados dois pares de valores de tensão e corrente elétrica, a fim de se construir uma tabela semelhante àquela proposta na primeira parte desta atividade, e usando a equação $R = V/i$, são determinados os valores de resistência elétrica de cada dispositivo testado, em cada uma das condições de tensão elétrica impostas, para assim, classificar como ôhmicos e não ôhmicos os condutores testados.

6.2.1 Medidas de DDP: Inicialmente, serão medidas apenas as tensões elétricas dos dispositivos. Para isso, a conexão das pilhas na tábua será feita nos pregos (B1, C1), enquanto que os elementos testados (lâmpada, LED e resistor), serão, cada um em seu tempo, conectados em (A2, D2).

Figura 39 – Esquema do circuito para medida de tensão na lâmpada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Testando a lâmpada:

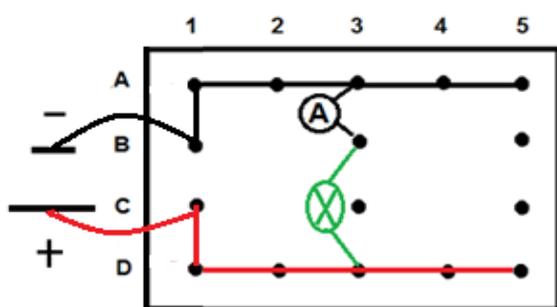
- A) Conecte a lâmpada na tábua;
- B) Conecte o conjunto de duas pilhas AA;
- C) Meça a tensão entre os polos da lâmpada;
- D) Marque na tabela;
- E) Desconecte o conjunto de duas pilhas AA;
- F) Conecte o conjunto de quatro pilhas AA;
- G) Meça a tensão entre os polos da lâmpada;
- H) Marque na tabela;
- I) Desconecte a lâmpada e o conjunto de quatro pilhas.

Repita com o LED, e depois com o resistor, o mesmo procedimento realizado com a lâmpada. Não se esqueça de marcar os valores de tensão medidos pelo multímetro.

OBS: Há possibilidade de que o LED não suporte a tensão de 6 volts proposta na etapa F. Alternativamente, o professor poderá realizar esta ação com o uso da fonte de mesa, que possui um leque maior de tensões, escolhendo entre duas tensões que o LED suporte, como por exemplo 1,7 V e 3,3 V (ver tutorial sugerido na nota de rodapé 3, na página 93).

6.2.2 Medidas de Corrente Elétrica: Agora, serão medidas apenas os valores de corrente elétrica que atravessam os dispositivos. Para isso, será realizada uma sequência semelhante a que foi feita para as tensões, diferindo apenas nas posições em que os dispositivos a serem testados (lâmpada, LED e resistor) devem ser conectados à tábua de montagem de circuitos. A fonte continua a ser conectada em (B1, C1), enquanto que a lâmpada, o LED e o resistor, cada um no seu momento, são conectados em (B3, D3), a fim de que o multímetro seja conectado em (A3, B3).

Figura 40 – Esquema do circuito para medida de corrente elétrica no circuito.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Testando a lâmpada:

- A) Conecte a lâmpada na tábua;
- B) Conecte o conjunto de duas pilhas AA;
- C) Meça a corrente, inserindo o multímetro em (A3, B3);
- D) Marque na tabela;
- E) Desconecte o conjunto de duas pilhas AA;
- F) Conecte o conjunto de quatro pilhas AA;
- G) Meça a corrente, inserindo o multímetro em (A3, B3);
- H) Marque na tabela;
- I) Desconecte a lâmpada e o conjunto de quatro pilhas.

Repita com o LED, e depois com o resistor, o mesmo procedimento realizado com a lâmpada. Não se esqueça de marcar os valores de corrente medidos pelo multímetro.

OBS: Mais uma vez, assim como ocorreu nas medidas de tensão elétrica, sugerimos que para a etapa em que o LED é utilizado, o professor use a fonte

de bancada ou de mesa, que pode disponibilizar tensões elétricas suportadas pelo LED.

Tabela 2 – Resistência elétrica e classificação de condutores.

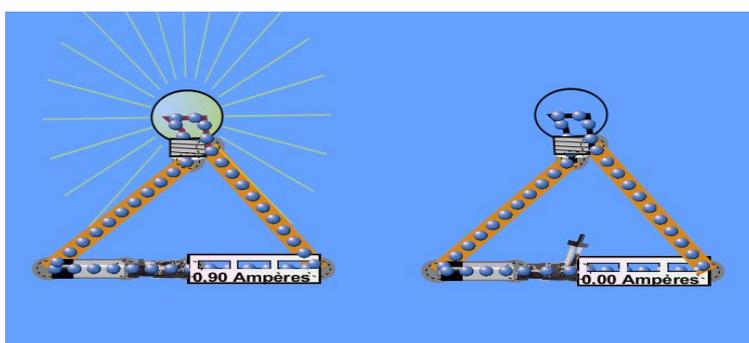
Dispositivo testado	Tensão Elétrica (volt)	Corrente Elétrica (ampère)	Resistência Elétrica ($R = V / i$)
Lâmpada			
Lâmpada			
A lâmpada é condutor ôhmico? () Sim () Não			
LED			
LED			
O LED é condutor ôhmico? () Sim () Não			
Resistor			
Resistor			
O resistor é condutor ôhmico? () Sim () Não			

Fonte: Elaborada pelo autor.

7 CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para que os aparelhos elétricos funcionem, é necessário que uma corrente elétrica os atravesse. Isso ocorre quando conectamos o aparelho ou dispositivo a um circuito, que é alimentado por uma fonte de tensão adequada. Assim, quando o circuito elétrico é acionado, o aparelho entra em funcionamento. Dizemos que o circuito elétrico está “fechado”. Se o circuito elétrico está desligado, ou seja, não há corrente elétrica através dele, dizemos que o circuito está aberto.

Figura 41 – Circuito fechado e circuito aberto.



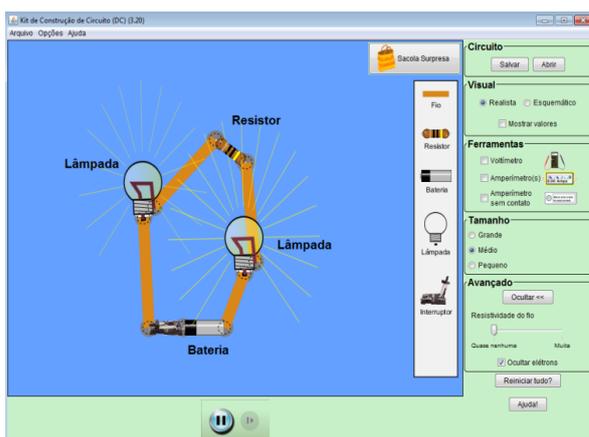
Fonte: Arquivo do autor.

Para circuitos elétricos com dois ou mais elementos ligados (além da fonte e dos fios), temos diferentes formas de associar ou combiná-los. Na atividade desenvolvida no item 2 desta sequência didática, quando houve o primeiro contato com a tábua de montagem de circuitos, foi estimulado de forma consciente que os estudantes ligassem as lâmpadas na mesma “sequência” ou “lado a lado”. Essas formas de associar os elementos do circuito serão agora sistematizadas.

7.1 Associações em Série

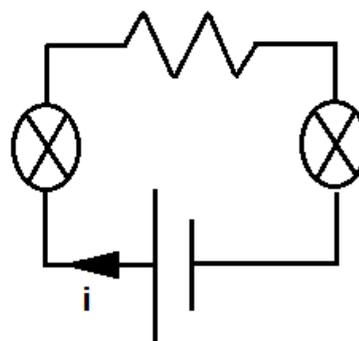
Os elementos do circuito (lâmpadas, resistores, LEDs, etc.), são ligados em sequência, sendo assim percorridos pela mesma corrente elétrica.

Figura 42 – Circuito em série no KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

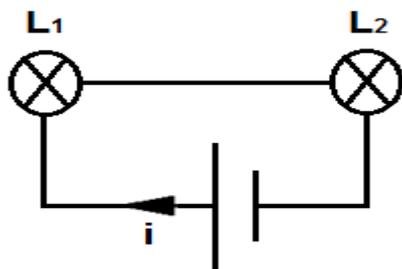
Figura 43 – Esquema.



Fonte: Elaborada pelo autor.

7.1.1. Atividade com o KCC: Monte o circuito elétrico em série esquematizado na figura 44, e realize as tarefas pedidas na sequência. OBS: Em todas as tarefas, mantenha a tensão fixa.

Figura 44 – Circuito em série com duas lâmpadas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

- 1) Com o voltímetro virtual, meça a voltagem entre os polos da bateria. Faça o mesmo entre os polos das lâmpadas L_1 e depois L_2 . Anote os valores encontrados.

2) Insira no circuito, entre L_1 e L_2 , um resistor, e com o voltímetro, meça novamente as tensões entre os polos da bateria, das lâmpadas e dos resistores. Anote os valores encontrados.

3) Chamando de V a ddp da bateria, e de V_1 , V_2 e V_3 a ddp dos outros elementos do circuito, encontre uma equação que satisfaça os resultados obtidos nas questões 1 e 2. Descreva por extenso o significado da equação.

4) Retorne à montagem inicial com duas lâmpadas, insira no circuito três amperímetros, um deles entre as lâmpadas L_1 e L_2 , outro entre a lâmpada L_1 e a bateria, e por último, um amperímetro entre a lâmpada L_2 e a bateria. Anote as medidas dos amperímetros. Qual é sua conclusão, em virtude desses resultados?

5) Agora, mantendo apenas a lâmpada L_1 e um amperímetro no circuito, meça a voltagem da bateria com o voltímetro e anote esse valor, bem como a corrente elétrica lida pelo amperímetro. Refaça essas medidas, após acrescentar a lâmpada L_2 em série.

6) A corrente elétrica fornecida pela bateria é maior com uma lâmpada ou com duas lâmpadas em série? Por quê?

7) Usando os resultados obtidos na questão 5 e sabendo que no simulador as lâmpadas se comportam como condutores ôhmicos, calcule, usando $R = V/i$, a resistência elétrica do circuito quando só estava L_1 . Depois, calcule a resistência elétrica no circuito quando estavam ligadas L_1 e L_2 .

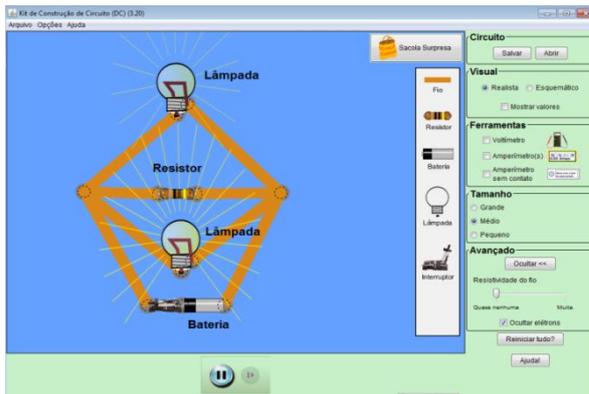
8) Sem usar o simulador, determine qual a resistência elétrica do circuito caso seja associada em série uma terceira lâmpada L_3 .

9) Chamando a resistência do circuito de R_T , e as resistências das três lâmpadas de R_1 , R_2 , e R_3 , encontre uma equação que satisfaça os resultados obtidos nas questões 7 e 8. Descreva por extenso o significado da equação.

7.2 Associações em Paralelo

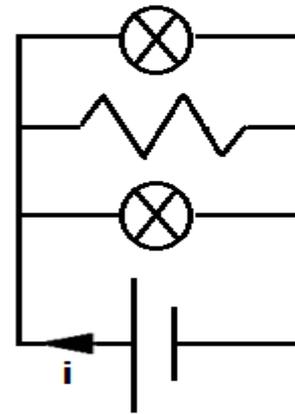
Os elementos do circuito (lâmpadas, resistores, LEDs, etc.), estão conectados diretamente à fonte de tensão, sendo assim independentes uns dos outros.

Figura 45 – Circuito em paralelo no KCC.



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 46 – Esquema.



Fonte: Elaborada pelo autor.

7.2.1. Atividade com o KCC: Monte o circuito elétrico em paralelo esquematizado na figura 46 e realize as tarefas pedidas na sequência. OBS: Em todas as tarefas, mantenha fixa a tensão da fonte (bateria).

1) Com o voltímetro virtual, meça a voltagem entre os polos da bateria. Faça o mesmo entre os polos das lâmpadas L_1 , L_2 e depois L_3 . Anote os valores encontrados. O que se conclui com esses resultados, com relação à voltagem de cada elemento e da fonte?

2) Insira no circuito, próximo à saída da bateria, um amperímetro, e mantenha ligada apenas a lâmpadas L_1 . Anote o valor encontrado. Ligue também L_2 e anote o valor encontrado. Ligue também L_3 , anotando o valor encontrado.

3) Deixe ligadas as três lâmpadas no circuito, mantenha o amperímetro medindo a corrente elétrica geral e adicione mais três amperímetros, cada um próximo a uma das lâmpadas. Anote os valores encontrados nos três amperímetros adicionados, e chamando de i a corrente elétrica que sai da bateria, de i_1 , i_2 e i_3 as correntes que atravessam L_1 , L_2 e L_3 , respectivamente, encontre uma equação para as correntes que satisfaça os resultados obtidos nesta questão. Descreva por extenso o significado da equação.

4) Usando a equação $R = V/i$, calcule a resistência do circuito quando:

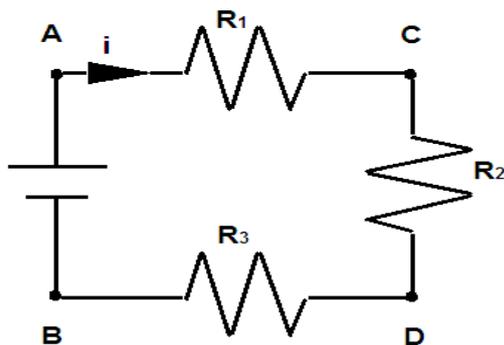
- a)** apenas L_1 estiver acesa.
- b)** apenas L_1 e L_2 estiverem acesas.
- c)** estiverem acesas L_1 , L_2 e L_3 .

5) Analisando os resultados encontrados na questão 4, diga o que acontece com a resistência elétrica do circuito em paralelo quando aumentamos o número de elementos ligados? E com a corrente elétrica?

7.3 Consolidando os Resultados

7.3.1 Associações em Série

Figura 47 – Resistores em série.



Fonte: Elaborada pelo autor.

- A corrente elétrica é a mesma para todos os elementos do circuito;
- A tensão elétrica (voltagem) disponibilizada pela fonte de tensão repartida de maneira proporcional à resistência dos elementos do circuito:

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CD} + V_{DB}$$

onde:

$$V_{AC} = R_1 \cdot i$$

$$V_{CD} = R_2 \cdot i$$

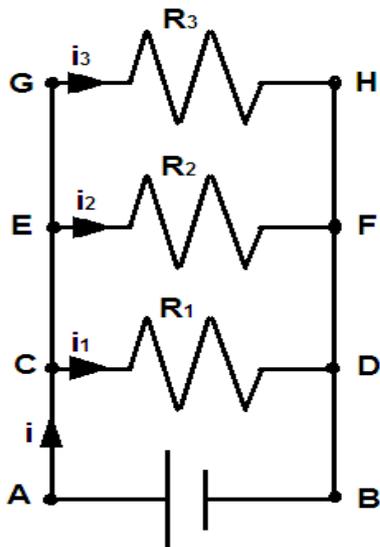
$$V_{DB} = R_3 \cdot i$$

- A resistência elétrica total é dada pela soma das resistências de cada dispositivo presente no circuito.

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

7.3.2 Associações em Paralelo

Figura 48 – Resistores em paralelo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

- A tensão elétrica (voltagem) é a mesma para todos os elementos do circuito;
- A corrente elétrica em cada elemento do circuito é independente dos demais dispositivos e é inversamente proporcional à resistência desse elemento, tal que:

$$i_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{V}{R_3}$$

onde:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

- A resistência elétrica equivalente ao conjunto de resistores é dada por:

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

8 ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES NA TÁBUA

8.1 Associações em Série

Agora, é a vez de usar a tábua de montagem de circuitos elétricos para testar as características das associações em série. Siga as instruções a seguir:

1) Conecte a fonte na tábua (use a fonte de carregador de celular) e uma das lâmpadas. Depois, associe em série uma segunda lâmpada. Agora responda:

a) A luminosidade aumentou ou diminuiu?

b) Por que ocorreu esse efeito na luminosidade?

2) Ainda com as duas lâmpadas ligadas em série na tábua, meça com o multímetro a corrente elétrica em dois pontos diferentes do circuito. Os valores medidos são diferentes?

3) Com as duas lâmpadas conectadas em série à fonte, meça com o multímetro a tensão entre os polos da fonte, e entre os polos de cada uma das lâmpadas. A soma das tensões de cada lâmpada corresponde à tensão da fonte?

4) Ligue agora uma lâmpada de cada vez à fonte e meça a corrente elétrica e a voltagem. Calcule a resistência de cada lâmpada.

5) Usando o valor de corrente elétrica no circuito, medido na etapa 2 dessa atividade, e com as tensões elétricas já medidas em cada lâmpada e na fonte, na etapa 3, responda:

a) Qual a resistência de cada lâmpada?

b) Qual a resistência total do circuito? (use $R = V / i$)

c) A soma das resistências das lâmpadas (a) corresponde à resistência total do circuito (b)?

8.2 Associações em Paralelo

Assim como foram realizados testes com a tábua de montagem de circuitos para testar características das associações em série, a tarefa a seguir constitui em uma sequência de atividades para testar as características das associações em paralelo.

1) Conecte a fonte na tábua (use a fonte de carregador de celular) e uma das lâmpadas. Depois, associe em paralelo uma segunda lâmpada. Agora responda:

- a)** A luminosidade aumentou ou diminuiu?
- b)** Por que ocorreu esse efeito na luminosidade?

2) Com as duas lâmpadas ligadas em paralelo na tábua, meça com o multímetro a tensão (voltagem) entre os polos de cada uma das lâmpadas, bem como entre os polos da fonte. Os valores medidos são diferentes?

3) Ainda com as duas lâmpadas conectadas em paralelo, meça com o multímetro a corrente elétrica na saída da fonte, e a corrente elétrica que atravessa cada uma das lâmpadas. A soma das correntes em cada lâmpada corresponde à corrente disponibilizada pela fonte?

4) Calcule a resistência de cada uma das lâmpadas, usando os valores de tensão elétrica observada em cada uma delas (etapa 2 desta atividade) e a corrente elétrica que as atravessa nessas condições (etapa 3 desta atividade).

5) Usando o valor de corrente elétrica de saída da fonte (etapa 3) em conjunto com o valor da tensão entre os polos da fonte (etapa 2), calcule a resistência total do circuito.

6) Somando-se as resistências de cada uma das lâmpadas (etapa 4), o valor obtido corresponde à resistência total do circuito (etapa 5)?

7) O que é possível concluir, a respeito da resistência equivalente (ou total) de um circuito em paralelo, na medida em que aumentamos o número de dispositivos associados (todos em paralelo)?

8.3 Aplicando os Conceitos – 3

1) Uma lâmpada cujas especificações são 12 V – 24 W funciona normalmente quando alimentada por uma fonte que fornece uma tensão V.

- a)** Qual o valor da diferença de potencial V?
- b)** Qual a intensidade da corrente elétrica?
- c)** Qual a resistência elétrica da lâmpada?
- d)** Colocando nesse circuito outra lâmpada, igual à primeira, em série, qual será a resistência equivalente no circuito?

e) Qual é a corrente elétrica no circuito, quando as duas lâmpadas estão em série?

2) Dois resistores, R_1 e R_2 , cujas resistências elétricas são respectivamente $20\ \Omega$ e $60\ \Omega$, são os únicos elementos de um circuito elétrico, alimentados por uma fonte cuja ddp é 120 volts. Considerando que esses resistores estão ligados em série, calcule:

a) A intensidade da corrente elétrica que percorre cada resistor.

b) A ddp entre os terminais de cada resistor.

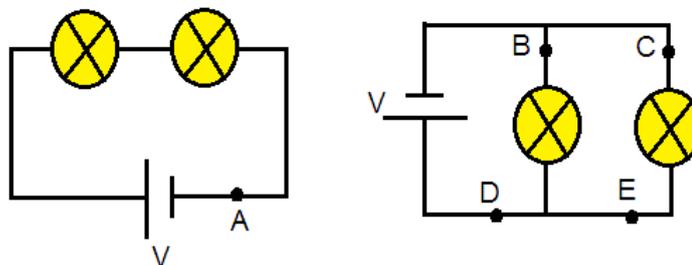
3) Considere agora que os resistores da questão anterior estão associados em paralelo, e são alimentados pela mesma fonte de 120 volts.

a) Qual a corrente elétrica que atravessa cada resistor?

b) Qual a resistência equivalente do circuito?

4) A seguir, estão representados dois circuitos, onde em ambos, temos uma tensão $V = 40$ volts e as duas lâmpadas com mesma especificação (30 W – 40 V).

Figura 49 – Lâmpadas em série e em paralelo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

a) Calcule o valor da resistência elétrica de cada lâmpada.

b) Qual dos pontos (A, B, C, D ou E) assinalados na figura é atravessado por uma corrente elétrica de maior intensidade? E o de menor?

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.S.R. e ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- CROCODILE CLIPS LTD. (2012). **Crocodile simple simulation software: versão demo – 2012**. Disponível em: <http://www.crocodile-clips.com/en/Downloads/> . Acesso em: 12/04/2012.
- GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2005.
- GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, J. R., CARRON, W. **Física**. 1. ed. – São Paulo: Ática, 2013.
- HALLIDAY, RESNICK, WALTER; **Fundamentos da Física**, vol. 3, 8ª Edição, LTC, 2009.
- HERCH, Moysés Nussenzveig, **Curso de Física Básica**, vol. 3, Editora Edgard Blücher, LTDA (1999).
- MÁXIMO, A., ALVARENGA, B. **Curso de Física**, vol. 3. São Paulo: Scipione, 2010.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. da UnB, 1998.
- REGO, R. A. **Eletromagnetismo Básico**, LTC, 2010.
- TIPLER P.A, MOSCA. G. **Physics for scientists and Engineers**, sixth edition, Freeman, New York, 2008.
- SANT'ANNA, B. et al. **Conexões com a física**, vol. 3. São Paulo: Moderna, 2013.

PIRES, M. A. e VEIT, E. A. Tecnologias de informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de física no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 28, no. 2, Junho, 2006.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. PhET **Interactive Simulations**. Disponível em: <http://phet.colorado.edu>. Acesso em 12/10/2016.